



ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Verifica misuratori di portata installati nel Simulatore Termoidraulico INRiM per Dispositivi di Misurazione dell'Energia Termica

Original

Verifica misuratori di portata installati nel Simulatore Termoidraulico INRiM per Dispositivi di Misurazione dell'Energia Termica / Orio, M., Santiano, M., Saba, F.. - (2026).

Availability:

This version is available at: 11696/90279 since: 2026-09-24T12:17:26Z

Publisher:

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

M. Orio, M. Santiano, F. Saba

**Verifica misuratori di portata installati nel Simulatore Termoidraulico INRiM
per Dispositivi di Misurazione dell'Energia Termica**

R.T. 13/2026

Maggio 2026

Abstract in Italiano

Il presente rapporto descrive l'attività di verifica dei misuratori di portata ISOIL MS 501 tarati installati nel Simulatore Termoidraulico INRiM per Dispositivi di Misurazione dell'Energia Termica (Mockup) presente nell'edificio 4, con l'obiettivo di valutarne la funzionalità e l'accuratezza mediante confronto con un misuratore di portata verificato.

Abstract in Inglese

This report describes the verification of the calibrated flow meters ISOIL MS 501 installed on INRiM Thermohydraulic Simulator for Thermal Energy Measurement Devices (Mockup) present in Building 4, with the aim of assessing their functionality and accuracy by comparing them with a verified flow meter.

Sommario

1	Introduzione	4
2	Funzionamento dei misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501.....	5
3	Metodologia	6
3.1	<i>Definizione dei radiatori in verifica</i>	6
3.2	<i>Definizione delle portate testate e del tempo</i>	7
4	Risultati delle misure	8
5	Grafici risultati delle misure per ogni colonna	9
6	Analisi degli errori.....	13
6.1	<i>Errori assoluti</i>	13
6.2	<i>Errori percentuali</i>	15
7	Conclusioni	17
	Allegato A – File “Taratura.txt” per l’inserimento radiatori in taratura.....	18
	Allegato B – Descrizione del file di registrazione delle misure.....	19
	Allegato C – Grafici risultati delle misure per ogni radiatore	20

1 Introduzione

Il Simulatore Termoidraulico INRiM per Dispositivi di Misurazione dell'Energia Termica, Mockup, è collocato all'interno dell'edificio 4 dell'INRIM. Questo impianto è progettato per simulare le condizioni operative di un sistema di riscaldamento in ambito civile, riproducendo le dinamiche termiche che si riscontrano negli edifici residenziali e commerciali.

L'impianto Mockup è costituito da 40 termosifoni di differenti dimensioni e materiali distribuiti su due pareti distinte (Nord e Sud). Sono stati scelti per rappresentare la maggior parte dei materiali di fabbricazione e delle tipologie comunemente in commercio, offrendo così un ambiente di test estremamente versatile e realistico.

Sull'impianto, in corrispondenza di dei termosifoni, sono installati 112 sensori di temperatura PT100, 40 misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501 e 40 sensori di pressione.

L'obiettivo primario dei Mockup è la verifica dei contabilizzatori di calore (HCA) e questo set up sperimentale permette di valutare il loro comportamento in presenza di diverse inerzie termiche e caratteristiche di scambio di calore.

I misuratori di portata sono fondamentali per questo obiettivo poiché sono utilizzati per misurare le che attraversano i termosifoni e quindi l'energia termica con la quale si può verificare l'affidabilità della valutazione effettuata dai contabilizzatori.

L'attività descritta in questo rapporto si concentra sulla verifica della funzionalità dei misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501 tarati installati su questa infrastruttura dopo un periodo di inutilizzo e stabilire se necessitano di sostituzione o di una nuova taratura.

2 Funzionamento dei misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501

Il misuratore ISOIL ISOMAG MS501 è un sensore di portata elettromagnetico (flussometro) progettato per misurare portate volumetriche di liquidi conduttivi in tubazioni

E' dotato di bobine che creano un campo magnetico, quando il fluido è conduttivo (conduttività di almeno 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la corrente attraversa questo campo e si crea una tensione tra due elettrodi. Il valore della tensione indotta è proporzionale all'intensità del campo magnetico, alla velocità del fluido e al diametro del tubo.

La formula di base che descrive il fenomeno è:

$$e=k \cdot B \cdot D \cdot v$$

dove:

- e è la tensione indotta,
- B è l'intensità del campo magnetico,
- D è il diametro interno del tubo,
- v è la velocità del fluido,
- k è una costante del sistema

Il dispositivo converte questa tensione in un segnale di output, che può essere configurato come corrente (4-20 mA) oppure impulsi (1ml/impulso).



Figura 1 Flussimetro ISOIL ISOMAG MS 501

Il misuratore ISOIL ISOMAG MS501 è realizzato con i seguenti materiali:

Corpo sensore:	acciaio inox AISI 304 o 316
Rivestimento interno:	PTFE
Elettrodi:	AISI 316

Nell'impianto sono installati 40 misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS501 di diametro DN 8 che garantiscono una velocità dell'acqua di 1-3 m/s in modo da avere massima precisione e stabilità della misura.

E' garantita un'accuratezza fino a $\pm 0,2\%$ del valore letto.

3 Metodologia

Per effettuare la verifica dei misuratori di portata si usa l'impianto Mockup avviando un programma Movicon specifico e separato da quello utilizzato nel normale esercizio.

I misuratori di portata sono stati verificati mediante confronto con il misuratore "main" di riferimento (Fe7) montato in ingresso all'impianto.

3.1 Definizione dei radiatori in verifica

Si inseriscono i misuratori di portata interessati alla verifica tramite un file ".txt" (Allegato A) utilizzando il codice univoco associato a ciascun radiatore e definito da una lettera, N per i radiatori sulla parte Nord ed S per quelli sulla parte Sud, e da un numero che indica la posizione sulla relativa parete.

Si è scelto di testare i radiatori utilizzando la distribuzione verticale (a colonne) partendo dalla parete Nord con il radiatore N20 al primo piano, proseguendo sulla colonna con N15, N10 ed N5, per poi passare alla colonna successiva (N19, N14, N9 ed N4), fino a terminare con l'ultima colonna della parete Sud (S20, S15, S10 ed S5).

PARETE NORD					
	colonna 1	colonna 2	colonna 3	colonna 4	colonna 5
Piano 1	N5	N4	N3	N2	N1
Piano 2	N10	N9	N8	N7	N6
Piano 3	N15	N14	N13	N12	N11
Piano 4	N20	N19	N18	N17	N16

Tabella 1: Codici radiatori parte Nord

PARETE SUD					
	colonna 6	colonna 7	colonna 8	colonna 9	colonna 10
Piano 1	S5	S4	S3	S2	S1
Piano 2	S10	S9	S8	S7	S6
Piano 3	S15	S14	S13	S12	S11
Piano 4	S20	S19	S18	S17	S16

Tabella 2: Codici radiatori parte Sud

3.2 Definizione delle portate testate e del tempo

Il programma Movicon specifico per questo tipo di verifica ha già inseriti al suo interno degli script in cui sono definite le portate scelte per le prove.

In Tabella 1 sono indicate cinque portate a cui sono stati verificati i misuratori di portata.

Portata volumetrica	Giri pompa	Frequenza
Q	RPM	f
[L/h]	[%]	[Hz]
40	31	55
60	50	88
80	65	114
100	80	140
130	100	175

Tabella 3: Corrispondenza portata - % giri della pompa

In cui:

$$f = 55 + \frac{120}{69} * (n - 31)$$

Essendo la portata legata alla percentuale di potenza a cui viene impostata la pompa e alle cadute di pressione lungo i condotti, non è possibile realizzare esattamente la stessa portata di test per ogni misuratore in verifica. In Tabella 2 sono riportati i range di valori di portata testati.

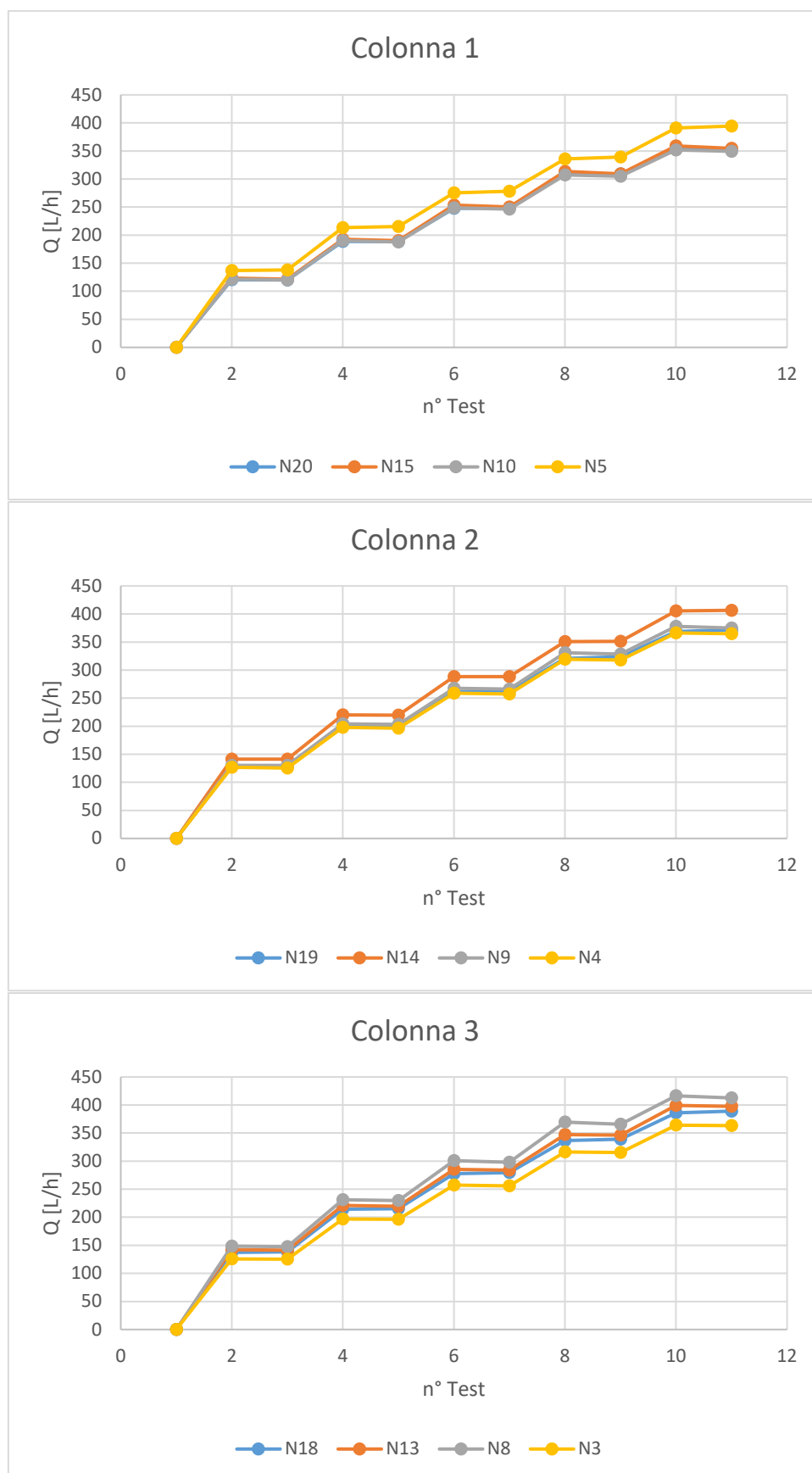
	Q main 1	Q main 2	Q main 3	Q main 4	Q main 5	Q main 6
	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h
Minima	0	109	172	226	280	321
Massima	0	148	231	301	369	416
Media	0	126	197	257	317	364

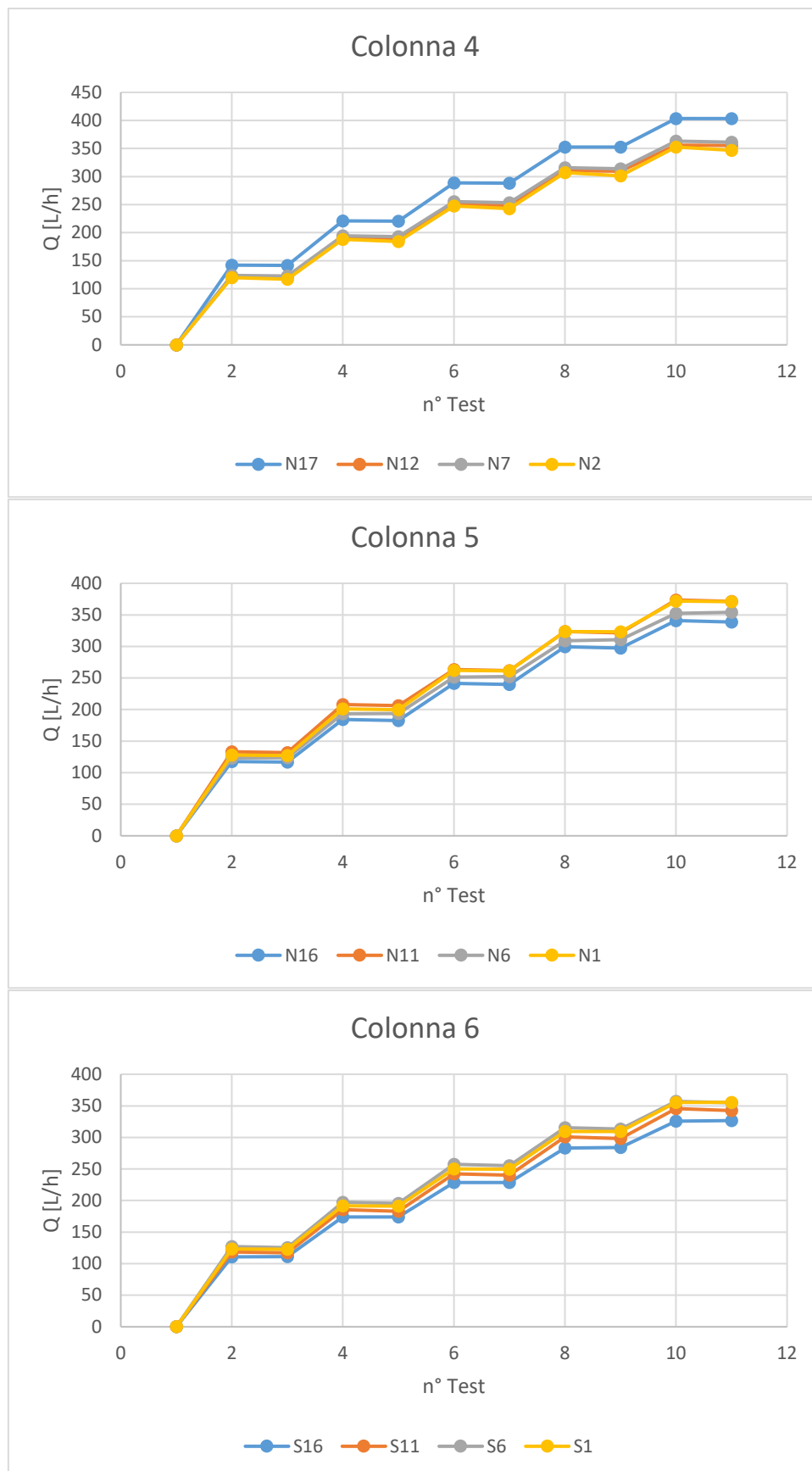
Tabella 4: Range di portata testati

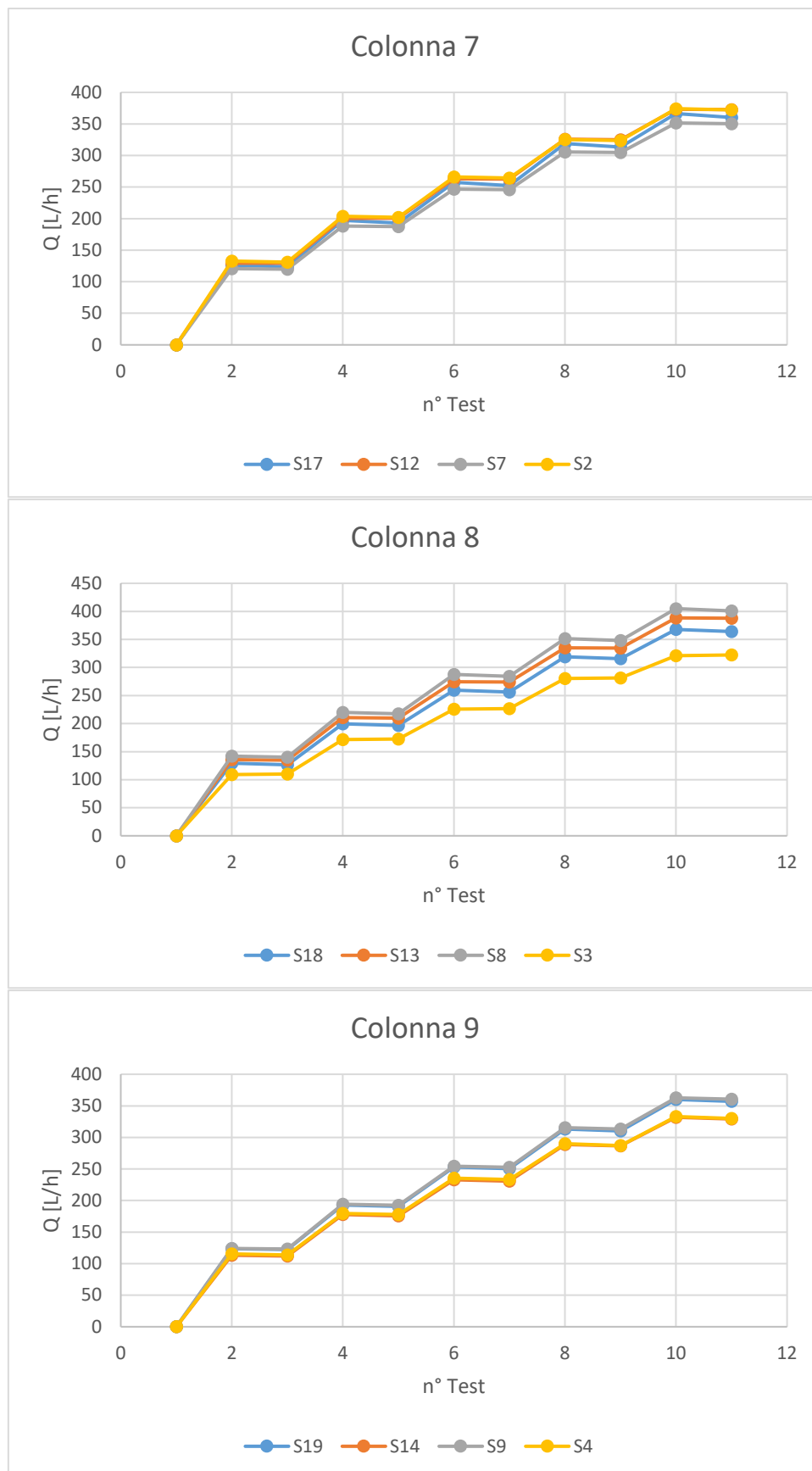
4 Risultati delle misure

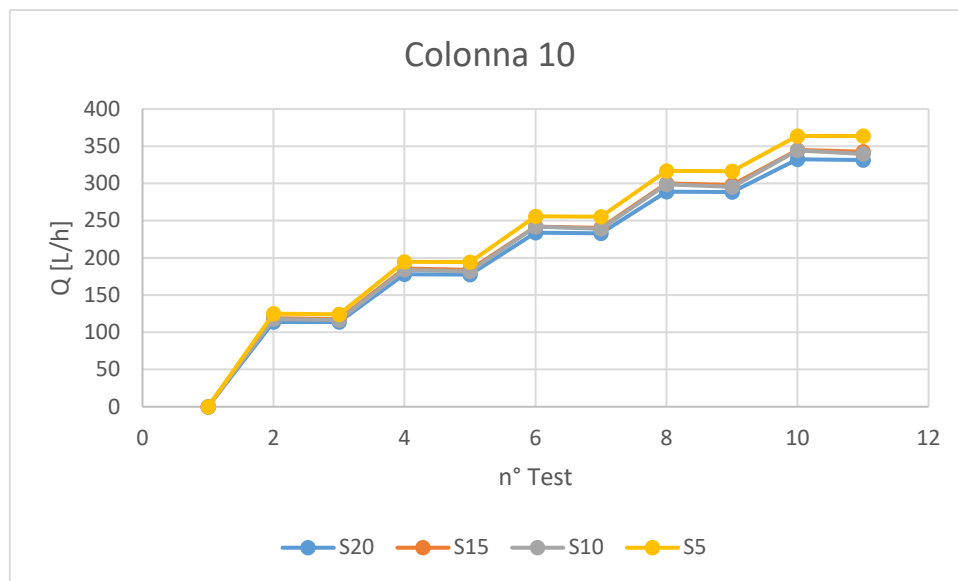
piano	Radiatore	Misuratore Portata Main						Misuratore Portata Radiatore					
		Qm1	Qm2	Qm3	Qm4	Qm5	Qm6	Qr1	Qr2	Qr3	Qr4	Qr5	Qr6
n°	n°	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h	L/h
1	N20	0	120,52	188,80	247,99	308,26	352,66	0	120,19	188,95	248,41	309,11	353,92
2	N15	0	123,63	192,76	253,51	313,65	358,98	0	121,29	190,16	250,05	309,41	354,56
3	N10	0	121,39	190,13	248,65	307,33	351,90	0	120,20	188,01	246,35	304,99	349,16
4	N5	0	136,98	213,49	275,45	335,98	390,89	0	138,00	215,43	278,14	339,44	394,35
1	N19	0	128,08	199,76	260,78	320,82	368,46	0	129,14	201,36	263,02	323,67	371,76
2	N14	0	141,46	220,14	288,11	350,72	405,40	0	141,10	219,71	288,30	351,36	406,49
3	N9	0	130,27	204,12	267,69	330,77	377,91	0	130,38	203,41	266,04	328,45	375,03
4	N4	0	126,63	197,75	259,06	319,25	366,17	0	125,54	196,32	257,38	317,64	364,59
1	N18	0	137,52	214,14	277,64	336,48	385,86	0	138,44	215,44	279,78	339,05	389,08
2	N13	0	142,12	220,90	285,17	347,36	399,26	0	141,11	219,42	284,04	346,21	397,75
3	N8	0	148,50	231,24	300,75	369,37	416,36	0	147,48	229,61	297,78	365,84	412,65
4	N3	0	125,75	196,83	257,13	316,24	364,06	0	125,26	196,18	256,02	315,42	363,14
1	N17	0	141,89	220,89	288,83	352,77	403,39	0	141,45	220,27	288,39	352,35	403,29
2	N12	0	120,97	190,27	249,73	310,35	355,92	0	120,58	189,78	248,91	309,64	355,50
3	N7	0	123,93	194,44	255,27	315,58	363,11	0	122,72	192,99	253,26	313,73	361,44
4	N2	0	119,61	188,14	247,33	306,91	352,62	0	117,06	184,22	242,62	301,36	346,63
1	N16	0	117,85	184,19	241,48	299,61	341,01	0	116,74	182,66	239,64	297,44	338,85
2	N11	0	133,32	207,92	263,58	323,44	373,68	0	132,03	206,44	261,58	321,30	371,37
3	N6	0	123,33	193,47	251,37	309,17	352,24	0	123,46	193,75	252,37	310,72	354,08
4	N1	0	127,79	201,05	262,06	323,48	371,96	0	127,00	199,66	261,37	323,04	371,09
1	S16	0	110,84	173,75	228,59	283,28	325,84	0	111,18	174,04	228,72	283,87	326,64
2	S11	0	118,58	185,36	242,46	300,80	345,62	0	117,01	183,14	240,26	298,17	342,58
3	S6	0	126,95	197,29	257,16	315,44	357,05	0	125,48	195,26	255,09	313,45	355,06
4	S1	0	123,07	191,58	249,98	309,40	355,45	0	122,60	191,03	249,76	309,37	355,48
1	S17	0	126,48	197,11	257,41	319,04	366,45	0	123,74	193,14	252,51	313,33	360,25
2	S12	0	129,42	200,46	262,84	325,66	373,24	0	129,38	200,64	262,76	325,08	372,81
3	S7	0	120,80	188,41	246,89	305,70	351,54	0	119,90	187,37	245,97	304,63	350,42
4	S2	0	132,90	203,65	266,19	325,29	374,16	0	131,16	201,88	264,13	323,59	372,10
1	S18	0	129,37	199,79	259,67	319,14	367,78	0	126,66	196,60	256,10	315,56	363,95
2	S13	0	135,59	210,52	274,57	334,96	388,39	0	134,92	209,67	273,89	334,39	387,88
3	S8	0	142,24	219,94	287,48	351,66	404,94	0	140,28	217,42	284,48	347,93	400,62
4	S3	0	109,01	171,62	225,77	280,21	321,19	0	109,91	172,55	226,70	281,33	322,33
1	S19	0	123,67	192,76	252,83	313,23	360,07	0	122,13	190,81	250,33	310,40	357,08
2	S14	0	113,34	177,65	232,86	288,78	331,83	0	111,94	175,60	230,80	286,38	329,24
3	S9	0	124,16	194,15	254,45	315,30	362,66	0	123,12	192,48	252,58	313,32	360,42
4	S4	0	115,28	179,56	235,57	289,87	332,99	0	113,68	177,63	233,30	287,18	330,08
1	S20	0	113,87	177,88	233,69	289,05	332,39	0	113,95	177,63	233,13	288,36	331,54
2	S15	0	118,96	185,82	242,01	300,08	344,92	0	117,74	184,07	240,14	297,85	342,56
3	S10	0	117,82	184,14	241,86	298,92	344,23	0	116,31	181,91	238,83	295,20	339,70
4	S5	0	124,93	194,82	255,62	316,99	363,78	0	124,26	194,14	255,14	316,32	363,47

5 Grafici risultati delle misure per ogni colonna









6 Analisi degli errori

Si è calcolato l'errore assoluto per ogni radiatore come:

$$E_{ass} = |Q_{main} - Q_{rad}|$$

Dove:

- E_{ass} è l'errore assoluto;
- Q_{main} è la portata master;
- Q_{rad} è la portata radiatore.

6.1 Errori assoluti

Radiatore	Errori	Errori	Errori	Errori	Errori
n°	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
N20	0,33	0,15	0,42	0,86	1,27
N15	2,34	2,60	3,47	4,24	4,41
N10	1,19	2,12	2,29	2,33	2,74
N5	1,02	1,94	2,69	3,46	3,46
N19	1,06	1,60	2,24	2,85	3,29
N14	0,36	0,43	0,19	0,63	1,09
N9	0,11	0,71	1,64	2,32	2,88
N4	1,10	1,43	1,68	1,61	1,58
N18	0,93	1,30	2,14	2,57	3,23
N13	1,01	1,48	1,13	1,15	1,51
N8	1,02	1,64	2,97	3,52	3,72
N3	0,49	0,64	1,11	0,83	0,93
N17	0,44	0,62	0,43	0,42	0,10
N12	0,39	0,49	0,81	0,71	0,42
N7	1,21	1,46	2,00	1,85	1,67
N2	2,55	3,91	4,71	5,55	5,99
N16	1,10	1,53	1,84	2,17	2,16
N11	1,28	1,47	1,99	2,15	2,32
N6	0,13	0,29	1,00	1,55	1,84
N1	0,79	1,40	0,69	0,44	0,87

Tabella 5: Errori assoluti parte Nord

Radiatore	Errori	Errori	Errori	Errori	Errori
n°	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
S16	0,35	0,28	0,13	0,60	0,80
S11	1,57	2,22	2,19	2,64	3,04
S6	1,47	2,03	2,07	2,00	1,99
S1	0,47	0,55	0,22	0,03	0,03
S17	2,74	3,96	4,90	5,71	6,20
S12	0,04	0,17	0,08	0,58	0,43
S7	0,89	1,04	0,93	1,07	1,11
S2	1,74	1,77	2,06	1,70	2,06
S18	2,71	3,19	3,57	3,58	3,83
S13	0,67	0,85	0,68	0,58	0,51
S8	1,96	2,52	2,99	3,73	4,33
S3	0,90	0,93	0,93	1,13	1,15
S19	1,54	1,96	2,50	2,83	2,99
S14	1,40	2,05	2,06	2,40	2,59
S9	1,05	1,67	1,87	1,98	2,23
S4	1,60	1,94	2,28	2,69	2,91
S20	0,08	0,25	0,56	0,69	0,86
S15	1,22	1,75	1,87	2,23	2,36
S10	1,51	2,23	3,03	3,72	4,53
S5	0,67	0,68	0,48	0,67	0,31

Tabella 6: Errori assoluti parte Sud

6.2 Errori percentuali

L'errore percentuale è stato calcolato come:

$$E_{\%} = \frac{E_{ass}}{Q_{main}} \cdot 100$$

Dove:

- $E_{\%}$ è l'errore percentuale;
- E_{ass} è l'errore assoluto;
- Q_{main} è la portata master.

Radiatore	Errori%	Errori%	Errori%	Errori%	Errori%
n°	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
N20	0,28	0,08	0,17	0,28	0,36
N15	1,89	1,35	1,37	1,35	1,23
N10	0,98	1,11	0,92	0,76	0,78
N5	0,74	0,91	0,98	1,03	0,89
N19	0,83	0,80	0,86	0,89	0,89
N14	0,26	0,20	0,06	0,18	0,27
N9	0,09	0,35	0,61	0,70	0,76
N4	0,87	0,73	0,65	0,50	0,43
N18	0,67	0,61	0,77	0,76	0,84
N13	0,71	0,67	0,40	0,33	0,38
N8	0,69	0,71	0,99	0,95	0,89
N3	0,39	0,33	0,43	0,26	0,25
N17	0,31	0,28	0,15	0,12	0,03
N12	0,33	0,26	0,33	0,23	0,12
N7	0,97	0,75	0,78	0,59	0,46
N2	2,13	2,08	1,91	1,81	1,70
N16	0,94	0,83	0,76	0,73	0,63
N11	0,96	0,71	0,76	0,66	0,62
N6	0,11	0,15	0,40	0,50	0,52
N1	0,62	0,70	0,26	0,14	0,23

Tabella 7: Errori percentuali parte Nord

Radiatore	Errori%	Errori%	Errori%	Errori%	Errori%
n°	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
S16	0,31	0,16	0,06	0,21	0,25
S11	1,32	1,20	0,90	0,88	0,88
S6	1,16	1,03	0,80	0,63	0,56
S1	0,38	0,29	0,09	0,01	0,01
S17	2,16	2,01	1,90	1,79	1,69
S12	0,03	0,09	0,03	0,18	0,12
S7	0,74	0,55	0,37	0,35	0,32
S2	1,31	0,87	0,77	0,52	0,55
S18	2,10	1,60	1,37	1,12	1,04
S13	0,49	0,40	0,25	0,17	0,13
S8	1,38	1,15	1,04	1,06	1,07
S3	0,83	0,54	0,41	0,40	0,36
S19	1,25	1,02	0,99	0,90	0,83
S14	1,24	1,15	0,88	0,83	0,78
S9	0,84	0,86	0,73	0,63	0,62
S4	1,39	1,08	0,97	0,93	0,87
S20	0,07	0,14	0,24	0,24	0,26
S15	1,03	0,94	0,77	0,74	0,68
S10	1,28	1,21	1,25	1,24	1,32
S5	0,54	0,35	0,19	0,21	0,08

Tabella 8: Errori percentuali parte Sud

7 Conclusioni

La differenza in valore assoluto della misurazione effettuata con i misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501 installati in corrispondenza di ogni termosifone posto sulle pareti del laboratorio Mockup rispetto a quella rilevata in ingresso al circuito con il misuratore ISOIL ISOMAG campione risulta essere sempre minori del 2,1 %

Alla luce di questa campagna di misure non si ritiene necessario effettuare una nuova taratura dei misuratori di portata ISOIL ISOMAG MS 501, ma si proseguirà ad utilizzare nel programma di acquisizione e calcolo dell'impianto Mockup le curve di taratura già inserite.

Si ritiene comunque utile ripetere questa verificata a scadenza regolare.

Allegato A – File “Taratura.txt” per l’inserimento radiatori in taratura

Directory

C:\Users\Admin\Desktop\MisureMockup\Taratura sensori portata\

North

N20

N15

N10

N5

N19

N14

N9

N4

N18

N13

N8

N3

N17

N12

N7

N2

N16

N11

N6

N1

South

S16

S11

S6

S1

S17

S12

S7

S2

S18

S13

S8

S3

S19

S14

S9

S4

S20

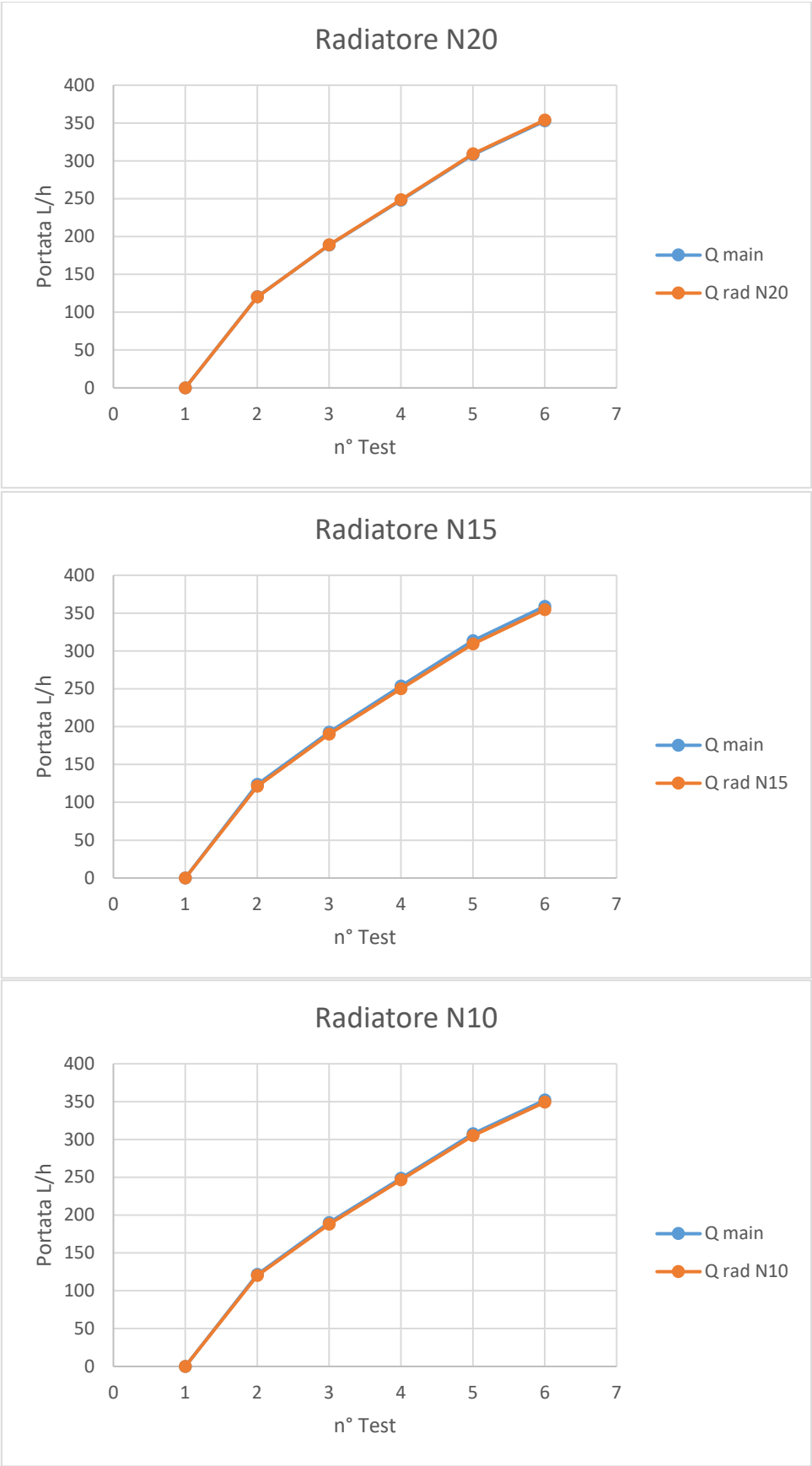
S15

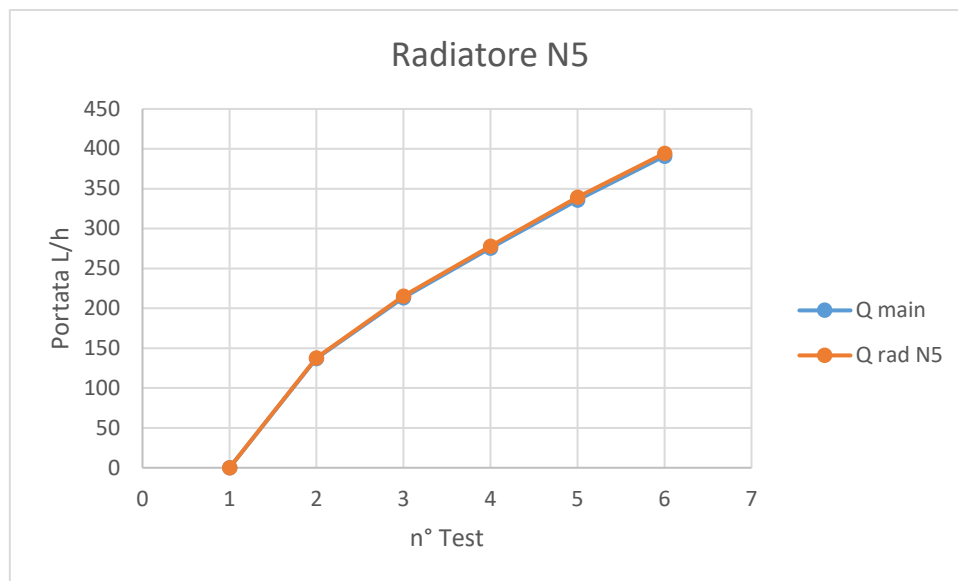
S10

S5

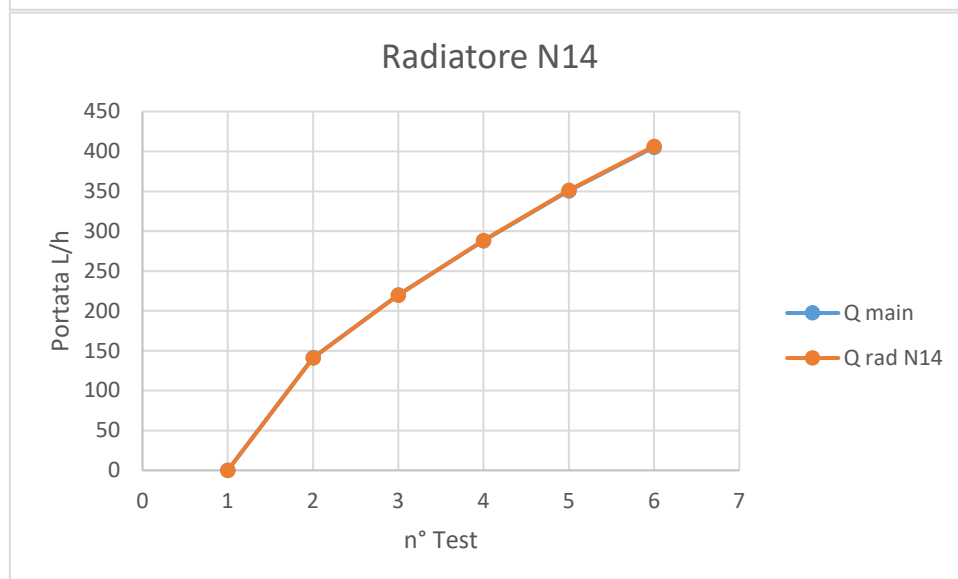
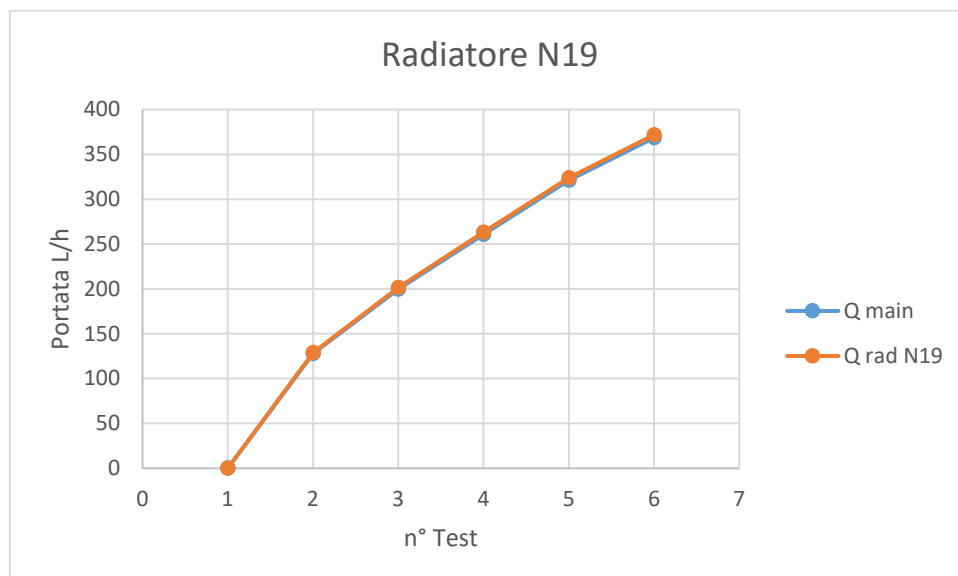
Allegato C – Grafici risultati delle misure per ogni radiatore

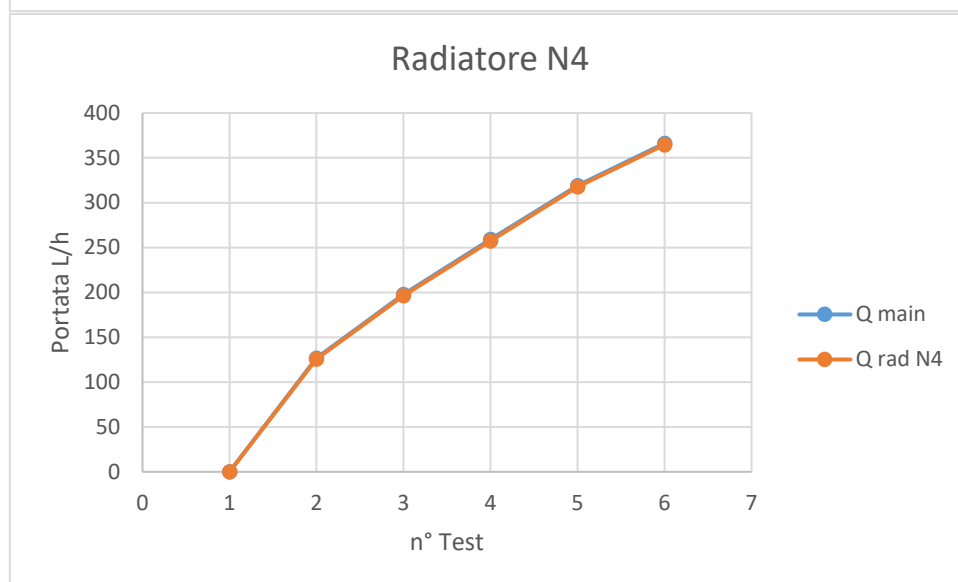
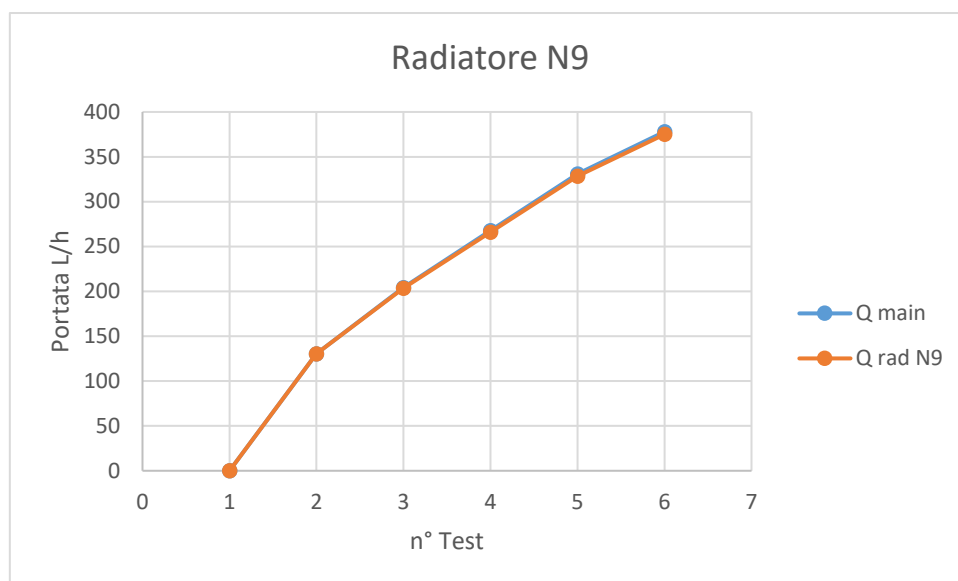
Colonna 1



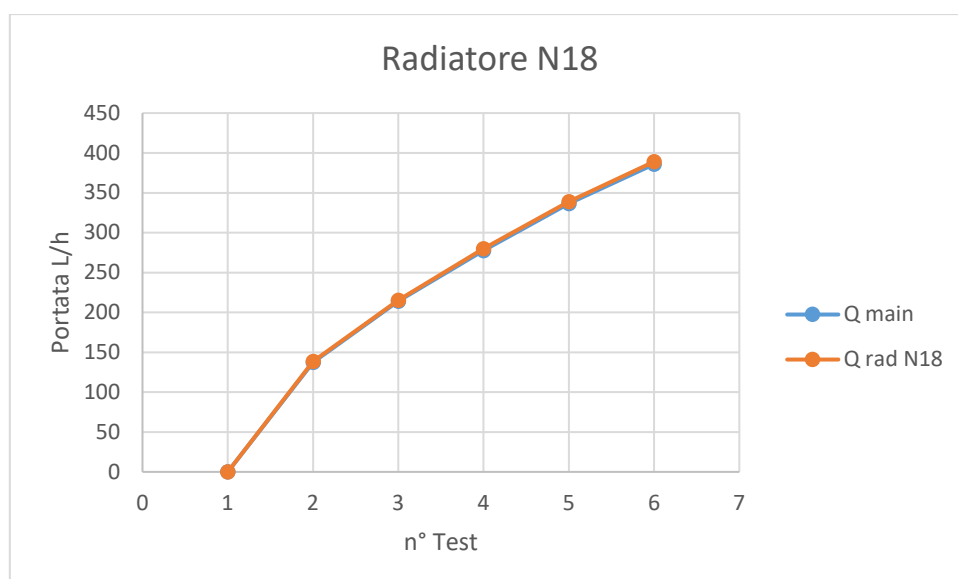


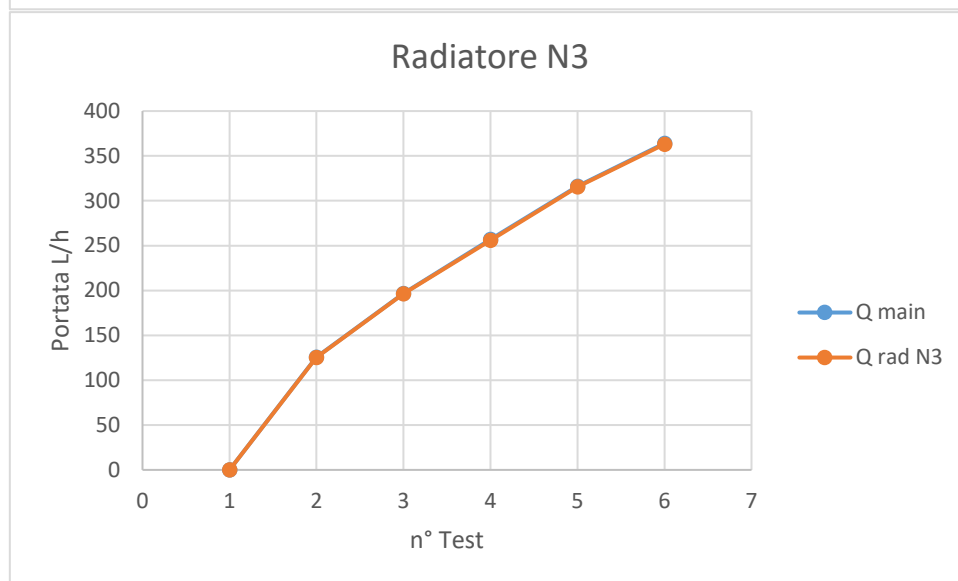
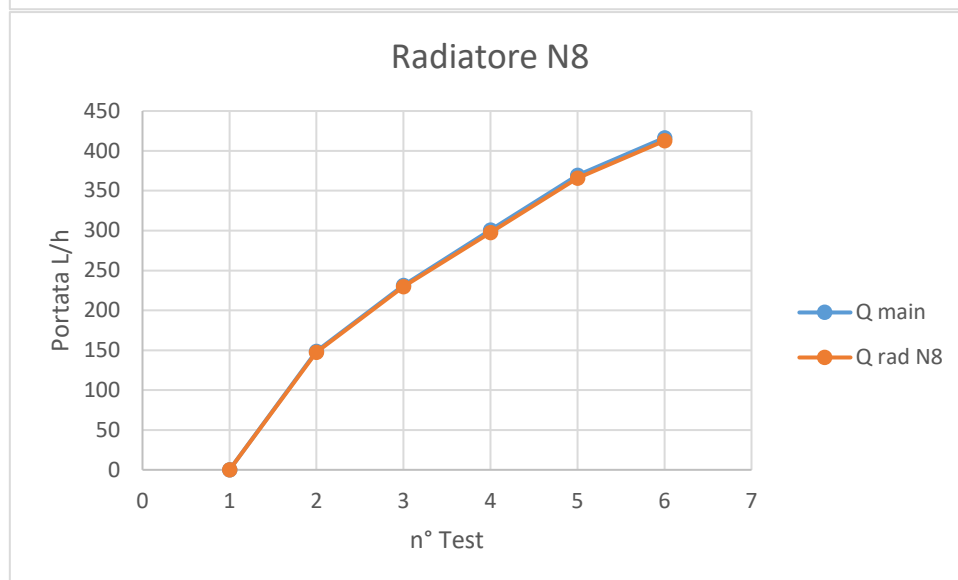
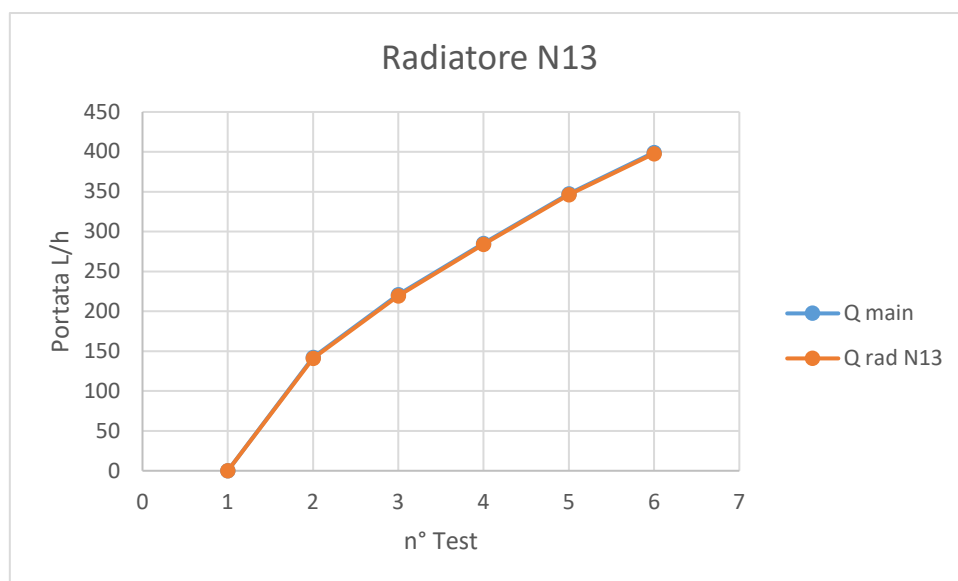
Colonna 2

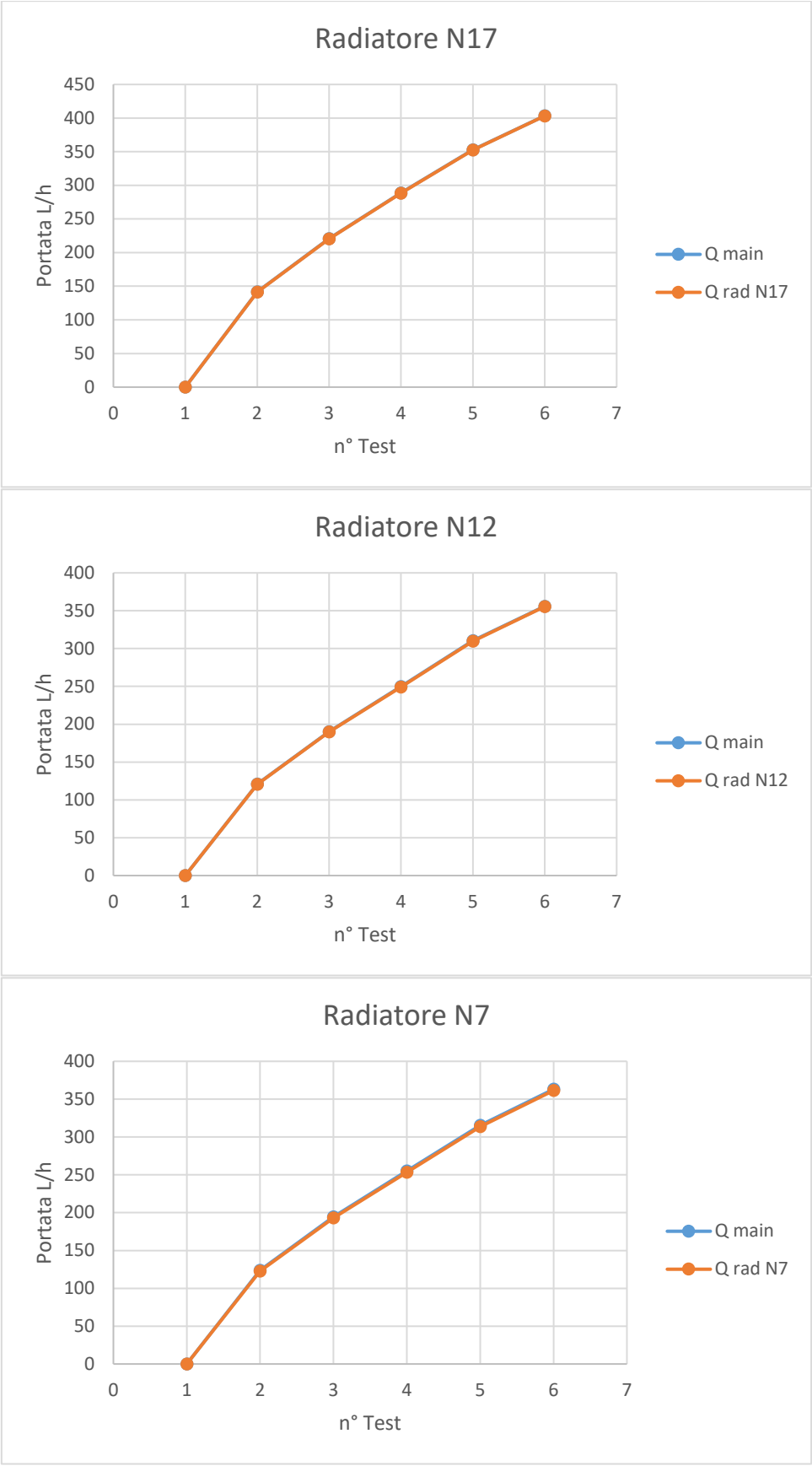


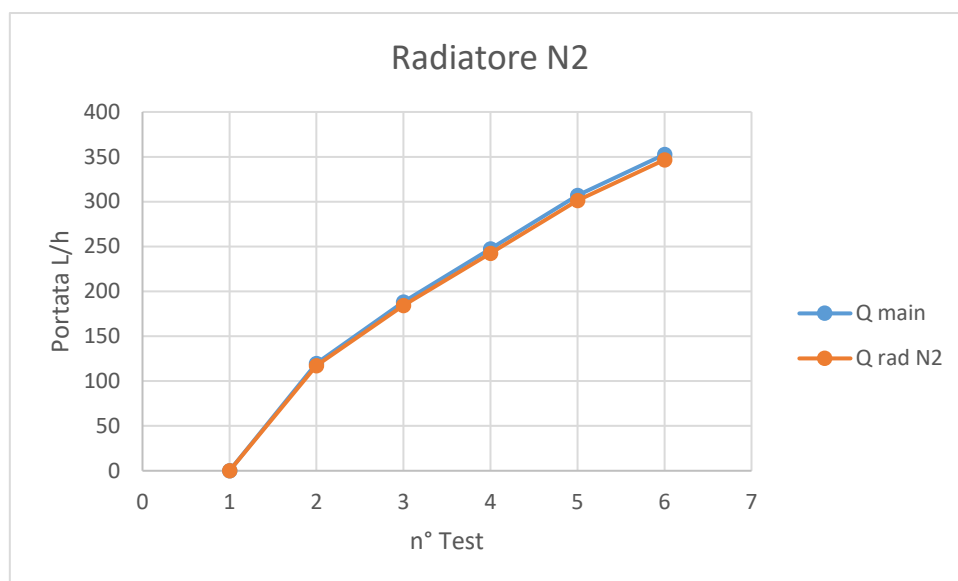


Colonna 3

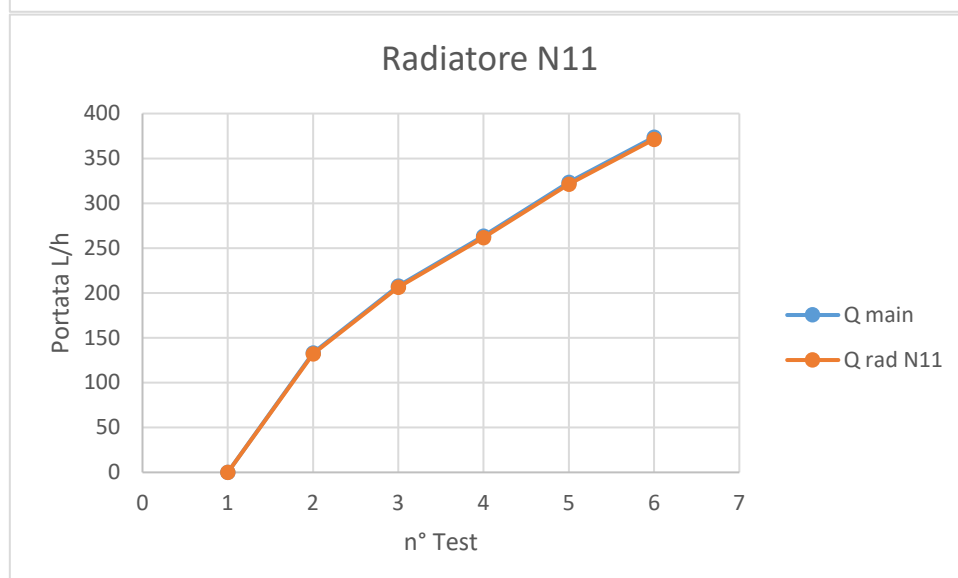
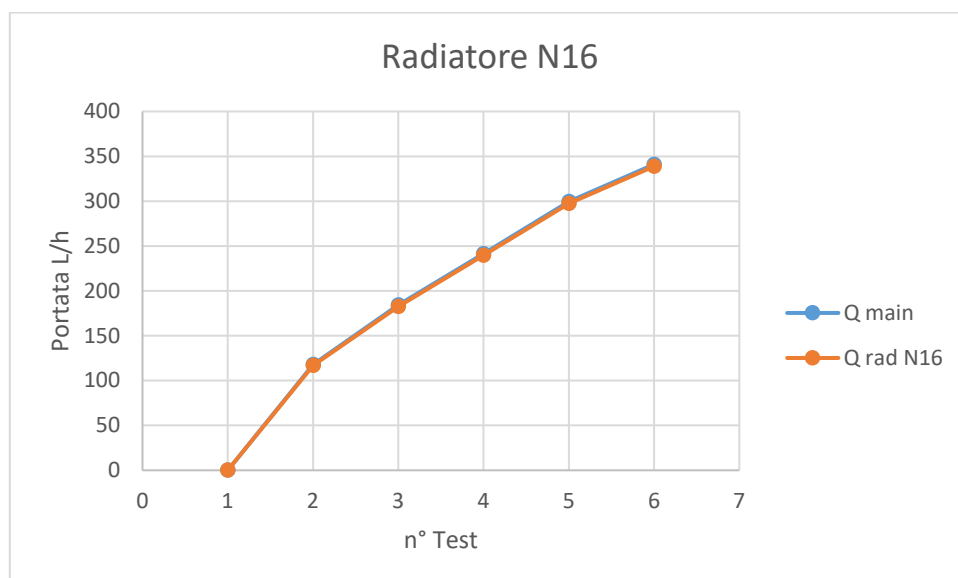


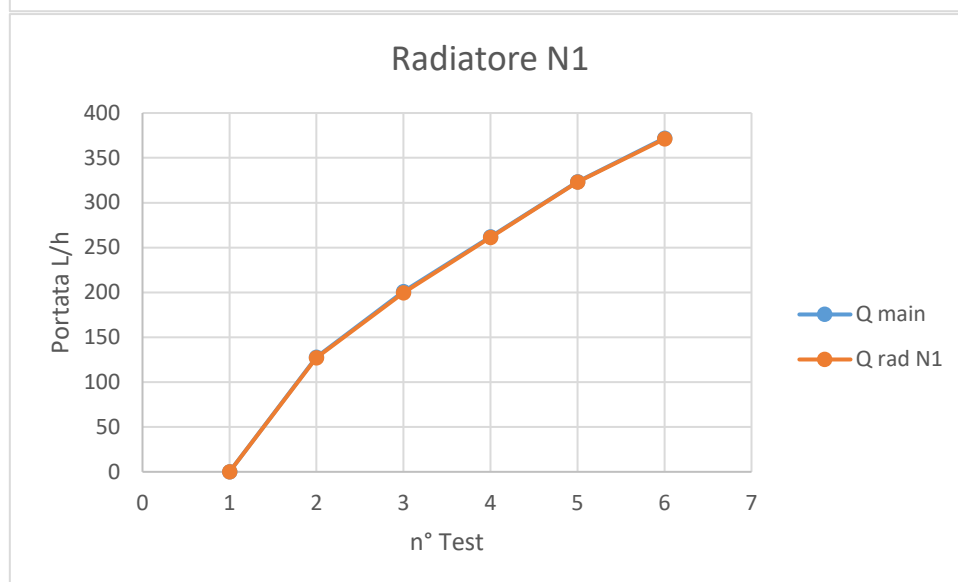
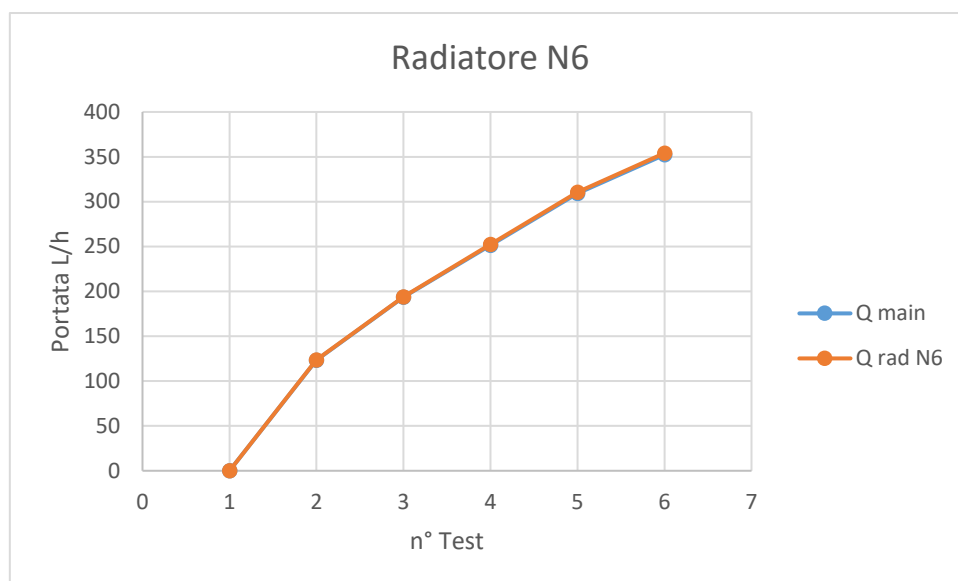




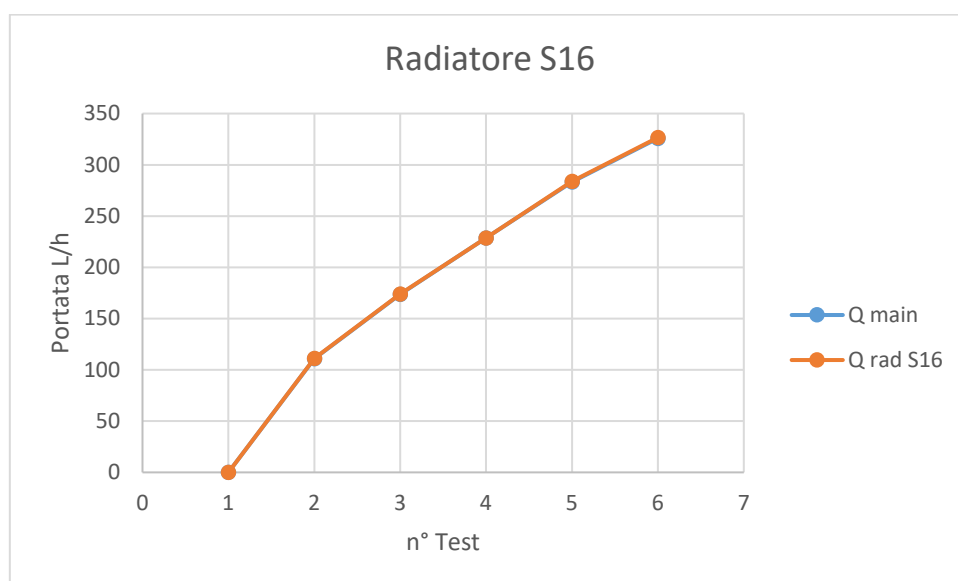


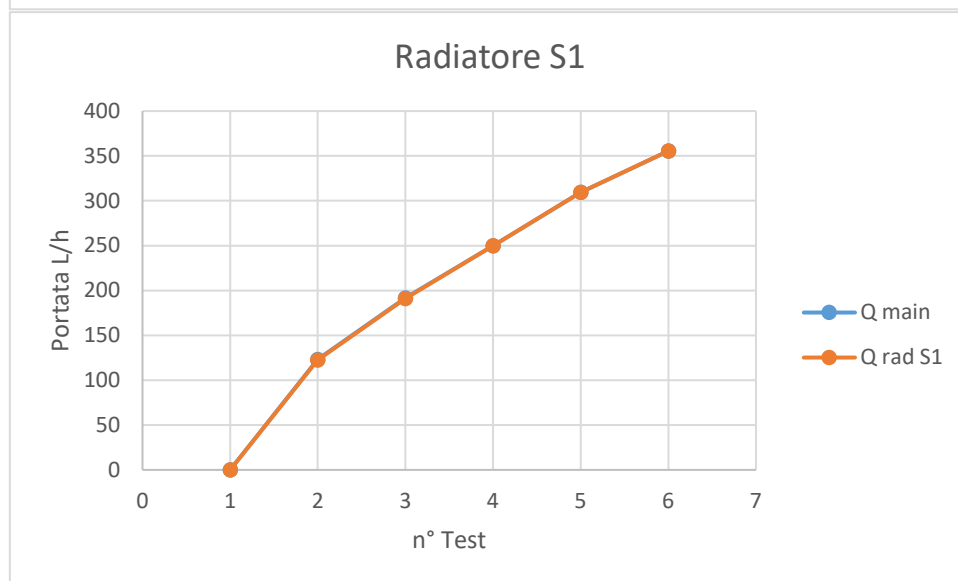
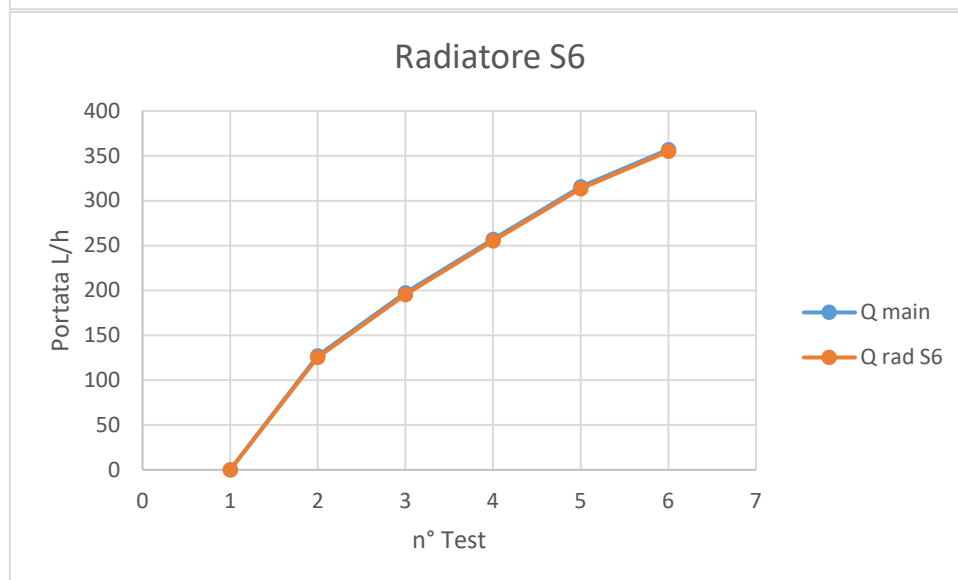
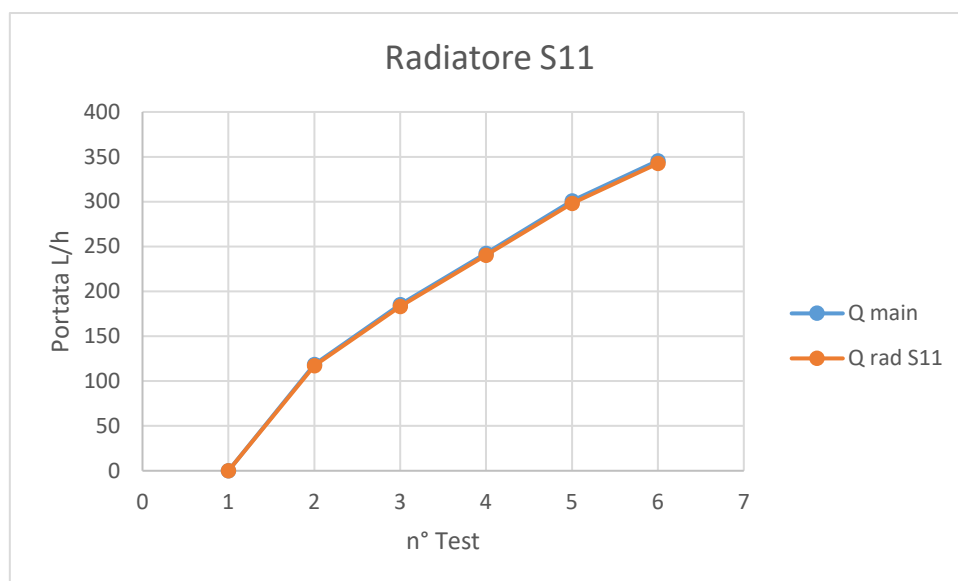
Colonna 5

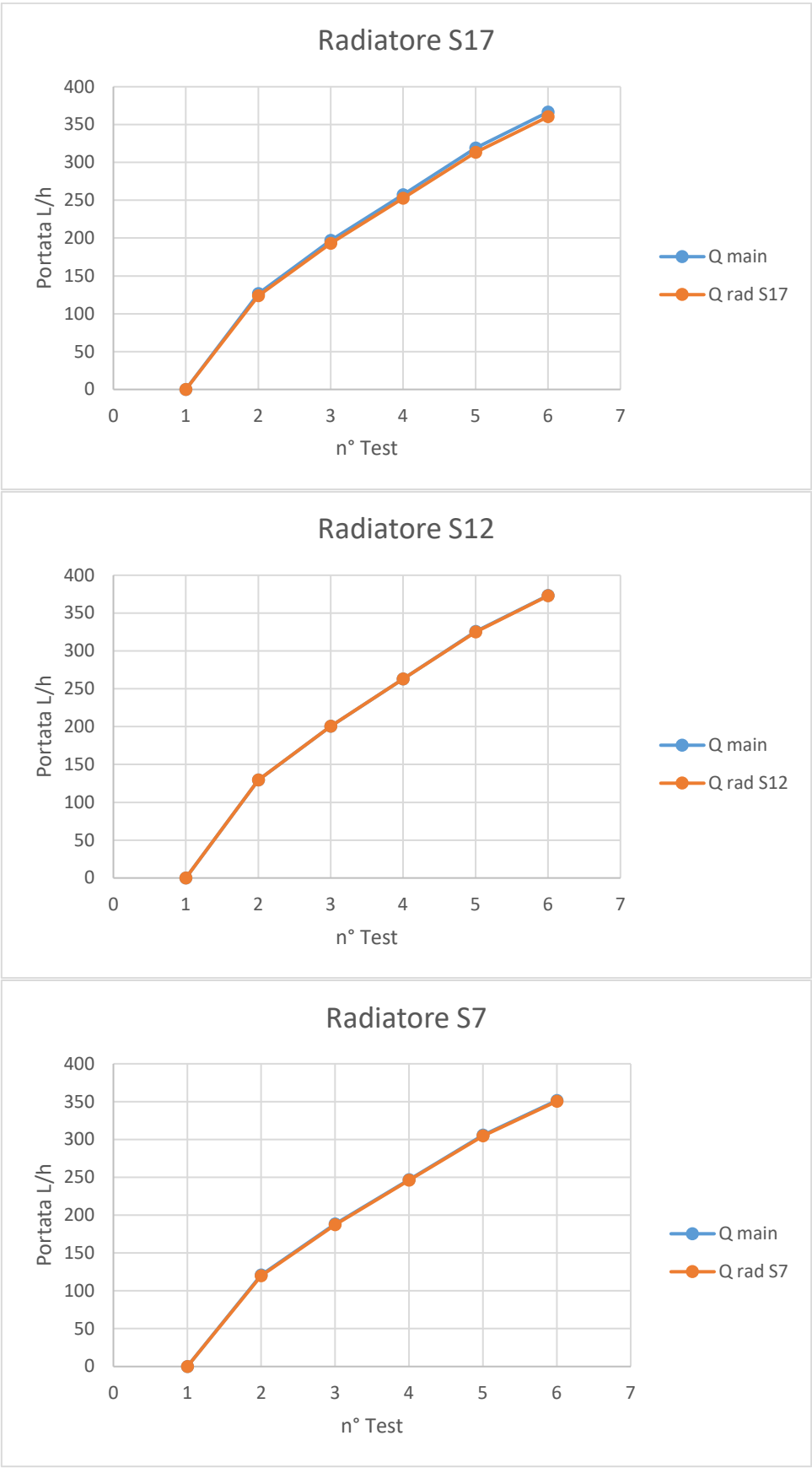


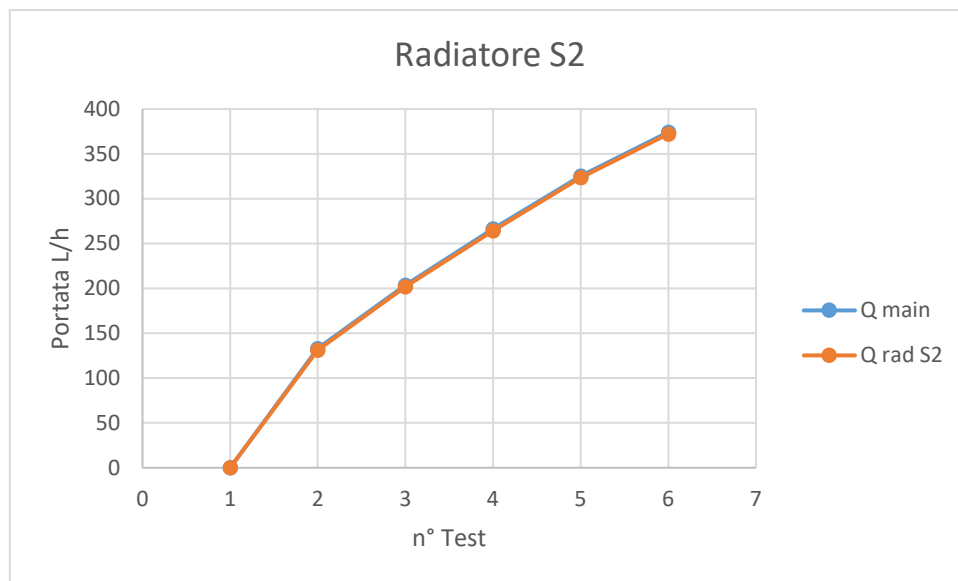


Colonna 6

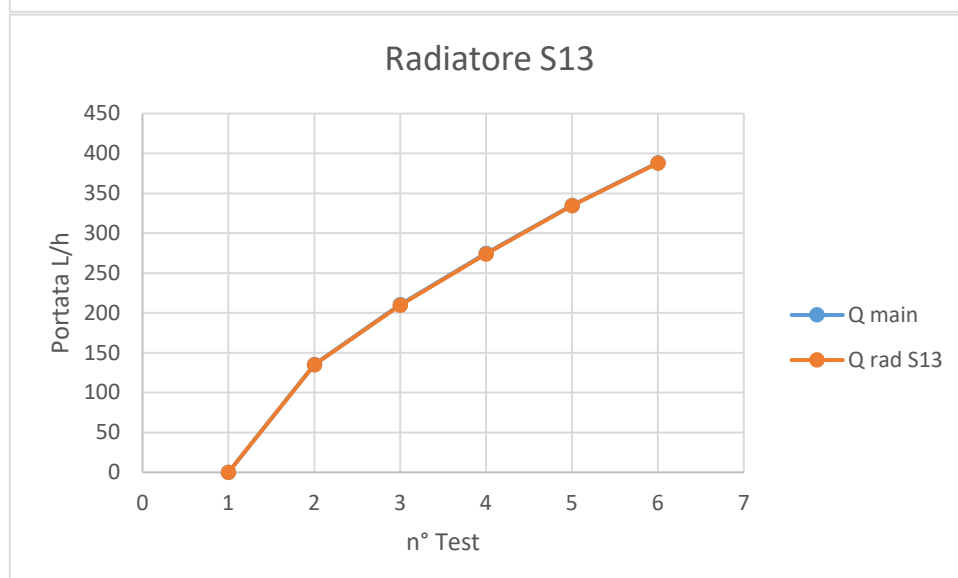
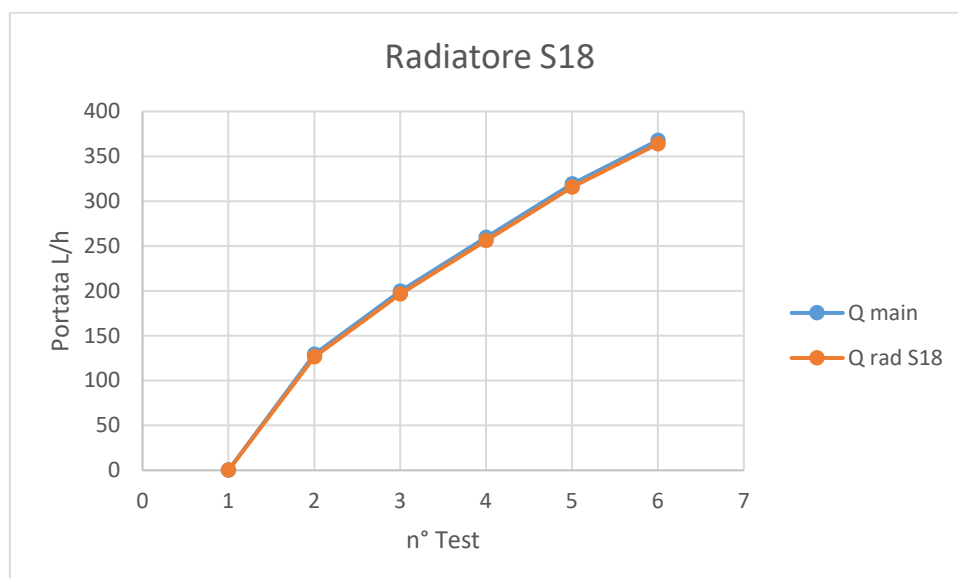


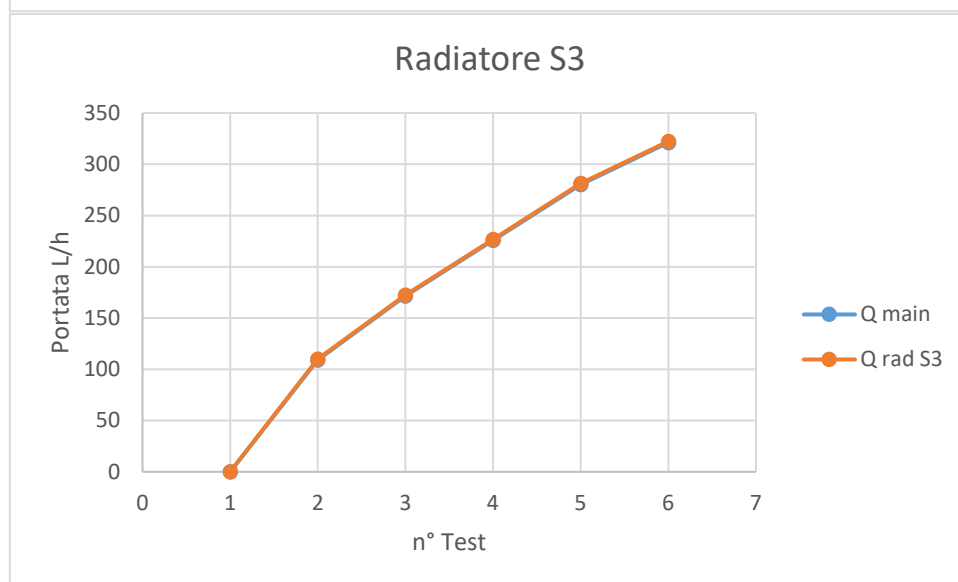
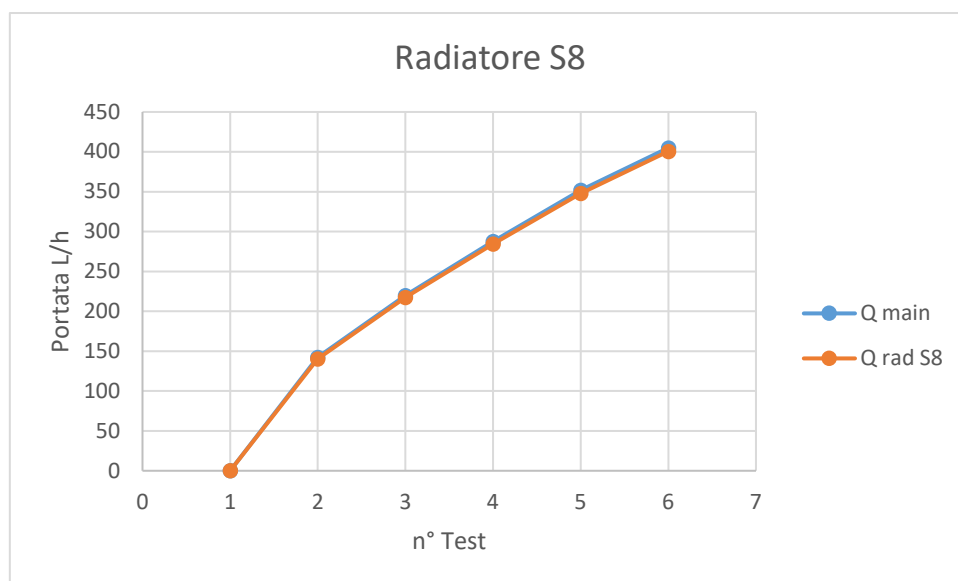






Colonna 8





Colonna 9

