

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA**  
**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA**  
Allegati al Verbale n. 6 del 07/09/2018

n.22 allegati suddivisi e numerati per ogni rispettivo punto del seguente Ordine del Giorno:

**ORDINE DEL GIORNO**

1. Elezione del coordinatore del consiglio di corso di laurea magistrale in "Protezione e Sicurezza del Territorio e del Costruito" – triennio accademico 2018/2021
2. Approvazione verbali
3. Comunicazioni del presidente
4. Approvazione proposta budget di previsione annuale 2019 e triennale 2019-2021
5. Convenzioni, contratti e progetti di ricerca
6. Richiesta di contratti di lavoro autonomo
7. Richiesta assegni di ricerca e borse di studio e di ricerca finanziati dal D.I.
8. Approvazione relazioni annuali assegnisti di ricerca
9. Autorizzazioni di spesa
10. Associazione "Centro Studi Sisto Mastrodicasa" determinazioni
11. Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI): determinazioni
12. Ratifica decreti
13. Autorizzazione frequentazione strutture DI
14. Varie ed eventuali

**Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia, Ricercatori Universitari e Rappresentanti degli Studenti**

15. Programmazione didattica
16. Varie ed eventuali

**Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia, Ricercatori Universitari**

17. Approvazione relazione tecnico-scientifica ricercatore a tempo determinato
18. Varie ed eventuali

**Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia, Ricercatori Universitari a tempo indeterminato**

19. Verifica periodica dell'attività didattica e scientifica dei ricercatori universitari – adempimenti previsti dall'art. 33 del D.P.R. 382/80
20. Richiesta di un posto di ricercatore universitario a tempo determinato ai sensi dell'art.24, comma 3, lettera a) L.240/2010
21. Verifica e valutazione delle attività didattiche e di servizio agli studenti, nonché delle attività di ricerca svolte dai Ricercatori Universitari ai sensi dell'art.6, commi 7 e 8 della Legge240/2010, ai fini della partecipazione alle Commissioni di selezione e progressione di carriera del personale accademico, nonché degli organi di valutazione di progetti di ricerca
22. Varie ed eventuali

**Riservato ai Professori di Prima e Seconda Fascia**

23. Verifica e valutazione delle attività didattiche e di servizio agli studenti, nonché delle attività di ricerca svolte dai professori di II fascia, ai sensi dell'art.6, commi 7 e 8 della Legge240/2010, ai fini della partecipazione alle Commissioni di selezione e progressione di carriera del personale accademico, nonché degli organi di valutazione di progetti di ricerca
24. Relazioni triennali professori II fascia
25. Varie ed eventuali

**Riservato ai Professori di Prima Fascia**

26. Verifica e valutazione delle attività didattiche e di servizio agli studenti, nonché delle attività di ricerca svolte dai professori di I fascia, ai sensi dell'art.6, commi 7 e 8 della Legge240/2010, ai fini della partecipazione alle Commissioni ASN
27. Verifica e valutazione delle attività didattiche e di servizio agli studenti, nonché delle attività di ricerca svolte dai professori di I fascia, ai sensi dell'art.6, commi 7 e 8 della Legge240/2010, ai fini della partecipazione alle Commissioni di selezione e progressione di carriera del personale accademico, nonché degli organi di valutazione di progetti di ricerca
28. Relazioni triennali professori I fascia
29. Varie ed eventuali.

IL SEGRETARIO

(sig. Giovanni Magara)  
F.to Giovanni Magara

IL PRESIDENTE

(prof. Giuseppe Saccomandi)  
F.to Giuseppe Saccomandi

IL VICE DIRETTORE

(prof. Paolo Mezzanotte)  
F.to Paolo Mezzanotte

**BETWEEN**  
**University of Gujrat (Pakistan)**  
**AND**  
**Università degli Studi di Perugia (Italy)**

The purpose of this Memorandum of Understanding between Università degli Studi di Perugia (Italy), hereinafter referred to as UDSDP, and the University of Gujrat (Pakistan) hereinafter referred to as UOG, is to facilitate the collaboration between the institutions and to develop models of cooperation in academics and research in the area of Environmental Sciences/Engineering and other subjects, besides related collaborations. The MOU is being signed to develop and strengthen bilateral academic ties between Italian Republic hereinafter referred to as Italy and Islamic Republic of Pakistan hereinafter referred to as Pakistan.

1. The two universities agree to collaborate as follows:

**A. Initial/First Phase of Collaboration**

- i. Dr Francesco Di Maria, Head of LAR Laboratory and other faculty members from the Università degli Studi di Perugia, Italy, will serve as Member of PhD/MS Theses Supervisory Committees in the Department of Environmental Sciences and other departments of the University of Gujrat, Pakistan.
- ii. Dr Francesco Di Maria and other faculty members from the Università degli Studi di Perugia, Italy, will also serve as External Theses Examiners for PhD/MS Students of Department of Environmental Sciences and other departments of the University of Gujrat, Pakistan, University of Gujrat, Pakistan.

**B. Mid Phase of Collaboration**

- i. Dr Francesco Di Maria will visit to Pakistan for 2-16 weeks for Teaching any MS/PhD course in the Department of Environmental Sciences, University of Gujrat, Pakistan (shared with any serving faculty)/short courses/workshops under Visiting Foreign Faculty Program of the Higher Education Commission of Pakistan (subject to approval of funds by the HEC Pakistan).
- ii. Dr Francesco Di Maria and other faculty members from the Università degli Studi di Perugia, Italy, and faculty members from the University of Gujrat, Pakistan, will develop and submit joint research proposal for funding from any international/Pakistani/Italian donor agencies.

**C. Final Phase of Collaboration**

- i. Student Exchange Arrangements
  - ii. Faculty/Experts Exchange Arrangements
  - iii. Joint Events/Workshops/Conferences etc
2. Financial arrangements and stipulations concerning the exchange of students, faculty and staff members are to be specifically described in detail in separate addenda.
  3. Other departments and faculty members/experts/students from both universities will be identified later with mutual consent and as per common interests and expertise required.
  4. Modifications and/or amendments to this Agreement can be done by mutual consent.
  5. Should either institution wish to terminate this Agreement, written notice should be given three months in advance of the desired termination date.
  6. This Agreement will enter into effect from the date duly signed by the designated officials of the respective institutions. The effective period is five years and it will be extended for another five years as long as neither party expresses a desire to terminate or modify this Agreement.

**SIGNED:**

**Prof Dr Zia Ul-Qayyum**  
Vice Chancellor  
University of Gujrat (Pakistan)

**Date:**

**SIGNED:**

**Prof. Franco Moriconi**  
Rector  
Università degli Studi di Perugia (Italy)

**Date:**

## REASERCH PROJECT REPORT

Candidate	Andrea Cavicchi
Project Name	Experimental and numerical analysis of the hydraulic behavior of Diesel common-rail and gasoline fuel injection systems
Reasearch Activity Period	03/2017 – 02/2018

The research project named “*Experimental and numerical analysis of the hydraulic behavior of Diesel common-rail and gasoline fuel injection systems*” and started in March 2017 was focused on two main topics:

### 1. Experimental Analysis of Fuel and Injector Body Temperature Effect on the Hydraulic Behavior of Latest Generation Common Rail Injection Systems

This activity studied the effect of thermal conditions on the hydraulic behavior of Diesel common rail injectors, with a particular focus on low temperatures for fuel and injector body. The actual injection system thermal state can significantly influence both the injected quantity and the injection shape, requiring proper amendments to the base engine calibration in order to preserve the combustion efficiency and pollutant emissions levels. In particular, the introduction of the RDE (Real Driving Emission) test cycle widens the effective ambient temperature range for the homologation cycle, this way stressing the importance of the thermal effects analysis. An experimental test bench was developed in order to characterize the injector in an engine-like configuration, *i.e.* fuel pump, piping, common rail, pressure control system and injectors. One of the injectors is used for the measurement of injection rate time profile by means of a Zeuch method-based injection analyzer, mean injected volume per shot and dynamic pressure time-history at pump outlet and injector inlet. The fuel temperature, measured at the fuel pump inlet, and the injector body temperature are independently conditioned in a range between -10°C and 90°C. Latest generation common rail injectors - featuring the first a pressure-balanced pilot stage, the other a three-way valve pilot stage respectively - were tested over a wide range of thermal conditions as combination of fuel and injector body temperatures, injection pressure level (up to 2000 bar), and injection strategies (solo-main, pilot-main and main-post injection patterns). The experimental results showed a strong effect of thermal conditions on the injector hydraulics. The injected volume can be varied up to 30% compared to the reference operating condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}C$ ,  $T_{body}=90^{\circ}C$ ). The injection rate analysis evidenced that the injector closure timing can be seriously affected by the system thermal state, while the nozzle steady flow is typically less influenced by the fuel and injector body temperature in the examined range. It was also evidenced a different temperature effect for different pilot stage architectures. In one case the temperature reduction led to an injection volume decrease and in the other case, comparable differences were observed but with a completely opposite trend.

### 2. Experimental and Numerical Analysis of Spray Evolution, Hydraulics and Atomization for a 60 MPa Injection Pressure GDI System

In this activity, the spray characteristics and evolution of a high-pressure GDI injector were investigated experimentally and numerically. In recent years, the GDI (Gasoline Direct Injection) technology has significantly spread over the automotive market under the continuous push toward the adoption of combustion systems featuring high thermodynamic conversion efficiency and moderate pollutant emissions. Following this path, the injection pressure level has been progressively increased from the initial 5-15 MPa level nowadays approaching 35 MPa. The main reason behind the progressive injection pressure increase in GDI engines is the improved spray atomization, ensuring a better combustion process control and lower soot emissions. On the other hand, increasing injection pressure implies more power absorbed by the pumping system and hence a penalty in terms of overall efficiency. Therefore, the right trade-off has to be found between soot formation tendency reduction thanks to improved atomization and the energetic cost of a high pressure fuel injection system. A 5-hole, side-mounted prototype GDI injector was tested in a wide range of injection pressure conditions - from 5 up to 60 MPa - in terms of injection rate and spray development. The injection rate was detected by means of a Zeuch-method-based Injection Analyzer. The spray global shape was investigated by high speed imaging, while the atomization level and droplet velocity were measured by means of a PDA (Phase Doppler Anemometry) system over several measuring stations from 20 to 50 mm downstream the nozzle. A numerical model of the spray was developed and validated against the experimental data in order to simulate the spray penetration, cone angle and atomization over a wide range of injection pressure levels. The results show that the decreasing trend for the drops SMD (Sauter Mean Diameter) from 5 up to 60 MPa approaches its asymptote, suggesting an adequate cost/benefits analysis in terms of soot reduction for further injection pressure level increases.

The detailed reports of these two research activities are reported below.

# Experimental Analysis of Fuel and Injector Body Temperature Effect on the Hydraulic Behavior of Latest Generation Common Rail Injection Systems

## Introduction

In Diesel common rail engines the fuel injection system (FIS) plays a key role in the combustion process efficiency and thus in the pollutant emission control. The metering accuracy, the injection timings, and the IR (injection rate) profile have to be carefully calibrated in order to meet the emission standards and ensure performances [1].

The external thermal conditions can affect the injector hydraulic behavior altering the proper engine operation and worsening performances and emissions. For these reasons, the influence of external temperature on the fuel injection system has to be investigated in order to take these phenomena into account for an optimized engine calibration. In particular, the FIS behavior under low temperature conditions is of great importance for engine cold start, one of the most critical issues for Diesel engines. During cold start pollutant emissions are significantly higher than during standard operation [2], and they are further enhanced at low ambient temperature, as evidenced by several studies [3]-[8]. The current homologation procedure does not take into account the effect of extremely low temperature because the test cycles are carried out at controlled temperature (*e.g.* in the range 20-30°C for the NEDC, 23°C for the WLTC cycle respectively). Nevertheless, the impact of the external thermal conditions on the engine output will become crucial with the introduction of the RDE test cycle and also to ensure control and drivability in the day-to-day operation.

Few works are available about the influence of fluid properties change on the FIS performances [9]-[13] and most of them are aimed to study the effect of alternative fuels, typically having different density and viscosity compared to standard Diesel fuel. Nevertheless, the thermal effect is not directly addressed.

In [14] the effect of very low temperature (-18°C) on the spray macroscopic behavior was investigated, with particular interest to the tip penetration curve, but a deep hydraulic characterization was not performed.

In [15] the injector hydraulic behavior was analyzed but only in terms of nozzle discharge coefficient, thus in steady flow conditions; phenomena linked to needle dynamics, crucial for small injections, were not taken into account.

In [16] the injection start delay and the injection duration, along with the discharge coefficient were found to be affected by fuel temperature. Low temperature delays the injection start due to increased fuel viscosity. The static mass flow rate is reduced at low temperature because the effect of higher viscosity overcomes the increase of fuel density. All the thermal effects were found to be magnified at lower injection pressures. A systematic analysis of the role played by injection pressure is missing, as well as a focus on the injection dynamics.

A deep investigation is reported in [17], with a wide range of injection pressure and fuel temperature. The results show that low temperature slightly affects the static mass flow rate but strongly advances the injector closure, significantly lowering the injected mass. The study does not report data concerning multiple injections and their interaction under low temperature.

In this activity the hydraulic behavior of a complete, latest generation Diesel common rail FIS under low temperature conditions was assessed. The fuel temperature at the high-pressure pump inlet and the injector body temperature were independently conditioned. The reference thermal condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ) was compared to different cold conditions with  $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}$  down to  $-10^{\circ}\text{C}$ . In a first part of the present activity, three pressure-balanced, common rail solenoid injectors (named Type PBV in the following) were operated in engine-like conditions and one of them was analyzed in terms of IR by means of the proprietary mass flow meter UniPg Injection Analyzer, based on the Zeuch's method. Pressure levels from 400 bar up to 2000 bar were tested, combined with several thermal configurations, ranging from extreme hot ( $T_{fuel}=70^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}=100^{\circ}\text{C}$ ) down to extreme cold ( $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}=-10^{\circ}\text{C}$ ) conditions. Single injection mode and multiple injection patterns (pilot-main, main-post) were investigated. The experimental results evidenced a strong thermal effect on the closing transient of the injection event, with minor influence on the opening transient and the static flow rate, in good agreement with the results reported in [17]. For small, ballistic injections cold conditions progressively lowered the IR maximum value, suggesting a reduced needle lift due to the increased viscosity. The injection event shortening was amplified by increasing the injection pressure; this phenomenon is not evidenced in [17]. Multiple injection strategies confirms the single-injection main findings: the significant reduction of the injection duration under cold conditions weakens the interaction with the subsequent injection event.

The same analysis was carried out on a second set of injectors (Type TWV), suitable for the same vehicle application. The Type TWV injector features a different pilot valve architecture, with an innovative three-way pilot valve, ensuring a strong reduction of the clearance leakage. The injection closure was found to be still the main affected parameter but the temperature dependence did not follow a monotonic trend. Under cold conditions the injection duration was reduced at low injection pressure and it was prolonged at high pressure, with a transition zone at medium-low pressure levels. This trend inversion could be caused by the different pilot stage layout but further investigations are requested. The isolated effect of the injector body temperature was evaluated at  $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$  and the emerged results partially clarified the thermal behavior of the three-way valve injector.

The presented work offers a deep insight on the hydraulic behavior of two different architectures of latest generation common rail injectors under cold conditions, evidencing significant differences in the hydraulic behavior. The experimental results could be useful for the FIS calibration during the cold start at low ambient temperature.

## Experimental Setup

### Test bench

The experimental test bench, developed at the SprayLab of Perugia University and schematized in Figure 1, reproduces a complete Diesel common rail FIS for a three-cylinder engine. A DC electric motor drove the high-pressure fuel pump by means of a pulley-belt transmission. The DC controller was managed in order to keep the speed constant. The fuel pump was fed by ISO 4113 test fluid at 4 bar of inlet pressure. The pumped fuel was delivered to the three-cylinder common rail through a 420 mm long steel pipe. The rail pressure was controlled by a PID regulator reading the rail pressure sensor and operating the SCV (Suction Control Valve) of the fuel pump. The SCV controlled the actual fuel delivery by throttling the inlet flow rate. The rail PRV (Pressure Regulation Valve) was kept close during the test bench operation and was used only for the sake of safety. Three injectors were operated

as depicted in Figure 2, reporting a whole equivalent engine cycle at 1300 rpm. The rail pressure drop (red plot in Figure 2), caused by the injection actuation (black plot) is followed by the pumping phase, with the rail pressure rise, a plateau phase and, after a fixed delay, the next injection operation.

### Injection Rate Meter

One of the injectors was mounted on the proprietary mass flow rate meter UniPg Injector Analyzer. This device, working according to the Zeuch method [18], measures the mass flow rate by reading the pressure rise determined by the injection event into a closed volume. The pressure increment  $\Delta P$  in the measuring chamber is proportional to the injected volume  $\Delta V$  according to (1) By time deriving the (1), the mass flow rate IR can be evaluated from the (2)

$$\Delta P = \frac{k}{V_0} \Delta V \quad (1)$$

$$\dot{m} = \rho \frac{dV}{dt} = \rho \frac{V_0}{k} \frac{dP}{dt} \quad (2)$$

After each injection, a fast valve discharges the injected fuel volume in order to restore the base pressure (50 bar in this campaign). The discharged fuel flows through a Coriolis mass flow meter (Siemens Sitrans CF 2100) that measures the mean injected mass in order to calibrate the instrument constant ( $\rho V_0/k$ ) in such a way that the injection rate time-integral equals the mean injected mass. This self-calibration process permits to avoid measurement errors derived by the change of fuel properties (density and bulk modulus) with temperature and pressure. This feature is crucial in this test campaign because of the wide range of analyzed fuel temperatures.

For each tested condition, determined by the rail pressure level and the injection command parameters ( $n$  ET values and  $n-1$  DT values) the injector, after a proper warm-up, is operated for 300 consecutive shots and the dynamic quantities (injector driving current, pump outlet pressure, injector pipe pressure and injection rate) are acquired at 100 kHz. The results in this activity are reported as the mean of 300 repetitions. The shot-to-shot dispersion is below the 1.5% of the mean value over the entire range of analysis.

The injector back-flow pressure is regulated by means of a relief valve at  $0.5 \pm 0.1$  bar

In multi-injection patterns, the injection rate meter is able to detect each injection event and evaluate the partial contribute to the total injected mass and the relative shot-to-shot dispersion. Further information about the UniPg Injector Analyzer are available in [19] and [20].

### Thermal Conditioning

The test bench featured a double-line thermal conditioning system (Figure 1), able to independently regulate the fuel temperature at the pump inlet and the injector body temperature. The fuel was conditioned in three different points with a heat exchanger inside the fuel tank, a second heat exchanger after the fuel filter, and a special tube containing the common rail in order to maintain the desired rail temperature. The measured injector is mounted on a special fixture that allowed the cooling fluid to wet the injector body. The pump inlet temperature for the fuel line and the injector surface temperature for the injector line were used as feedback for the close-loop thermal regulator, which operated two control valves delivering the cooling fluid (water/glycol 30% solution) from an industrial chiller (OMI CHG08) to maintain the set-point values. For warm conditions the chiller was excluded from the glycol circuit and electric heaters were activated to increase the fluid temperature. The thermal conditioning system ensured a regulation accuracy better than 1.5°C.

The injector back-flow temperature and the Injector Analyzer vessel temperature were also monitored during the test.

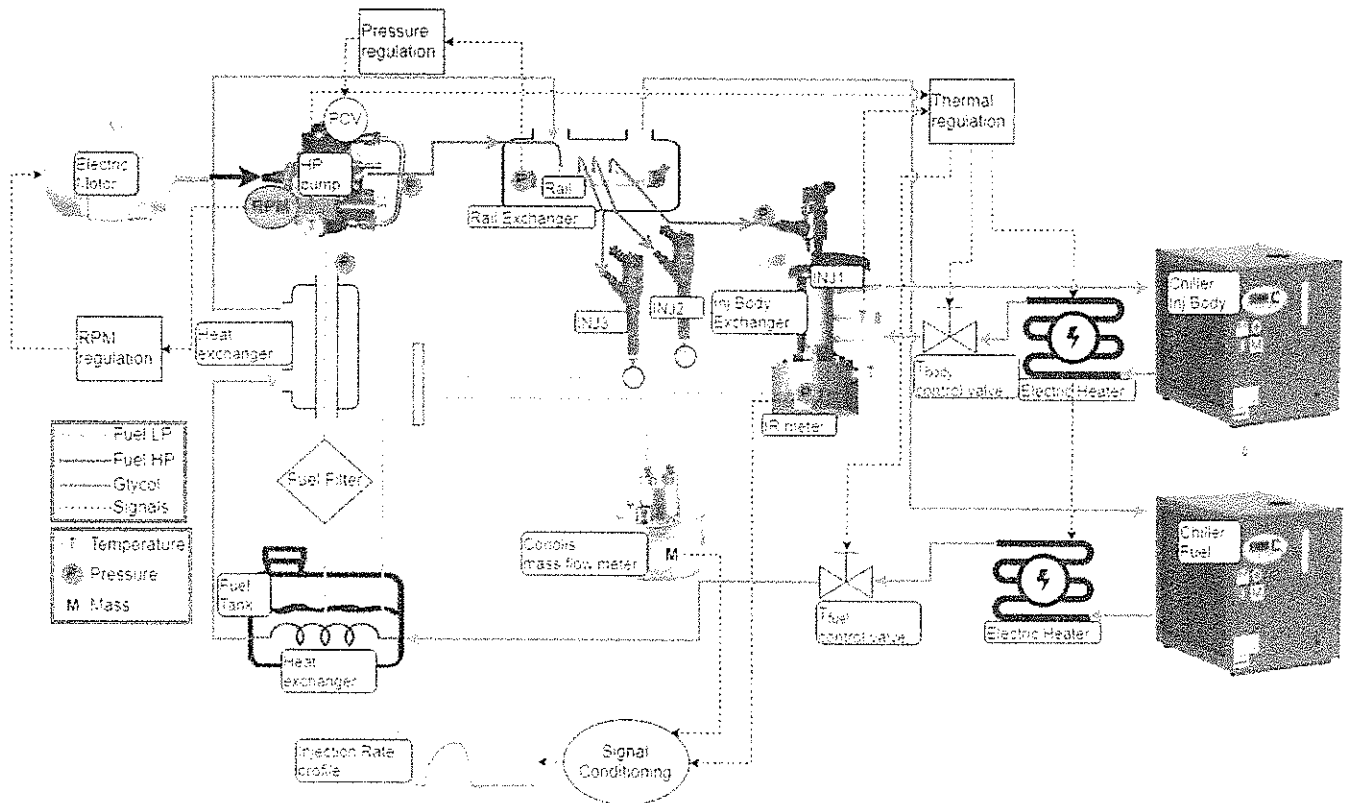


Figure 1 – Experimental setup illustration.

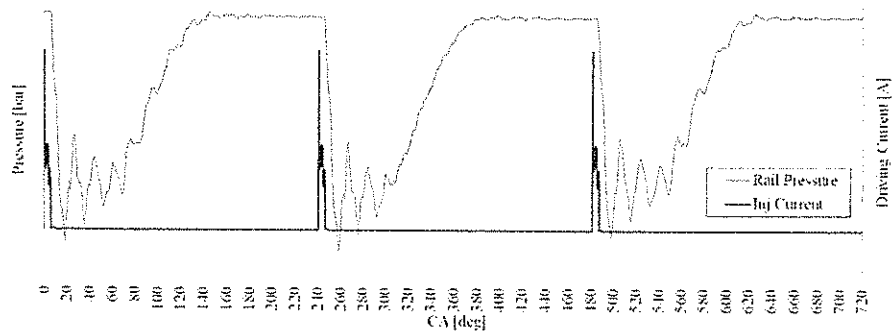


Figure 2 – Rail pressure time-history (red plot) during a complete engine cycle, and injector driving current profiles.

## Test Matrix

Different combinations of fuel and injector body temperature were tested in order to assess the impact of cold operating conditions on the injector hydraulic behavior. The condition with  $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$  was set as reference, being the injector temperature equal to the engine coolant and considering  $40^{\circ}\text{C}$  the standard fuel temperature for a warm engine. In order to assess the injector hydraulic behavior under cold conditions, three cold conditions were tested with fixed  $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$  and  $T_{body}$  from  $30^{\circ}\text{C}$  down to  $-10^{\circ}\text{C}$ . A wide range of pressure levels, from 400 up to 2000 bar, were analyzed. For each rail pressure condition the characteristic EMI curve was acquired covering the entire range of injected quantity. The injection rate profile was determined simultaneously with the injected quantity in each explored operating condition, obtaining a complete hydraulic characterization of the tested injectors.

A detailed campaign was also carried out for double injection strategies with small split injection, pilot-main and main-post injections: a sweep of dwell times (DT) with fixed  $ET_1$  and  $ET_2$  was measured for each multi-injection strategy. The test matrix details are reported in Table 1.

Table 1- Test matrix

SINGLE INJECTION					
Fuel and Injector Body Temperatures					
$P_{rail}$ [bar]	$T_{body}=90^{\circ}C$	$T_{body}=30^{\circ}C$	$T_{body}=10^{\circ}C$	$T_{body}=-10^{\circ}C$	
	$T_{fuel}=40^{\circ}C$	$T_{fuel}=0^{\circ}C$	$T_{fuel}=0^{\circ}C$	$T_{fuel}=0^{\circ}C$	
400	ET sweep	ET sweep	ET sweep	ET sweep	
800	ET sweep	ET sweep	ET sweep	ET sweep	
1200	ET sweep	ET sweep	ET sweep	ET sweep	
1600	ET sweep	ET sweep	ET sweep	ET sweep	
2000	ET sweep	ET sweep	ET sweep	ET sweep	
DOUBLE INJECTION					
800	Main-After DT sweep			Main-After DT sweep	
1600	Pilot-Main DT sweep			Pilot-Main DT sweep	
$P_{back}=50$ bar, $P_{back-flow}=0.5$ bar					

## Injectors

Two different, latest generation injector types were tested following the same test matrix (Table 1). Both the injectors featured a nozzle typical of passenger car engines in the power range from 55 to 65 kW/l.

The injectors differ for the pilot valve architecture, featuring the first one a pressure-balanced valve (PBV) and the second a three-way valve (TWV), designed in order to reduce the injector back-flow.

The PBV operates as a two-way, two position valve, like most of the common rail injectors pilot valves. Its main characteristic is the design of the solenoid armature that ensures the seal by means of an annular surface acting against the valve seat. This particular design reduces the opening pressure force compared to the standard ball-valve and permits higher injection pressures without compromising the static leakage. Being the pressure force less depending on the valve diameter, the latter can be enlarged and the stroke-end can be shortened maintaining the same flow section. This skill allows a significantly improved actuation dynamic response.

The TWV has the goal of almost nullifying the leakage. In fact, during the solenoid actuation, the high pressure side is isolated by a control plate closing the supply orifice. Moreover, the control piston was removed and the pilot stage is positioned close to the nozzle with control chamber directly acting on the nozzle needle.

## Results and Discussion

### Total Injected Mass

For each thermal condition the total injected mass as function of the energizing time (ET) was measured through the Coriolis mass flow meter described in section 0 and reported in Figure 3 and Figure 4 for the PBV and TWV respectively. Five rail pressure levels are reported in order to investigate the thermal response at different rail pressures. A zoom in the small injections, ballistic is added to each graph of Figure 3 and Figure 4 to better appreciate the injector behavior for short command durations when the needle dynamics is dominant.

The PBV injector (Figure 3) shows an evident reduction of the injected mass under cold conditions. This trend maintains constant both along the whole EMI curve down to the smallest injections, as evidenced in the zoom windows, and at different rail pressure levels. Despite the general trend does not change, the rail pressure increase seems to magnify the effect of the thermal conditions with bigger injected mass reduction at higher rail pressure.

On the other hand, the TWV injector evidences a more complex combined effect of temperature and injection pressure. As depicted in Figure 4, at 400 bar of rail pressure, the mean injected mass is reduced under cold conditions, showing the same trend of the PBV injector but with minor magnitude for both small injections and fully developed injections. At  $P_{rail}=800$  bar the thermal effect seems to be negligible, with the delivered mass variation in the range of  $\pm 1$  mg/shot along the whole EMI curve. A similar behavior was found for  $P_{rail}=1200$  bar but a slight increase of the injected mass for the coldest case ( $T_{fuel}=0^{\circ}C$ ,  $T_{body}=-10^{\circ}C$ ) begins to be evident; the other thermal conditions at 1200 bar appear to be not significantly affected by fuel and body temperature level. The mass reducing trend, appreciated with the PBV injector and the TWV injector at  $P_{rail}=400$  bar, is reversed for the TWV at  $P_{rail}=1600$  bar, with the warmest condition ( $T_{fuel}=90^{\circ}C$ ,  $T_{body}=40^{\circ}C$ ) characterized by the lowest injected mass. The intermediate conditions are quite similar to the reference but the coldest one is significantly higher. It is interesting to note that this effect is caused only by the injector body temperature reduction, being the fuel temperature the same for the intermediate and the coldest conditions. At the maximum rail pressure,  $P_{rail}=2000$  bar, the same but amplified trend was evidenced, with a clear increase of the injected mass when the injector body temperature decreases.

Looking at the small injection events, a clear trend can be determined only for  $P_{rail}=400$  bar, while for the other pressure levels the injected mass variations caused by the temperature were negligible, being into the range of the shot-to-shot dispersion.



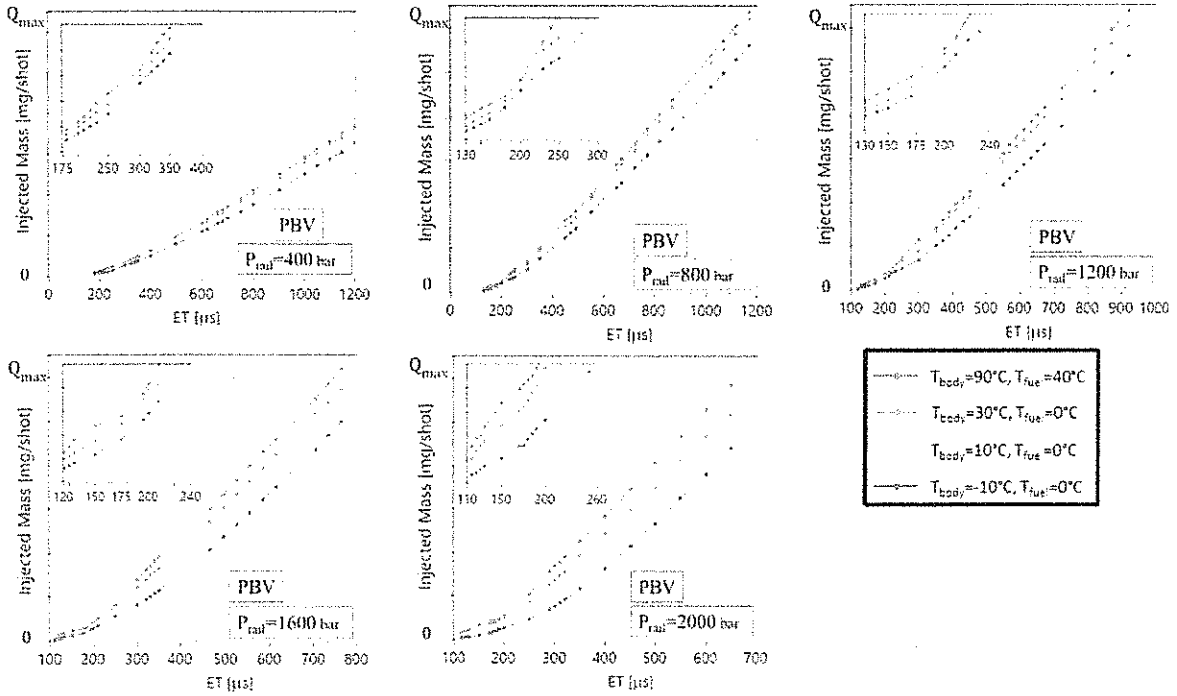


Figure 3 – PBV injector injected mass vs. ET at different thermal conditions for  $P_{rail} = 400, 800, 1200, 1600, 2000$  bar. Zoom windows for small injections.

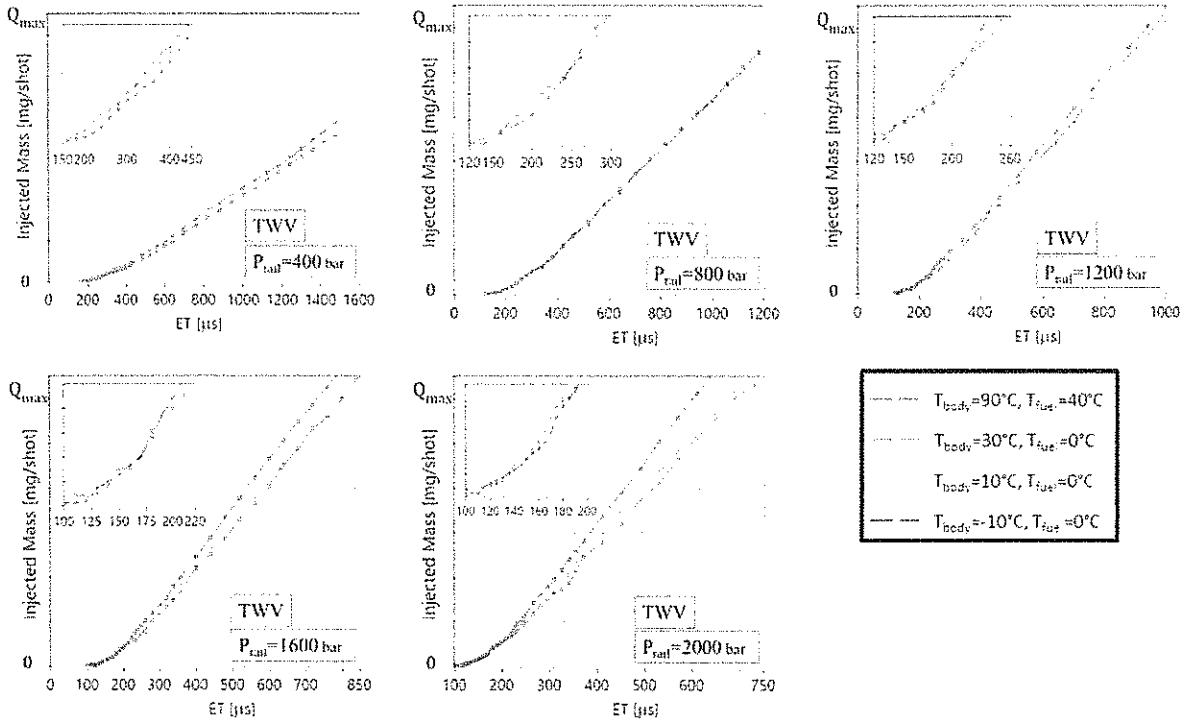


Figure 4 – TWV injector injected mass vs. ET at different thermal conditions for  $P_{rail} = 400, 800, 1200, 1600, 2000$  bar. Zoom windows for small injections.

The dependence of the temperature effect on the injection pressure is synthesized in Figure 5 by reporting the percentage variation of the fuel injected mass of the coldest condition ( $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=-10^{\circ}\text{C}$ ) compared to the reference condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ) if the reference condition ET is applied (3).

$$Inj\ Mass\ Variation\% = \frac{m_{inj\ -10/0} - m_{inj\ 90/40}}{m_{inj\ 90/40}} \times 100 \quad (3)$$

The results for both the PBV (dashed plots) and the TWV injector (solid plots) are reported and compared. This analysis is focused on injected mass higher than 10 mg/shot, because for smaller values the trends are not clear, especially for the TWV injector.

Looking at Figure 5 it is evident that the cold temperature effect is influenced in opposite ways by the rail pressure level. At  $P_{rail}=400$  bar both the injector models featured an injected mass reduction (percentage variations negative values) resulting the PBV injector more affected. Raising the rail pressure the TWV injector (solid plots) moved from a delivered mass reduction to a delivered mass progressive increase (positive values of the injected mass percentage variation) passing for a negligible mass variation ( $P_{rail}=800$  bar). On the other hand, the PBV injector evidenced an injected mass reduction for all the tested rail pressure levels, with the amplitude of the reduction being increased with the injection pressure.

The PBV injector showed to be more affected by low temperature, being the percentage mass variations bigger in magnitude compared to the TWV injector. The percentage variation was quite constant with respect of the injected mass for a given rail pressure level for the TWV injector. Conversely, for the PBV type the injected mass variation decreased with injected mass value, with the percentage mass reduction lowering for low rail pressure levels.

As during the entire test campaign the test fluid was unchanged and thus the fuel properties at the analyzed thermal conditions, such a different hydraulic behavior and the different influence of the injection pressure has to be a consequence of the different injector internal layout, and of the diverse way this layout interacts with the thermally altered fuel properties.

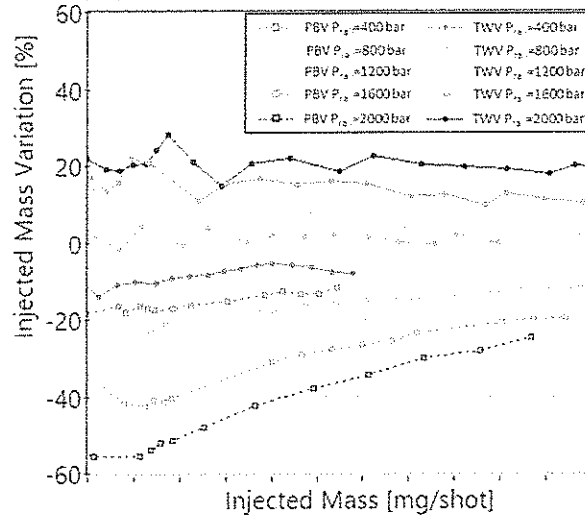


Figure 5 – Injected mass percentage variation as function of the injected mass for PBV (dashed line) and TWV (solid line) at different rail pressures.

### Injection Rate Analysis

In order to better understand the influence of the thermal conditions on the hydraulic injector behavior, a detailed analysis of the IR curve allows detecting when, during the instantaneous mass flow rate time-profile, major effects were evidenced. In Figure 6 and Figure 7 the IR curves at the analyzed thermal conditions are depicted for five rail pressure levels and three ET durations, representative of small, medium, and large injections.

The instantaneous mass flow rate curve can be divided in three main stages: the opening transient, when the needle is raising and the flow is controlled by the needle lift; the static flow state, when steady conditions are attained and the nozzle controls the flow; and the closing transient, when the needle is falling back to its seat, being again the needle lift controlling the flow. For short electric pulses the steady flow conditions are never attained and the IR profile is totally determined by the needle dynamics. The influence of the temperature was investigated for each phase of the injection event; the detailed analysis is reported in the next sub-sections.

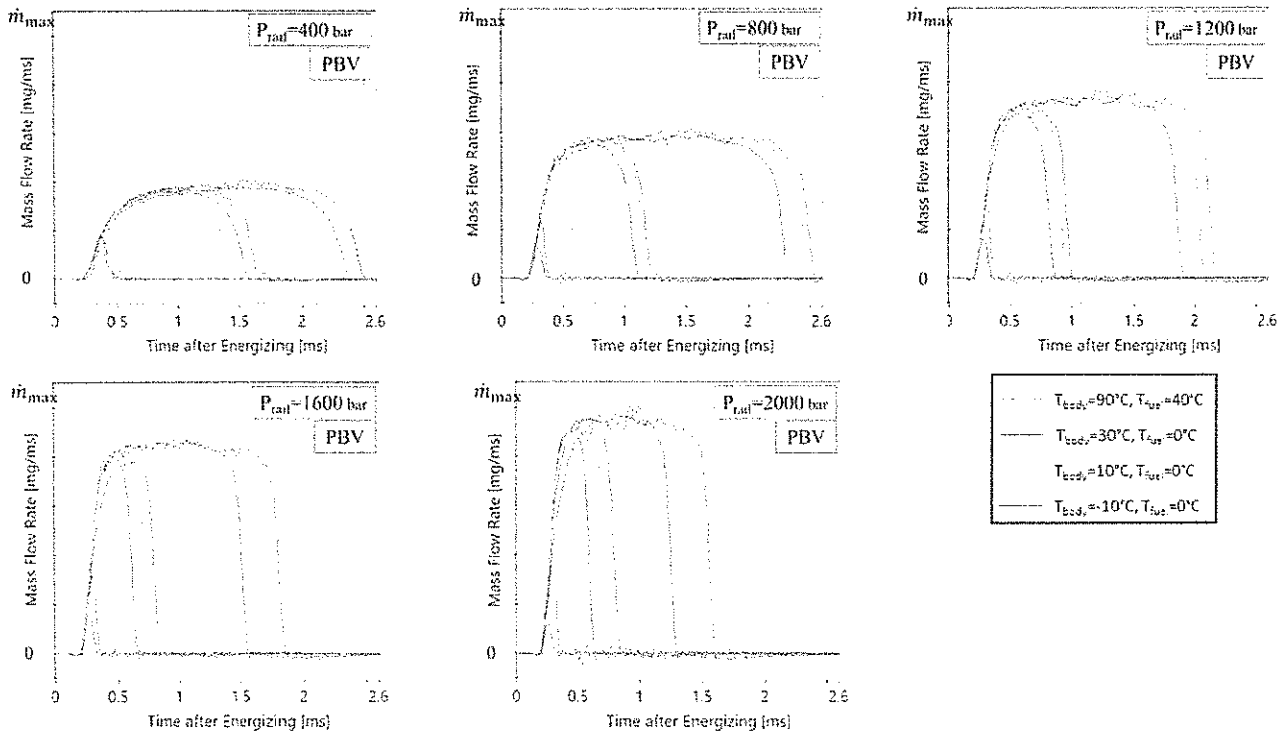


Figure 6 – PBV injector IR profiles for small, medium, and big injections. Temperature comparison for different rail pressures.

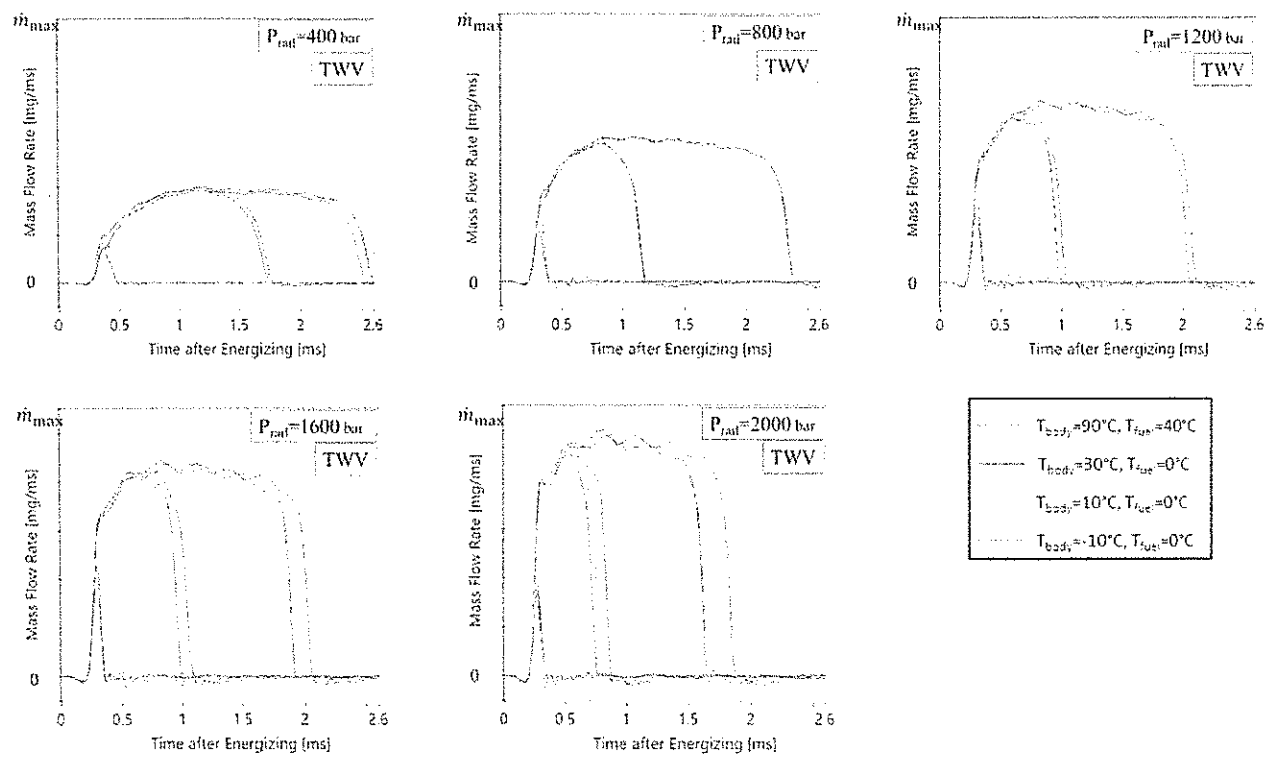


Figure 7 – TWV injector IR profiles for small, medium, and big injections. Temperature comparison for different rail pressures.

## Opening Transient

The thermal influence on the opening stage of the injection was evaluated by calculating the injection opening delay as the time gap between the ET start and the interception of the IR curve tangent, during the opening transient, with the null value of the time axis. The results are reported in Figure 8 for both the injector models as function of the injector body temperature. For the sake of clarity, between the reference condition and the others also the fuel temperature changes, being  $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$  for the three conditions with  $T_{body}=30, 10, -10^{\circ}\text{C}$ . Therefore, moving from  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$  to  $T_{body}=30^{\circ}\text{C}$  the combined effect of fuel and injector body temperature has to be considered, while moving from  $T_{body}=30^{\circ}\text{C}$  to  $T_{body}=-10^{\circ}\text{C}$ , only the injector body temperature changes. However, it is difficult to separate this effect because also the injector body temperature causes a thermal conditioning of the fuel flowing through the injector internal pipes.

The opening delay was found to be significantly affected by the thermal conditions only for the lowest rail pressure ( $P_{rail}=400$  bar) where a slight (about 0.04 ms in the worst case) opening delay increase is appreciable. This behavior, evidenced for both the injector models could be caused by the fuel viscosity, increasing at low temperature, which delays the injector needle opening due to the viscous friction exerted by the fuel. At low injection pressure the friction force has a bigger influence than at higher pressure levels, where the injection delay is quite constant with respect of the injector body temperature.

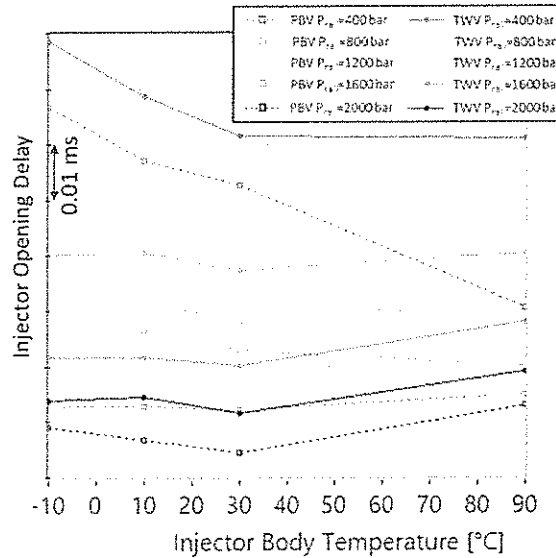


Figure 8 – Injector open delay vs. injector body temperature for PBV (dashed line) and TWV (solid line) at different rail pressures.

## Static Mass Flow Rate

The static mass flow rate was evaluated on a sufficiently long injection duration by cutting the opening and closing transient and averaging the steady phase (between 90% and 100% of the maximum IR value). For each pressure level the results were normalized respect of the calculated value at the reference thermal condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ) and reported as percentage variation in Figure 9 as function of the injector body temperature.

For both the analyzed injectors the static mass flow rate variation caused by the thermal conditions is in the range of  $\pm 2\%$  at all the rail pressure levels, except the lowest rail pressure. At  $P_{rail}=400$  bar (blue plots in Figure 9). The static mass flow rate progressively decreases with the injector body temperature, down to a maximum variation of -5%.

The static mass flow rate is a complex phenomenon driven by several parameters and it is affected in different ways by the thermal conditions. More detailed analysis should be carried out to deeply insight this phenomenon but a possible explanation of the experimental evidences is presented, as already reported in [17].

At constant injection pressure, the mass flow rate is determined by the fuel density and viscosity, besides the orifice geometry. The fuel density  $\rho$  directly affects the mass flow rate (4), while the fuel kinematic viscosity  $\nu$  affects the Reynolds number expression (5) that in turns influences the discharge coefficient  $C_d$

$$\dot{m} = C_d \rho A_0 v_0 = C_d A_0 \sqrt{2\rho\Delta P} \quad (4)$$

$$Re = \frac{v_0 D_0}{\nu} \quad (5)$$

A temperature reduction causes an increase of fuel density and viscosity. This two driving properties act in opposite ways on the fuel discharge process; the increased density leads to a higher mass flow rate, while the increased viscosity causes a reduction of the discharge coefficient. The balancing of these two effects, determining the trend of the mass flow rate as function of the fuel temperature, depends on the examined injection pressure level. Having the discharge coefficient an increasing, asymptotic trend with respect of the Reynolds number, at low injection pressure, i.e. at low Reynolds number, the discharge coefficient is more sensitive to variations of viscosity (and thus of  $Re$ ). This effect overcomes the increase of density leading to the mass flow rate reduction. At higher injection pressure the same viscosity variation determines a smaller decrease of the discharge coefficient, being the flow in a more turbulent region (closer to the asymptotic value), so the viscosity effect quite equates the density effect, with small variations of the static mass flow rate ( $\pm 2\%$ ) but with an undetermined trend.

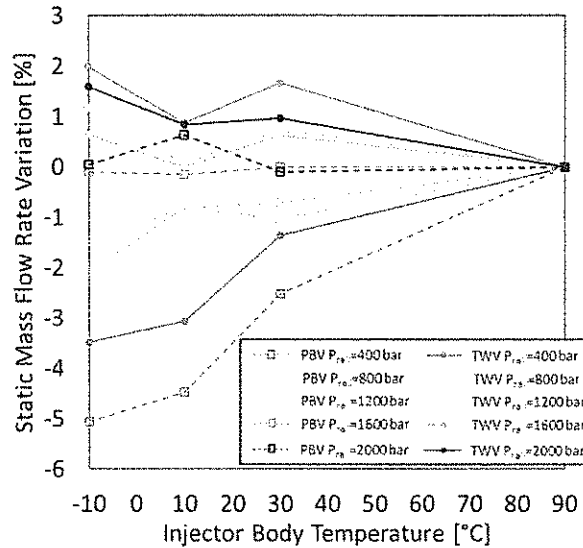


Figure 9 – Static mass flow rate value vs. injector body temperature for PBV (dashed line) and TWV (solid line) at different rail pressures. Closing Transient

Analyzing Figure 6 and Figure 7, it is evident that the stronger influence exerted by the thermal conditions is on the injection closing transient. This variation of the injection hydraulic duration due to the temperature is the main responsible of the injected mass reduction discussed in section 0. For each tested condition the injection closure time was evaluated by intersecting the tangent of the IR closing ramp with the time axis. In Figure 10 the variation of the closing time respect of the reference condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ) is reported as function of the injector body temperature. The results are reported for one pulse width ( $ET=0.6$  ms) but this phenomenon is present over the whole injector operating range. Positive values of the closing time variation mean an injection duration lengthening, while negative values mean an injection shortening.

The results showed a clear distinction between the two analyzed injector models. The PBV injector (dashed plots in Figure 10) experienced an injection shortening under cold conditions for all the examined rail pressure levels. On the other hand, the TWV injector was subject to a slight injection shortening at low rail pressure ( $P_{rail}=400$  bar), an undefined trend with negligible variations at medium rail pressures ( $P_{rail}=800$  bar and  $1200$  bar), and an increase of the injection duration at high injection pressures ( $P_{rail}=1600$  bar and  $2000$  bar). The amplitude of the injection duration variation is enhanced for low temperatures and high injection pressure levels, and it is bigger for the PBV injector, suggesting a stronger dependence from the thermal effects.

The advanced injection closure evidenced for the PBV injector can be an effect of the viscous friction on the needle and the control piston. In fact, being the injector ballistic, the needle has not a mechanical stop and its maximum lift depends on the resulting force acting on the needle. As direct consequence, an increased fuel viscosity, caused by the low temperature, determines higher friction and shorter needle lift. In the closing phase the needle has to fall down against its seat starting from a shorter distance, advancing the hydraulic closure. The injection closure advancing is amplified by the rail pressure level because a higher maximum needle lift is reached as a consequence of a bigger pressure force acting on the needle. In addition, the fuel viscosity increases with the fuel pressure, furtherly magnifying this effect.

The injection length reduction was more important at the lowest temperature, in fact the viscosity presents an exponential trend with the fuel temperature.

The behavior of the TWV injector is more difficult to explain and only some hypotheses can be drawn. The TWV injector does not feature the control piston, being the control chamber directly acting on the nozzle needle. This particular layout could lead to a minor dependence from the viscous friction because much less surface is wet by the fuel. However this explanation does not justify the inversion of the thermal effect determining the injection end delay. A possible cause could be found in the TWV OZ orifice that drives the pressurization of the control chamber when the pilot valve closes. A particularly marked reduction of the discharge coefficient of the OZ orifice under cold conditions could cause a slower pressurization of the control chamber with the consequence of a delayed injection end. Furthermore, the particular position of the pilot stage, closer to the nozzle than the standard pilot valves, could amplify the effect of low injector body temperatures.

More detailed analysis and the precise injector internal geometry should be carried out in order to better clarify these open questions.

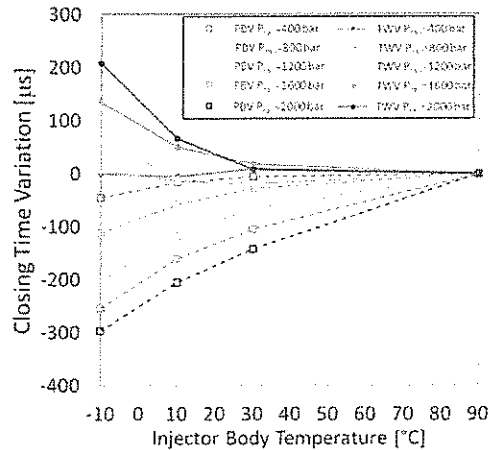


Figure 10 – Injection closing time variation respect of the reference condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ) as function of the injector body temperature for PBV (dashed line) and TWV (solid line) at different rail pressures.

### Multiple Injections

The hydraulic thermal behavior was also investigated when the injector was operated with multi-injection strategies. In such conditions, the dynamic response is crucial, in particular for small injections and short dwell times (DT).

A pilot-main (P-M) strategy with two equal small events at  $P_{rail}=1600$  bar and a main-after (M-A) strategy at  $P_{rail}=800$  bar are reported for both the analyzed injectors in Figure 11 and Figure 12 respectively. The mean injected mass (pilot and main events) along with the IR profile at different DT values is depicted, comparing the reference thermal condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ , red plots) with the coldest condition ( $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=-10^{\circ}\text{C}$ , blue plots).

The first injection event, as expected, is quite constant with the DT for all the tested conditions.

The thermal effect on the first injection is in line with the behavior observed for the single injections. The PBV injector is strongly affected by the temperature, being the first injection (first row in Figure 11) more than halved in P-M strategy and 20% reduced in M-A strategy. The increased fuel viscosity under cold conditions determined shorter needle lift and thus lower mass flow rate peak values. At partial needle lifts the flow regime moves towards the laminar region where the discharge coefficient is more sensitive to viscosity variations. Therefore, the mass flow rate reduction due to low temperature was furtherly amplified in case of small injections.

For the TWV injector (second row in Figure 11 and Figure 12) the first injection was not significantly affected by the temperature. As discussed in section 0, the TWV needle lift seems to be less sensitive to temperature, probably thanks to the absence of the control piston.

In order to analyze the second injection event, an additional phenomenon has to be considered along with the thermal effect. The second injection is in fact affected by pressure oscillations triggered by the first actuation. The phase between the reflected wave and the injection actuation causes the second injection to be amplified or reduced depending on the applied DT. Typical oscillations of the second injection instantaneous flow rate can be appreciated in the first columns of Figure 11 and Figure 12. Detailed analyzes of the pressure-wave effect on multiple injections are reported in [21] and [22].

The TWV injector seems to be more affected by the pressure-wave effect than the PBV injector. In fact both in P-M and M-A strategies the injected mass oscillation amplitude is significantly higher.

Under cold conditions the injected mass oscillation seems to be attenuated, probably because the cold, more viscous fuel exerts a dampening effect on the pressure waves, reducing their effect on the injection event. Also the speed of sound is affected by the temperature, modifying frequency and phase of the pressure waves.

The injector hydraulic behavior under cold conditions was in line with what observed for single injections. Nevertheless, the additional contribute of the pressure-wave phenomenon, being in turn influenced by the temperature, makes complex to separate the effects. Deeper analyzes are needed in order to better understand the complex effect of the temperature on multiple injections.

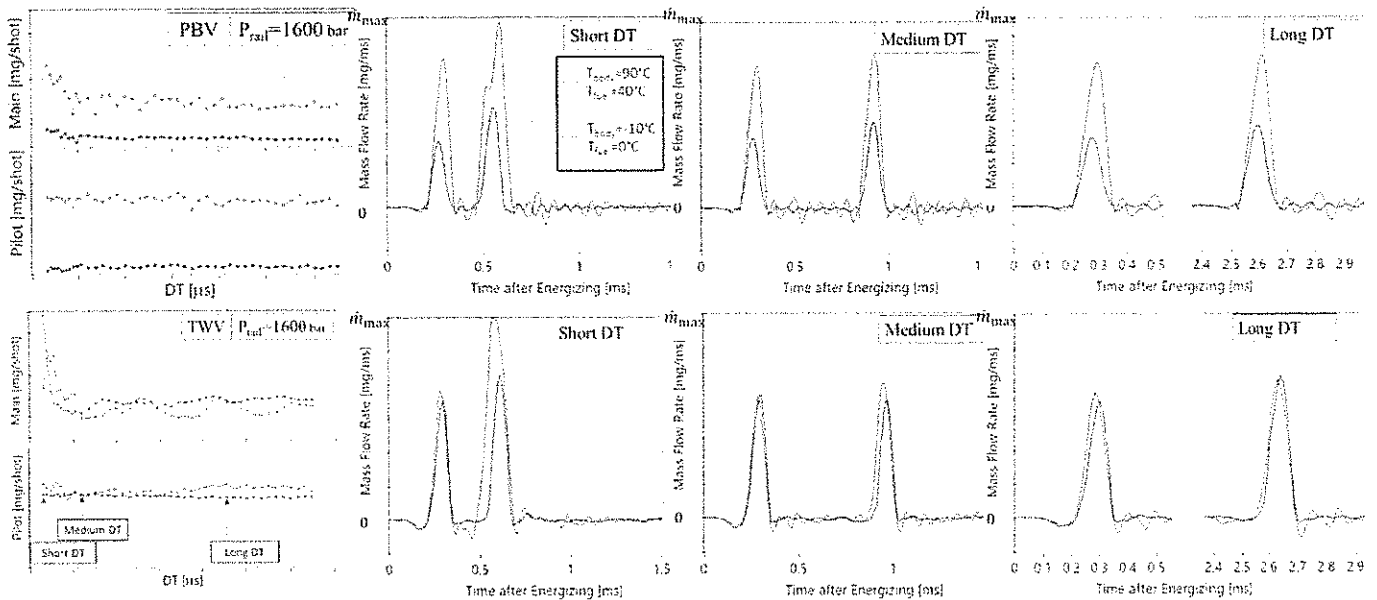


Figure 11 – Pilot-main injection strategy. Injected mass (left) and IR profiles at different DT for PBV (top) and TWV (bottom) injector.

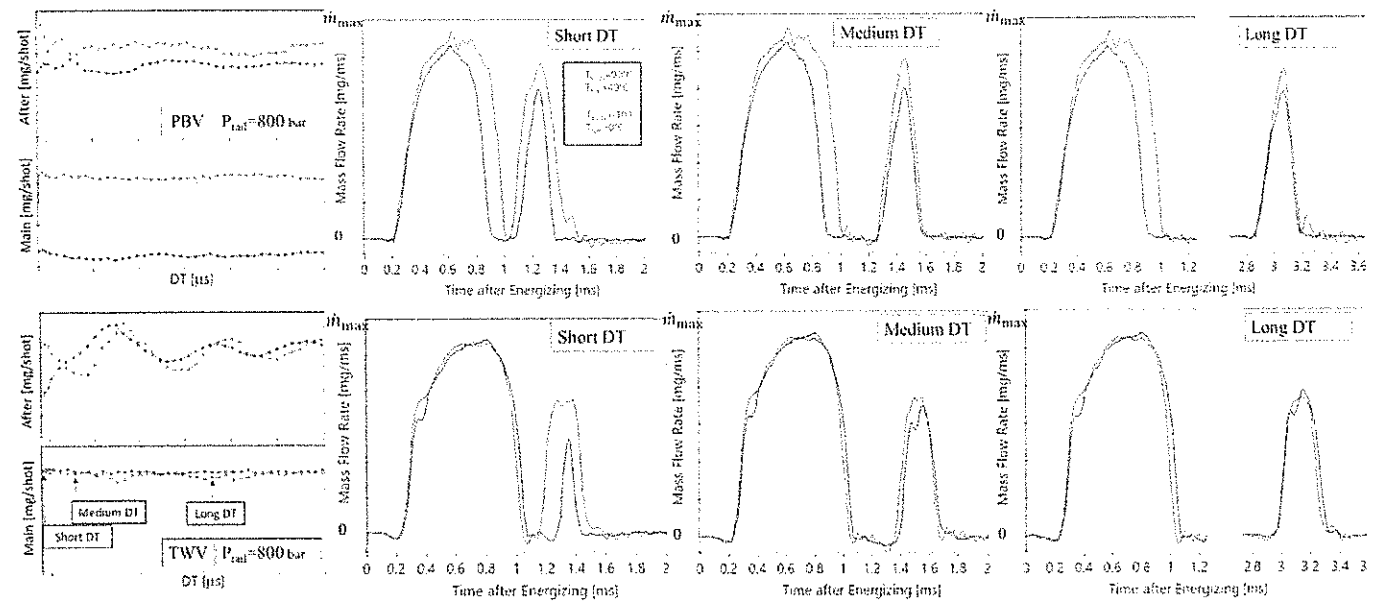


Figure 12 – Main-after injection strategy. Injected mass (left) and IR profiles at different DT for PBV (top) and TWV (bottom) injector.

## Conclusions

The low temperature effect on the injector hydraulic behavior was assessed by measuring the mean injected mass and the IR time-profile under cold conditions ( $T_{fuel}=0^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=30, 10, -10^{\circ}\text{C}$ ) and comparing the results with the reference warm condition ( $T_{fuel}=40^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{body}=90^{\circ}\text{C}$ ). The experiments were carried out on a test bench reproducing a complete Diesel common rail FIS, featuring a proprietary instantaneous mass flow meter based on the Zeuch method, and able to independently regulate the fuel temperature at the fuel pump inlet and the injector body temperature. The thermal effect on two different injector models, differing for the pilot stage architecture (Pressure Balanced Valve – PBV- and Three-Way Valve TWV), was evaluated and the following conclusions can be drawn.

- In terms of mean injected mass, the two analyzed injectors showed a completely different behavior.
- The PBV injector evidenced an injected mass reduction under cold conditions. This effect is strongly amplified with the rail pressure increase.
- On the other hand, the TWV injector showed a slight delivered mass decrease at  $P_{rail}=400$  bar, an almost negligible effect at  $P_{rail}=800$  bar and a progressive increase of the delivered mass at  $P_{rail}=1200, 1600$  and  $2000$  bar.
- The amplitude of the thermal effect is higher for the PBV injector, with a mass reduction up to more than 50% at  $P_{rail}=2000$  bar for moderate injected volumes, being the corresponding mass increase for the TWV injector less than 20%.

- The injection rate time-profile were analyzed in order to detect the specific phases during the injection process that are more affected by the thermal conditions.
- The opening transient was found to be influenced by low temperature only at low injection pressure, where the viscous friction exerted by the fuel on the needle rise is relevant if compared to the pressure force.
- The thermal effect on the static mass flow rate level is determined by the opposite contributions from the increased fuel density, leading to higher mass flow rate, and the increased fuel viscosity, causing a discharge coefficient reduction. At low injection pressure the viscosity effect overcomes the density effect. At high injection pressure the discharge coefficient is less affected by the fuel viscosity and the static mass flow rate is quite constant.
- The injection closure is the most low temperature-affected phase during the injection process; this phenomenon is main responsible of the injected mass variations.
- The PBV injector evidenced an advanced end of injection as effect of shorter needle maximum displacement due to the increased viscous frictions. In fact, the PBV needle is not equipped with any mechanical stop and its lift is determined only by the balance of the pressure and friction forces.
- The behavior of the TWV injector is more complex; the closing time is advanced at low injection pressure and then progressively delayed with the rail pressure rise but the effect is not as strong as for the PBV injector.
- The particular layout of the TWV pilot stage, with the absence of the control piston and the pilot valve positioned close to the nozzle, could make this injector model less influenced by the fuel viscous friction on the needle lift and some effect on the discharge coefficient of the control chamber orifices could be involved. Nevertheless, deeper analysis are requested in order to better understand these phenomena.
- The effect of cold conditions in multi-injection strategies were explored analyzing two typical injection patterns. *i.e.* pilot-main and main-after, in warm and cold conditions.
- The results related to the first injection event confirms the evidences found for the single injections.
- The second injection event is affected by the pressure-wave generated by the first actuation and traveling along the hydraulic circuit.
- The fuel temperature modifies the fuel properties such as viscosity and speed of sound, influencing the pressure-wave effect on the injected mass.

A further research effort is needed in order to fully explain the phenomenon behind the evidenced thermal effects. In this frame, the aid of numerical model, coupled with an accurate evaluation of the injector internal geometry, should definitely clarify the open topics.

## References

- [1] Mohan, B., Yang, W., & Kiang Chou, S. (2013). Fuel injection strategies for performance improvement and emissions reduction in compression ignition engines—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 664-676.
- [2] Roberts, A., Brooks, R., & Shipway, P. (2014). Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions. *Energy Conversion and Management*, 82, 327-350.
- [3] Weilenmann, M., Soltic, P., Saxer, C., Forss, A. M., & Heeb, N. (2005). Regulated and nonregulated diesel and gasoline cold start emissions at different temperatures. *Atmospheric environment*, 39(13), 2433-2441.
- [4] Mathis, U., Mohr, M., & Forss, A. M. (2005). Comprehensive particle characterization of modern gasoline and diesel passenger cars at low ambient temperatures. *Atmospheric Environment*, 39(1), 107-117.
- [5] Weilenmann, M., Favez, J. Y., & Alvarez, R. (2009). Cold-start emissions of modern passenger cars at different low ambient temperatures and their evolution over vehicle legislation categories. *Atmospheric environment*, 43(15), 2419-2429.
- [6] Bielaczyc, P., Szczotka, A., & Woodburn, J. (2011). The effect of a low ambient temperature on the cold-start emissions and fuel consumption of passenger cars. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225(9), 1253-1264.
- [7] Dardiotis, C., Martini, G., Marotta, A., & Manfredi, U. (2013). Low-temperature cold-start gaseous emissions of late technology passenger cars. *Applied energy*, 111, 468-478.
- [8] Varella, R. A., Duarte, G., Baptista, P., Villafuerte, P. M., & Sousa, L. (2017). Analysis of the Influence of Outdoor Temperature in Vehicle Cold-Start Operation Following EU Real Driving Emission Test Procedure. *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, 10(2017-24-0140).
- [9] Dernothe, J., Hespel, C., Foucher, F., Houille, S., & Mounaïn-Rousselle, C. (2012). Influence of physical fuel properties on the injection rate in a Diesel injector. *Fuel*, 96, 153-160.
- [10] Seykens, X. L. J., Somers, L. M. T., & Baert, R. S. G. (2004). Modelling of common rail fuel injection system and influence of fluid properties on injection process. *Proceedings of VAFSEP*, 6-9.
- [11] Desantes, J. M., Payri, R., Garcia, A., & Manin, J. (2009). Experimental study of biodiesel blends' effects on diesel injection processes. *Energy & Fuels*, 23(6), 3227-3235.
- [12] Kazancev, K., Makareviciene, V., Paulauskas, V., & Janulis, P. (2006). Cold flow properties of fuel mixtures containing biodiesel derived from animal fatty waste. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(9), 753-758.
- [13] Tinprabath, P., Hespel, C., Chanchaona, S., & Foucher, F. (2014, September). Influence of biodiesel and diesel fuel blends on the injection rate and spray injection under cold conditions. In *ILASS-Europe 2014, 26th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray System*.
- [14] Payri, R., Salvador, F. J., Gimeno, J., & Bracho, G. (2008). Effect of fuel properties on diesel spray development in extreme cold conditions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 222(9), 1743-1753.
- [15] Vergnes, C., Foucher, F., & Mounaïn-Rousselle, C. (2009). Discharge coefficients for a diesel injector during cold starting conditions. *Atomization and sprays*, 19(7).
- [16] Wang, Z., Ding, H., Wyszynski, M. L., Tian, J., & Xu, H. (2015). Experimental study on diesel fuel injection characteristics under cold start conditions with single and split injection strategies. *Fuel Processing Technology*, 131, 213-222.
- [17] Salvador, F. J., Gimeno, J., Carreres, M., & Crialesi-Esposito, M. (2016). Fuel temperature influence on the performance of a last generation common-rail diesel ballistic injector. Part I: Experimental mass flow rate measurements and discussion. *Energy Conversion and Management*, 114, 364-375.



- [18] Zeuch, W., "Neue Verfahren zur Messung des Einspritzgesetzes und der Einspritzregelmassigkeit von Diesel Einspritzpumpen," MTZ 344–349, 1961.
- [19] Postrioti, L., Buitoni, G., Pesce, F.C. and Ciaravino, C., "Zeuch method-based injection rate analysis of a common-rail system operated with advanced injection strategies," *Fuel* 128:188–198, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2014.03.006>.
- [20] Piano, A., Boccardo, G., Millo, F., Cavicchi, A., Postrioti, L., & Pesce, F. C. (2017). Experimental and Numerical Assessment of Multi-Event Injection Strategies in a Solenoid Common-Rail Injector. *SAE International Journal of Engines*, 10(2017-24-0012), 2129-2140.
- [21] Catania, A. E., Ferrari, A., Manno, M., & Spessa, E. (2008). Experimental investigation of dynamics effects on multiple-injection common rail system performance. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 130(3), 032806.
- [22] Postrioti, L., Cavicchi, A., Paolino, D., Guido, C., Parotto, M., & Di Gioia, R. (2016). An experimental and numerical analysis of pressure pulsation effects of a Gasoline Direct Injection system. *Fuel*, 173, 8-28.

# Experimental and Numerical Analysis of Spray Evolution, Hydraulics and Atomization for a 60 MPa Injection Pressure GDI System

## Introduction

The current automotive scenario is dominated by the progressive powertrain hybridization, following the effort of increasing transportation systems efficiency, by the adoption of technologies featuring both high fuel conversion efficiency and moderate emissions levels. In this frame, gasoline direct injection technology is considered the most attractive configuration, enabling stratified and overall lean combustion for a large range of SI engine operating conditions [1]. Nevertheless, in order to properly implement a stratified combustion strategy, a sophisticated management of the fuel injection process is required, in terms of fuel metering accuracy and injection rate shape, spray evolution and spray atomization level. In fact, GDI technology can be affected by severe pollutant emission levels that are largely related to the spray characteristics. In particular, particulate matter formation is an issue, with different complex mechanisms taking place in different engine speed/torque operating conditions. As a trend, the injection pressure increase could assist improving the fuel atomization level and promoting evaporation and mixture formation. Anyway, the pressure increase drawback is often an excessive spray tip penetration leading to liquid film formation. In order to simultaneously control spray drop sizing and penetration, multiple injection strategy are implemented, introducing additional complexities related to the accurate metering and injection rate shape control capability with ballistic injector operation.

In this frame, a complete characterization of the injection system behavior – including both hydraulics and spray development -, is of paramount importance in order to understand and control the mixture formation and combustion processes. A combined use of experimental and numerical approaches is beneficial to efficiently investigate the mixture formation process in a wide range of engine speed/load operating conditions.

Mitroglou *et al.* [2] carried out a PDA test campaign to characterize the spray generated by different multi-holes GDI injectors in order to understand the effect of the fuel pressure increase up to 12 MPa, along with the influence of jet-to-jet interaction, due to the particular holes pattern. Zeng *et al.* [3] analyzed the influence of several parameters, such as fuel properties and temperature, injection and ambient pressure, on spray characteristics, deriving correlations to estimate spray penetration and cone angle. In a previous work [4] the internal structure of a spray generated by a three-hole research GDI injector operated up to 15 MPa was investigated. The analysis evidenced the injection pressure level effect on the spray evolution in terms of global shape, momentum flux local distribution and drop sizing/velocity. Hoffmann *et al.* [5] analyzed the performances of a SI engine, equipped with a multi-hole fuel injection system, operated at pressures in the range 5–40 MPa. In particular, the effect of fuel pressure increase on the combustion process and on gaseous and soot emissions was studied. It was found that a reduction of pollutants emissions, along with an improvement of fuel economy, were achievable through the injection pressure increase. Husted *et al.* [6] carried out a study to evaluate the effect of the injection pressure increase on fuel economy. In particular, they developed a numerical model to predict the effect on pumping system power consumption, when injection pressure is raised from 15–20 MPa up to 40 MPa. They evidenced that the pump power increase may be partially recovered by the increase of the combustion efficiency, thanks to the higher injection pressure. Wang *et al.* [7] analyzed the influence of injection system characteristics and fuel properties on PM emissions, comparing soot global mass and particle number. It was found that the injection system features have a strong influence on particle mass and number and that the fuel pressure increase represents an effective way to reduce soot emissions. Lee *et al.* [8] experimentally analyzed the evolution of a spray produced by a GDI injector operated up to 30 MPa. The analysis was based on both imaging and PDA and evidenced the existence of a branch-like structures interacting with the surrounding air. They also evidenced how the injection pressure level has a significant effect on the spray atomization level up to 20 MPa, being the increasing pressure effect negligible beyond that limit. Li *et al.* [9] investigated the characteristics of the spray generated by a 5-hole GDI injector by mean of Phase Doppler Anemometry (PDA) and High Speed Video (HSV) imaging techniques. In particular, the influence of ambient pressure on spray trajectory and on droplets sizing was analyzed, with ambient pressures in the range 0.05–0.5 MPa. The injection pressure where limited to the range between 6 and 15 MPa. Moon *et al.* [10] carried out an experimental investigation by advanced imaging techniques on turbulent sprays dynamics in GDI systems; the focus was on the close proximity of the injector nozzle, so to understand the effect of different parameters (among which, injection pressure) on spray atomization and droplets velocity distribution.

Also numerical tools were developed in the past years to study and model spray-related complex phenomena, such as inner-nozzle turbulent flows [11], primary break-up [12], effect of flash boiling on breakup and atomization [13], droplet deformation [14], hollow cone spray atomization from pressure-swirl atomizers [15] and fuel stratification [16]. On the fluid side, the simplified single-component modeling needed to be improved with discrete multi-component models when the operating fluid is not a pure substance [17, 18], *e.g.* with gasoline or Diesel sprays. In [19] Giovannoni *et al.* showed that a multi-component fuel formulation was mandatory in order to simulate the fuel film deposit formation on the bowl-shaped piston, which was found in agreement with the in-cylinder visualizations showing an extended area of diffusive flames.

As confirmed by recent literature, an increasing interest is addressed to the analysis of GDI systems operated at very high injection pressures, basically as a possible approach to the PM formation mitigation. Therefore, in this activity the influence of fuel pressure on injection rate and spray development is analyzed using a prototype GDI injector operated at pressure levels ranging between 5 and 60 MPa. In particular, a dedicated test campaign was carried out to analyze the injection rate profiles and their modification with injection pressure. The spray global shape evolution was investigated by means of HSV imaging, while a PDA apparatus was used to investigate the spray sizing and velocity in several measuring positions at different distances downstream the nozzle. The injector Energizing Time (ET) was set to 1.5 ms for the spray analysis. Experimental data were then used to validate a numerical 3D-CFD model of the spray, developed in the STAR-CD code, in order to extend the capability of the numerical tool to correctly capture the spray penetration and atomization in a wide range of injection pressures, and to allow, once properly calibrated, being predictive in those measuring conditions where the experiments are critical (*e.g.* PDA in dense spray regions).

In the following sections, the experimental setup and the test plan are described. After that, some of the main results of the experimental campaign are reported and discussed, devoting particular attention to the analysis of the injection pressure effects. Then, the developed numerical model is described and some preliminary simulation results are presented. In particular, comparisons with experimental data are shown in terms of spray penetration, atomization and imaging. Finally, conclusions are drawn.

## Experimental Setup

The experimental campaign was carried out at the SprayLAB of the University of Perugia. In the following, the experimental apparatus used during the test campaign are described in detail.

### GDI Injection System and Operating Conditions

In the present research the behavior of a prototype, 5-hole side-mounted GDI injector was analyzed. This injector is designed to operate with fuel pressures up to 60 MPa. The nozzle is characterized by a stepped-hole design, with 125  $\mu\text{m}$  diameter holes. The injection pulse generation and its synchronization with imaging and PDA devices are managed by an acquisition system developed in NI LabView™ environment. The injector is driven by a programmable control unit, with the peak and hold current profile reported in Figure 13.

In order to obtain a pressure ripple-free boundary condition, the injector was supplied by a static pressure amplifier (Loccioni Mobility Thor), designed to supply GDI systems up to 90 MPa with a stand-by ripple lower than 0.1 % of the full scale output. The fuel chosen for the test campaign was *n*-heptane, purity higher than 99.5% (physical properties reported in Table 2). The operating conditions used during the tests are reported in Table 3.

Table 2. *n*-heptane physical properties

Density [ $\text{kg/m}^3$ ] @20°C	681 - 687
Viscosity [ $\text{mPa s}$ ] @20°C	0.4
Boiling Point [°C] @ 100 kPa	98.25
Refractive Index @20°C	1.3836 ÷ 1.3916

Table 3. Operating conditions

Injector Energizing Time	Hydraulic tests: from 0.3 ms to 3 ms Spray Tests: 1.5 ms
Injection pressure	5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 MPa
Fuel and injector body temperature	20 °C
Ambient pressure	100 kPa
Ambient temperature	20 °C

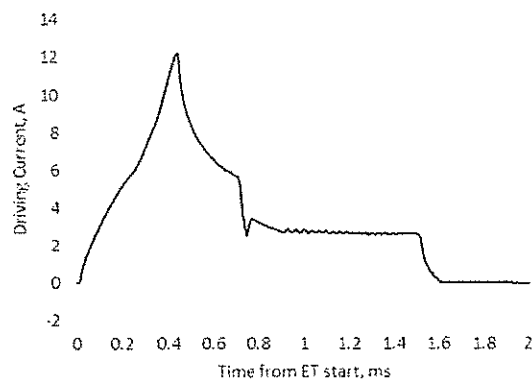


Figure 13. Hydraulic test pulse.

### Injection Rate Analyzer

The hydraulic characterization of the tested GDI injector was carried out by means of the UniPg Injection Analyzer, based on the application of the Zeuch Method [20] (*i.e.* injection in a closed vessel filled with pressurized, injected liquid). This instrument provides the single shot-resolved measurement of both the injection rate and injected volume, allowing the evaluation of the fuel volume pertaining to each single injection event with multiple actuation strategies.

According to the Zeuch Method, the injection takes place in a closed vessel, pressurized by the previously injected liquid. During the single injection event, the fuel volume  $\Delta V$  is forced into the vessel, thus causing a vessel pressure increase  $\Delta P$  with respect to the initial  $P_{h0}$  value, which is proportional to the injected volume  $\Delta V$  according to the fluid bulk modulus  $\beta$  to the chamber volume  $V_0$  ratio (eq. 1).

$$\Delta P = \frac{\beta}{V_0} \Delta V \quad (\text{eq. 1})$$

Assuming the fluid density variation as negligible during the injection process, the instantaneous mass flow rate can be evaluated as:

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{V_0 dP}{\beta dt} \quad (\text{eq. 2})$$

After each injection event, a fast electro-valve is actuated to discharge the injected fuel volume, thus restoring the initial base pressure before the start of a new injection cycle. Since the fluid bulk modulus is strongly influenced by both temperature and pressure, it can be hardly evaluated. To overcome this issue, the fuel discharged from the instrument chamber flows through a Coriolis mass flow meter (Siemens Sitrans CF 2100), measuring the mean injected mass and the fuel density; by this approach, the instrument is calibrated in the actual operating conditions. After a proper thermal stabilization, the measurement procedure is repeated for some hundreds of injection events, so to have a statistically significant population to compute both the mean characteristics of the process and the shot-to-shot dispersion in terms of injection rate and injected volume. More details about the UniPg Injection Analyzer are reported in [21-24].

### Imaging Apparatus

The spray global structure and its evolution over time have been analyzed by means of a high speed CMOS camera (Vision Research Phantom v7.10), synchronized with the injector actuation and operated at 12 kframe/s, with 1  $\mu$ s exposure time. Backlight illumination was adopted, using LED matrices. The field of view was 70 mm in length, while image resolution was set to 448x528 pixels, thus achieving an image resolution of 7.5 pixel/mm. Image acquisition was performed from two orthogonal points of view, so to have both a front and a side view of the spray structure. In each operating conditions, 30 high speed videos were acquired so to evaluate the mean behavior and the shot-to-shot dispersion in terms of spray evolution.

The images acquired in the different operating conditions were analyzed by means of a post-processing software developed in LabVIEW™ Vision environment. Single frames were extracted from the high speed videos and binarized in order to locate the spray boundary. The resulting 2-bit images were then further processed to compute the spray tip penetration and cone angle, according to SAEJ2715 rule [25]. This procedure was repeated at different elapsed timings from ET start, so to build spray penetration and cone angle curves as a function of time.

### Phase Doppler Anemometer

Drop sizing and velocity analysis was carried out by means of a Dantec Dynamics 1-D Phase Doppler Anemometer. This system is based on a BSA P80 processor, a Dantec FlowLite 1D laser source, a 60 mm Fiber PDA transmitter and a 112 mm HiDense receiver, specifically designed for the analysis of sprays characterized by a high number of droplets per unit volume. With the used optical setup, the drop velocity and diameter range are - 25 to 175 m/s and 1 to 45  $\mu$ m, respectively. In all the operating conditions and measuring stations, PDA data were acquired during 360 consecutive injection events.

A three-axis traverse system allows the PDA probes positioning in a 3D space around the injector tip, assuming the nozzle center as the reference system origin. The main features of the PDA system are reported in Table 4.

Table 4: PDA system specifications.

Transmitter	60 mm
Receiver	HiDense 112 mm
Laser source	FlowLite 1D
Processor	BSA P80
Frequency shift	40 MHz
Focal length (TX/RX)	310 mm / 310 mm
Beam Expander Ratio	1.95
Beam diameter/spacing	2.2 mm / 38 mm
Scattering Angle	110°
Laser source wavelength	532 nm
Reference system origin (X=0, Y=0, Z=0)	The center of the nozzle tip

## Results and Discussion

### Injection Rate Measurement

The UniPg Injection Analyzer (IA) was used to perform the complete hydraulic characterization of the prototype GDI injector (Figure 14). In the present campaign, the injection analyzer  $P_{base}$  was set to 1 MPa; the injection rate (IR) signal was low-pass filtered with 5 kHz cut-off frequency. In order to obtain statistically significant results, both the mean injected volume and the IR profile were measured over 300 consecutive shots, after 200

preliminary shots as warm-up for each operating condition. As can be observed in Figure 14 (top), the injected volume standard deviation (SD) over the 300 acquired shots is very low, being lower than 0.1 mm<sup>3</sup>/shot over the entire range of analysis.

The spray analysis was carried out for all the pressure levels applying a 1.5 ms ET in order to achieve the injector linear operation, avoiding the relatively high dispersion typical of ballistic operation. In Figure 15, the mean IR profiles for ET=1.5 ms for the seven examined injection pressure levels (in the plots, the  $\Delta P_{inj}$  from the injector to the IA is labeled) are reported.

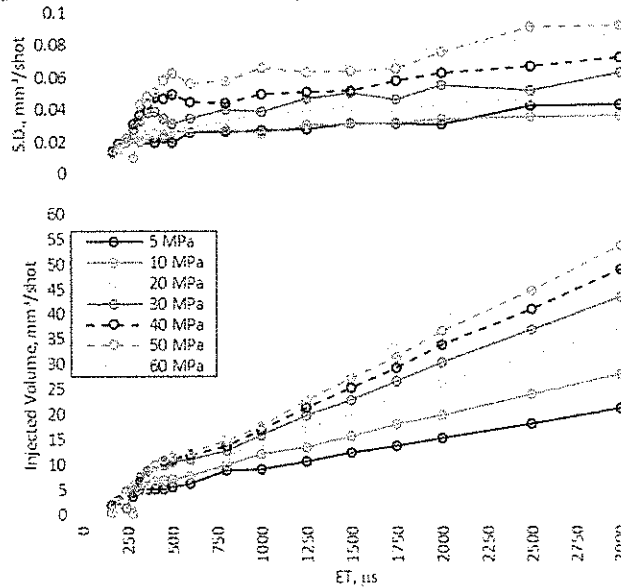


Figure 14: I-V curves for  $\Delta P_{inj}$  from 5 to 60 MPa.

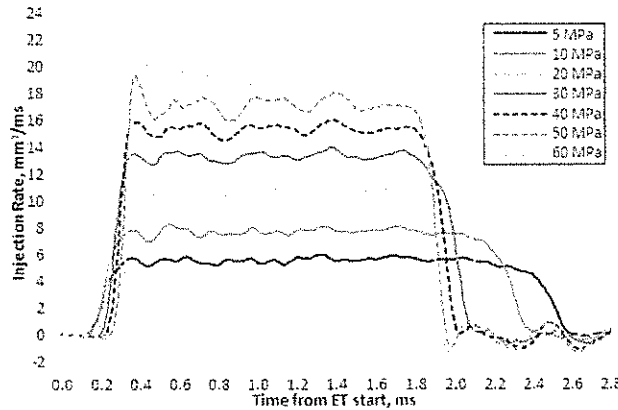


Figure 15: Injection rate profiles for  $\Delta P_{inj}$  from 5 to 60 MPa, ET = 1.5 ms.

With all the tested injection pressure levels, the hydraulic injection onset and end are clearly appreciable. As expected given the wide explored range (5 to 60 MPa), the effect exerted from upstream by pressurized fluid on the needle is clearly appreciable both during the opening and the closing transients.

Higher injection pressure levels cause the IR signal onset to be evidently delayed, by about 0.2 ms from 5 to 60 MPa. As already discussed in previous works [21-24], the hydraulic injection start timing cannot be assumed as coincident with the actual spray exit from the nozzle. The actual timing of liquid exit from the nozzle holes can be detected by high speed imaging (framing frequency 100 kfps) adopting a close-view optical setup; as an example, in Figure 16 two-frame sequences over the liquid exit initiation are reported for  $P_{inj}$  10 MPa and 60 MPa. By this approach, the timing of discharge process initiation can be detected with a 10  $\mu$ s time resolution. When comparing the resulting spray start timings with the hydraulic analysis in terms of both injection rate and its time-integral injected volume IV (Figure 17) the following conclusions can be drawn:

- assuming the IR rate profile as a direct indication of the injection start is not correct and can lead to a significant error (e.g. 70  $\mu$ s for 30 MPa);
- the IR profile evidences initially negative values, that can be interpreted as a sort of "syringe effect" during which some fluid is sucked from the IA chamber towards the nozzle; this effect is more evident with higher  $P_{inj}$ , possibly as a consequence of a faster vertical displacement of the needle.

The occurrence of positive values for the computed injected volume seems to be a more robust indicator of the liquid exit actual timing, as by this quantity it is possible to compensate the syringe-effect; the residual discrepancy with the detected spray exit timing could be due to the step-holes partial re-filling that occurs with the injector operating in air.



$P_{inj}$	$P_{press}$ 0.1 MPa, ET= 1.5 ms	Time from ET start [ $\mu$ s]
10 MPa		213
		223
60 MPa		334
		344

Figure 16. Example of liquid exit initiation analysis,  $P_{inj}$  10 and 60 MPa,  $P_{press}$  0.1 MPa, ET = 1.5 ms.

Assuming IR or IV signals onset as spray start timing significantly influence the spray simulation. According to the above reported analysis, the mean liquid velocity corresponding to the injection rate value at the timing in which the cumulative injected volume becomes positive should be assumed for the first liquid parcel in the spray evolution computation. The spray evolution obtained with this assumption can be significantly different from considering null the initial droplet velocity at the IR onset timing. For the sake of accuracy, liquid exit actual timings provided by high speed imaging have been adopted for the CFD simulations reported in the following.

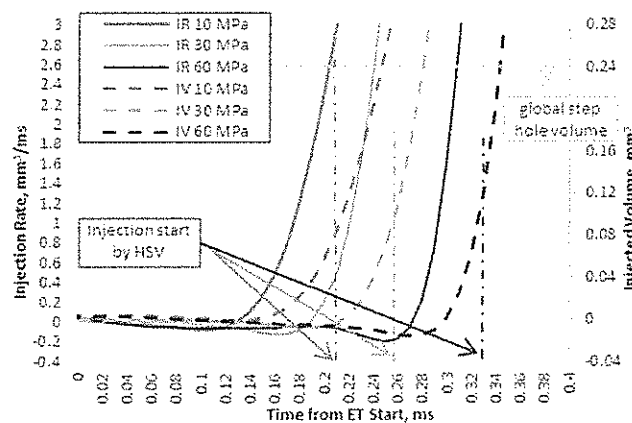


Figure 17. Injection rate and injected volume profiles,  $P_{inj}$  10, 30 and 60 MPa, ET = 1.5 ms.

After the needle opening transient, relatively moderate injection rate oscillations are present, particularly at lower injection pressure levels. An increase of the oscillations amplitude is evident when the injection pressure is raised above 40 MPa; in all the operating conditions, the IR oscillations observed in the bulk of the injection process tend to be dampened to attain an almost constant level around 1.6 ms after the ET start. Finally, the injection process end is significantly anticipated (about 0.45 ms) by higher pressure levels from 5 up to 30 MPa; for further supply pressure increases, the effect on the injector needle closing is markedly reduced.

### Imaging (HSV backlight)

The global evolution of the spray plumes produced by the 5-hole injector for injection pressure ranging from 5 MPa to 60 MPa was investigated by means of high speed imaging. The resulting tip penetration curves for the most advanced plume and the global structure cone angle are reported in Figure 18 (mean quantities over 30 events); these quantities are measured according to the SAEJ2715 prescriptions [25].

From the analysis of Figure 18a, the injection pressure level effect on the injection start timing is evident, confirming the results obtained by the hydraulic analysis. In terms of spray tip penetration, for the 5 MPa injection pressure condition the 70 mm boundary of the visible field is reached at 2.6 ms from the ET start. Increasing the injection pressure level, the spray tip mean velocity is progressively increased and with 60 MPa the boundary is reached after about 1 ms from the ET start. In more detail, the shape of the obtained tip penetration curves is dramatically affected by the injection pressure level. For low injection pressures (up to 20 MPa), a “S-shaped” penetration-time curve is obtained, with moderate spray tip initial velocity (around 50 m/s for the 5 MPa condition), suggesting a dominant effect of the slow needle rise during the initial part of the injection process. With increased injection pressure levels, the change of the tip penetration curve curvature is progressively less evident with a noticeably increased initial tip velocity, up to more than 150 m/s for the 60 MPa condition.

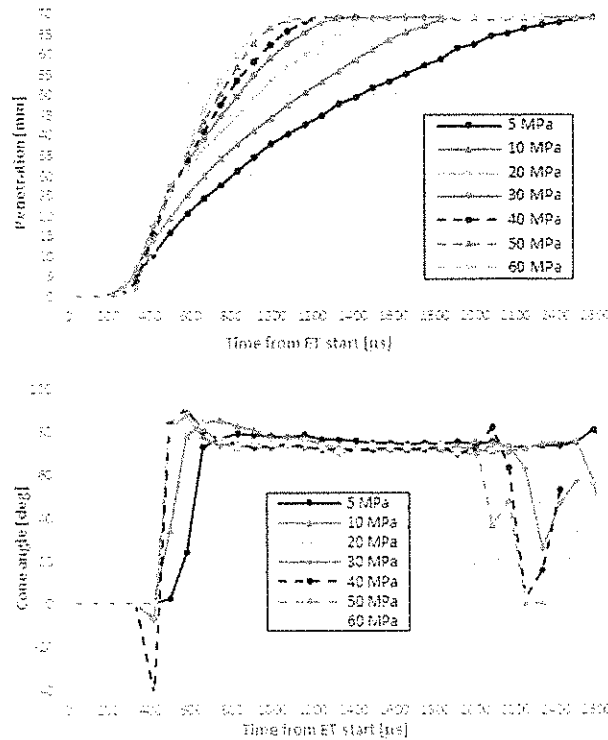


Figure 18. Evolution of penetration and global spray cone angle for  $P_{inj}$  of 5 MPa, 10 MPa, 20 MPa, 30 MPa, 40 MPa, 50 MPa and 60 MPa.

The trend observed for the global spray cone angle as determined by the evolution of the 5 plumes (Figure 18b) evidences how the initial transient phase is affected by the injection pressure level: with  $P_{inj}$  up to 10 MPa the spray cone full development is retarded and the steady flow values are attained only after 0.7 to 0.8 ms from the ET start. Conversely, higher injection pressure levels force the final global shape development to be completed within 0.5 ms, with an initial global angle peak that is moderately reduced later in the steady flow part of the injection process. The global cone angle is not markedly influenced by the injection pressure level for the completely developed spray, being in any case in the range 75 to 70 degree, with decreasing values for higher pressure conditions. At the end of the injection process, the evacuation of the spray tail from the measuring zone (evidenced by the green segments in Figure 19) causes the inconsistency of the global angle measurement.

In Figure 19 short sample sequences of the acquired spray images (front and side views) are reported; for the sake of brevity these sequences are relevant to only two of the seven examined injection pressure levels (20 MPa and 60 MPa). In each reported frame, the spray boundary, as recognized by the automated image analysis procedure, is reported in red. As can be appreciated from both the front and side views, four of the five jets develop forming an almost continuous flow structure, being the boundary of each individual plume superimposed and mixed with the contiguous ones; this trend is particularly evident at 60 MPa

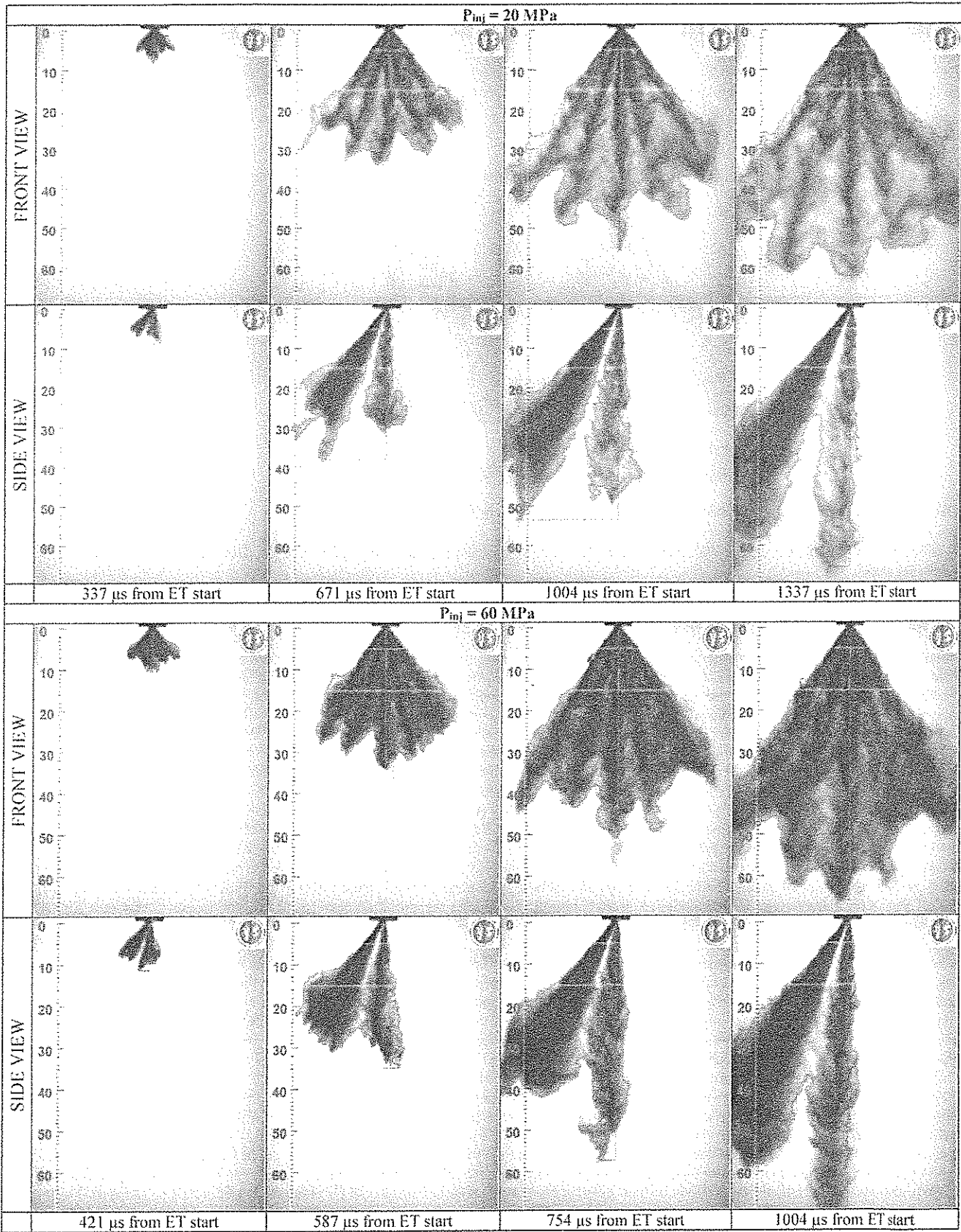


Figure 19. Spray imaging at different timing in front and side view at 20 and 60 MPa injection pressures ( $U_c = 5 \text{ m/s}$ )



Only the pseudo-vertical plume seems to preserve its individuality, with only moderate deviation from its nominal direction towards the center of the 5 plume group, presumably due to the locally reduced pressure caused by the presence of the other four jets [4, 9]. Recirculating, branch like structures are evident at the plumes periphery as widely discussed in literature (e.g. [8]) suggesting an intense air-entrainment mechanism promoting secondary atomization, momentum flux exchange between the spray and droplet evaporation. In the explored operating condition, no presence of large droplets/ligaments was observed during the initial and final phases of the injection process, regardless the injection pressure level.

### PDA Analysis

The sizing and velocity characteristics of the analyzed spray were investigated in several measuring positions, according to the schematic reported in Figure 20. Optical limitations due to locally excessive spray density prevented the complete grid exploration for  $P_{inj}$  above 30MPa.

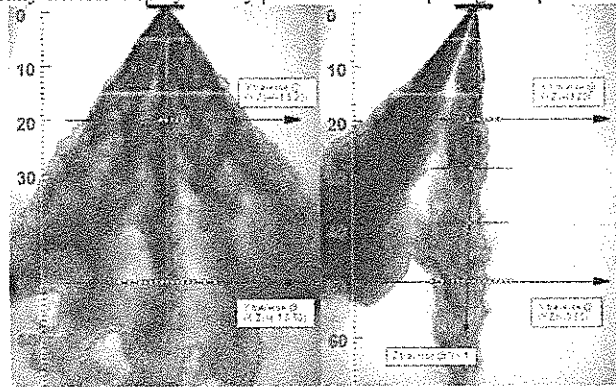


Figure 20. PDA stations for drop sizing and velocity measurement

The PDA analysis was focused on the pseudo-vertical jet emerging from the nozzle, for the following reasons:

- it offers the most convenient optical path for both the PDA system laser beams and for the refracted light, facilitating its capture by the system receiving probe.
- As observed in the previous section, this jet tends to maintain its nominal development direction, being only moderately distorted by the local low pressure field towards the other jets. In particular, along the Y traverse, its structure is expected to be relatively symmetrical, while more distorted velocity and sizing profiles are expected for the X traverse.

In the following Figure 21, PDA raw data pertaining to the position  $Z=50$  mm,  $X=-1.5$  mm;  $Y=-1$  mm are reported. This was the measuring station in which the maximum data rate was found at  $Z=50$  mm. The reported data are plotted according to an ensemble-average approach using the start of ET as time reference. For the sake of brevity, the reported drops diameter and velocity time-histories are relevant only to  $P_{inj}$  20 MPa, 40 MPa and 60 MPa. In the same figure, the drop velocity and diameter mean values are reported, computed with a time-bin of 0.1 ms. In this measuring position, the spray front arrival timing ranges between 1.0 ms (20 MPa) and 0.8 ms (60 MPa): the bulk of the spray seems to pass through the measuring station by about 2.5 ms from ET start followed by the jet tail, with a significant data rate decrease until about 6 ms (20 MPa) to 5 ms (60 MPa).

As can be seen, the velocity and diameter time-bin plots (red dots in the figure) evidence for all the reported injection pressure levels the arrival of a compact jet front, composed of moderately fast (40 to 50 m/s) and large droplets. This initial spray population is quickly followed (after about 0.3 ms) by faster and smaller drops, as evidenced by the step in the mean drop velocity and by the initial spike in the mean diameter time-bin plots, respectively. After the initial front, the drop mean velocity seems to attain its maximum level that lasts until a clear mean drop velocity decrease occurs. This decrease corresponds to the initial reduction in the instantaneous flow rate (Figure 15), that is rapidly transmitted to the entire spray structure; at  $Z=50$ mm, the IR decrease at the nozzle is perceived with a  $\sim 0.3$  ms delay. The rest of the spray evolution is characterized by the passage of the spray tail through the measuring position, composed of progressively slower drops until almost motionless droplets remain around the analyzed station. The spray evolution in terms of drop mean diameter seems to experience smaller modifications, after the initial decrease from the front spike, attaining a level that is basically determined by the injection pressure level and by the measuring position inside the spray structure.

The overall spray structure along the Y traverse at  $Z=50$  mm can be appreciated in Figure 22, where the mean drop velocity, mean diameter and Sauter mean diameter are reported for all the measuring positions and for the tested injection pressure levels. The data reported in Figure 22 are computed applying to the raw data a time-windowing from 0 to 2.2 ms from the ET start, so to exclude the spray tail from the data analysis.

As expected, the higher drop mean velocity values were measured in the spray core, that presents an almost symmetrical profile for all the tested injection pressure levels. Only a reduced profile deformation towards negative Y positions was observed increasing the pressure level, suggesting a possible deviation of the spray average trajectory. The observed mean velocity is clearly increasing with the pressure level, the profile peak value ranging between 30 m/s at  $P_{inj}=5$  MPa to about 80 m/s at  $P_{inj}=60$  MPa. It is noteworthy observing how the mean velocity rise is progressively reduced as the injection pressure is increased. In particular, at  $Z=50$ mm no significant differences were observed for the mean velocity profiles pertaining to  $P_{inj}=50$  MPa and 60 MPa, suggesting the aerodynamic drag effect being predominant on the initial velocity at this distance from the nozzle.

The drop mean diameter and Sauter mean diameter profiles along the Y traverse at  $Z=50$  mm obtained with different injection pressure levels are reported in Figure 22b and c. Differently from the velocity profile, the sizing distribution is not symmetrical with respect to the spray main axis: globally, larger diameters are measured towards negative Y positions, although here only a moderate drop count (not reported for brevity) has been detected. As expected, the injection pressure increase starting from low pressure values causes a dramatic effect on both the sizing parameters; above  $P_{inj}=20$  MPa, the drop sizing reduction exerted by further injection pressure increase are progressively attenuated, particularly in terms of  $D_{10}$ . In terms of  $D_{32}$ , the potential benefit related to the use of extremely high injection pressure values seems to be more significant. Globally, the injection pressure increase does not alter the sizing distribution along the examined traverse.

In order to better appreciate the injection pressure effect on the sizing characteristics of the examined spray, in

Figure 23 the trends with injection pressure observed in the maximum drop count position for the main sizing parameters are reported.

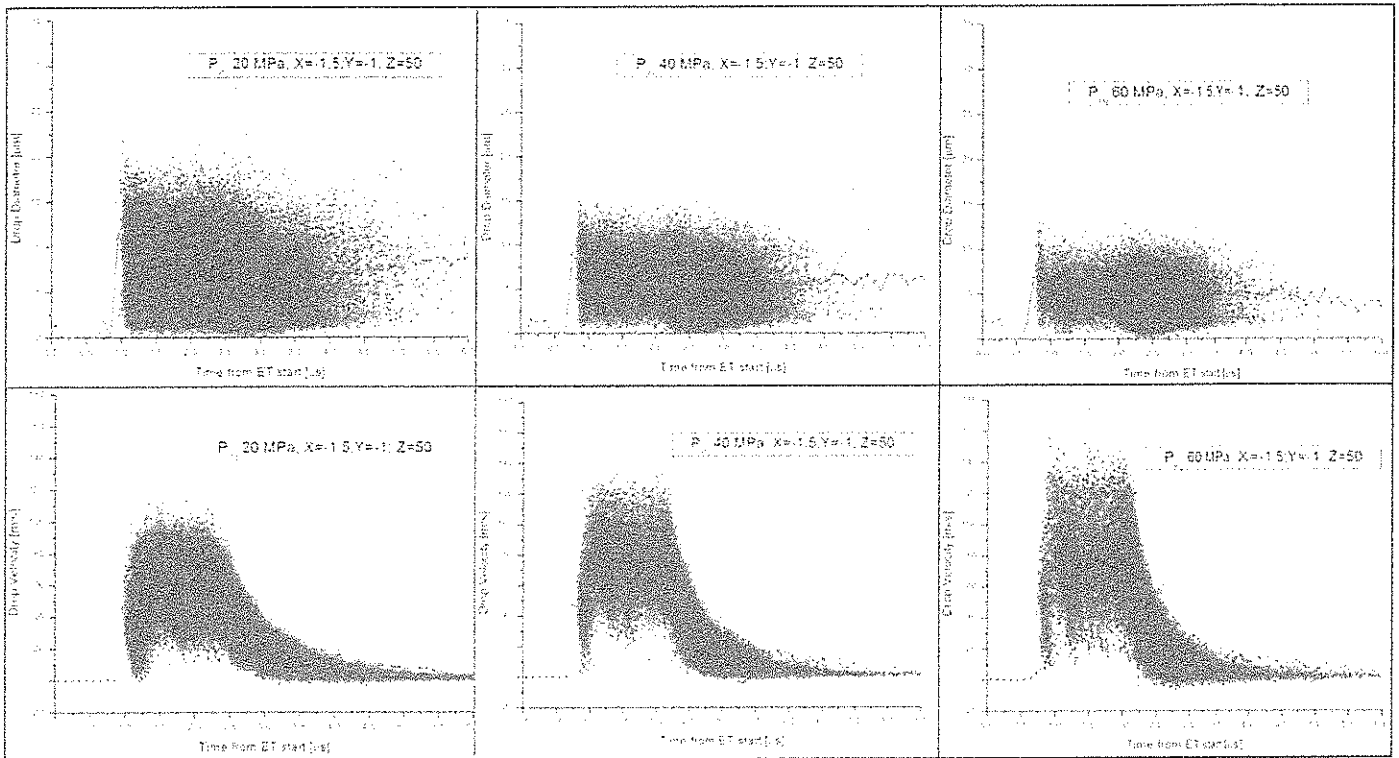


Figure 21. Spray diameter and spray velocity at  $X = -1.5$ ,  $Y = -1$ ,  $Z = 50$  mm,  $V_{jet} = 20$ , 40 and 60 MPa,  $CE = 1.5$  ms

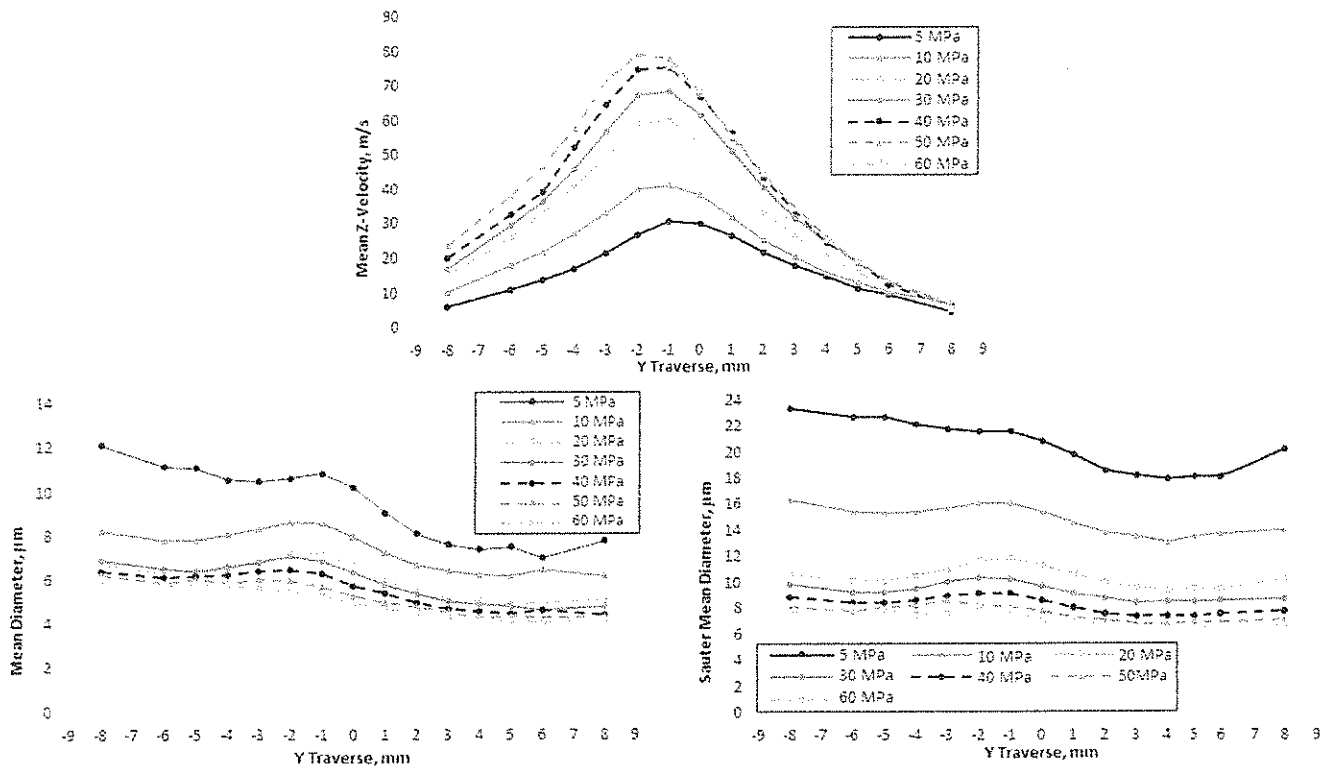


Figure 22. Mean spray velocity, mean diameter  $D_{50}$  and Sauter mean diameter  $D_{32}$  vs. Y traversal at  $Z = 50$  mm,  $X = -1.5$ ,  $CE = 1.5$  ms

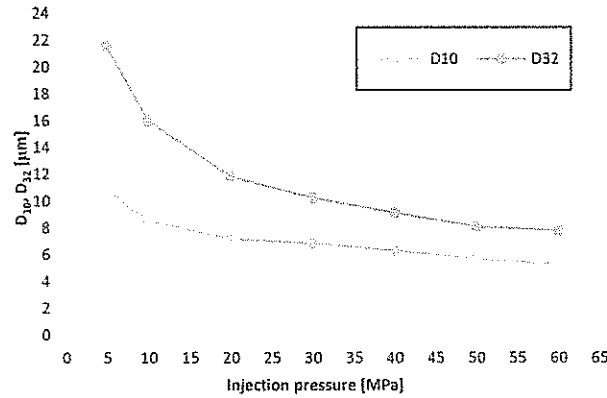


Figure 23. Trend of the mean diameter and Sauter mean diameter with respect to the injection pressure.

Both the mean diameter and the Sauter mean diameter are clearly affected by the injection pressure level, but to a progressively reduced extent. Consequently, an accurate evaluation in terms of costs and benefits deriving from the use of extremely high injection pressure levels needs to be addressed [5]. Notwithstanding the reduced potential for further remarkable sizing reductions, the asymptote seems to be not completely achieved for  $P_{inj}=60$  MPa with the analyzed injector. In particular, an interesting potential seems to be obtainable increasing the injection pressure in terms of drop sizing distribution, as described by the diameter Probability Density Function (PDF) plots reported in Figure 24. As can be seen, moving from low injection pressure (5 and 10 MPa) towards high (20, 30 and 40 MPa) and finally to extremely high injection pressure levels, the sizing distribution is dramatically modified. In particular, the probability of presence for relatively large diameters (above 20  $\mu\text{m}$ ) is initially attenuated by the first pressure step and finally completely nullified for injection pressure higher than 20 MPa. Even with the final pressure step from 50 MPa to 60 MPa, despite the negligible benefit in terms of  $D_{10}$ , the sizing PDF is appreciably improved in terms of a significant probability decrease of drops with diameter higher than 10  $\mu\text{m}$ .

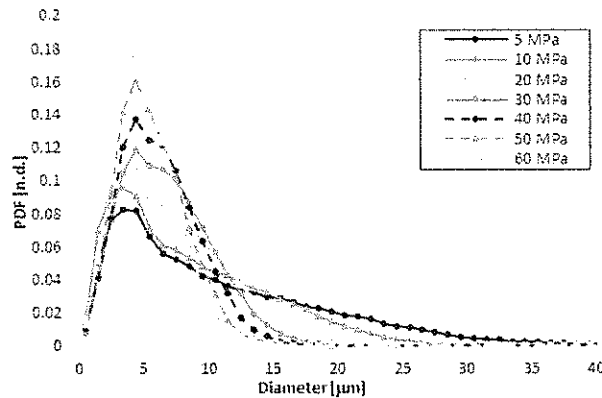


Figure 24. Diameter probability density function for various injection pressures (5, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 MPa).

In order to evaluate the effect on the spray sizing characteristics exerted by the distance from the nozzle, in Figure 25 the mean diameter and Sauter mean diameter values for the measuring stations lying along the spray nominal axis. In the selected positions along the spray main axis, the excessive drop/volume ratio close to the nozzle prevented the possibility to obtain an adequate drop count with  $P_{inj}$  higher than 300 MPa; the resulting sizing profile are hence un-complete in Figure 25. As expected, the progressive drop sizing reduction – both in terms of  $D_{10}$  and  $D_{32}$  – already observed for  $Z=50$  mm is confirmed for all the distances from the nozzle. Further, for a given injection pressure level, larger drops are detected for increased distances downstream the nozzle exit. Presumably, this trend is due to a selection process for the smaller drops caused by the fuel evaporation.

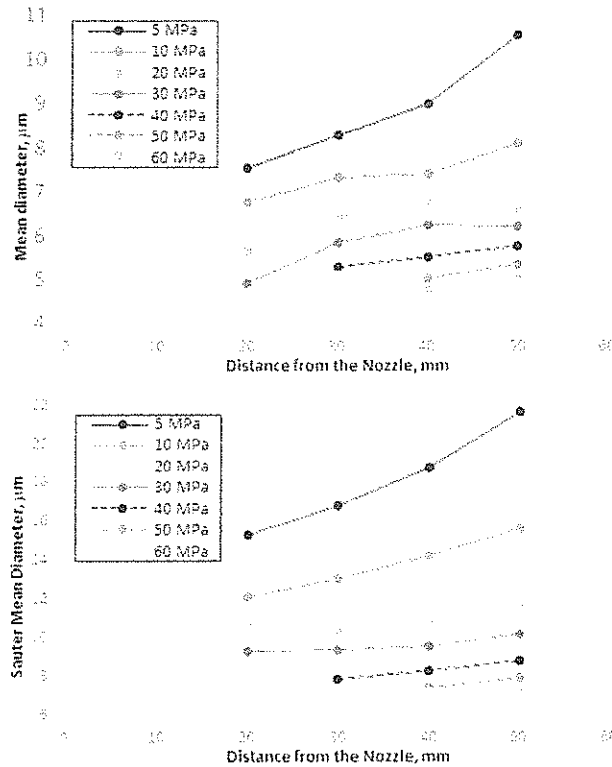


Figure 21. Mean diameter and Sauter mean diameter along the Z direction,  $Re = 1.5 \times 10^5$ .

### Numerical Simulations

Preliminary 3D-CFD analyses were performed aiming at demonstrating that a reliable numerical representation of the investigated GDI spray can be obtained, even at high injection pressures (60 MPa). CFD simulations were also used to confirm that, increasing the injection pressure, the decreasing trend of the droplet diameter approaches its asymptote. In particular, simulations were validated against experimental data in terms of jet penetration, particle diameter and particle velocity measured along the central jet of the injector and provided by PDA measurements.

Numerical analyses were carried out on three of the investigated operating conditions reported in Table 4. In particular, 20, 40 and 60 MPa injection pressures were analyzed.

Analyses were carried out adopting STAR-CD V4.28 [26] licensed by Siemens PLM. The computational domain consists in a block-shaped vessel whose characteristic dimensions are 130x140x180 mm; such domain aims at reproducing the experimental test bench. As for the computational mesh, it consists of hexahedral cells, whose minimum size is 0.4 mm. Starting from the cone-shaped refinements located along each hole axis, cell size rapidly increases far from the jets in order to save computational costs. Total number of fluid cells is nearly 1 million. An external view of the adopted numerical grid along with a section containing the axis of the central jet is reported in Figure 26

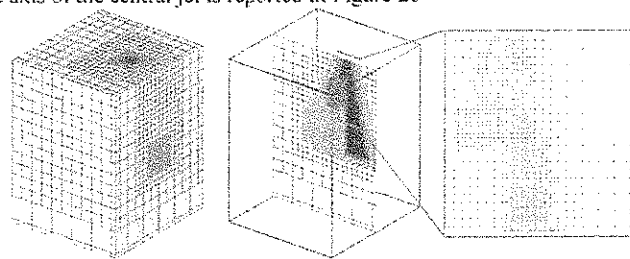


Figure 26 - Numerical grid adopted for 3D-CFD simulations.

Simulations were performed in a RANS framework and the set of Navier-Stokes equations was closed by the widely diffused two-equation  $k-\epsilon$  RNG turbulence model [27], which was adopted in its compressible formulation. The implemented formulation was from open literature [28]. The RNG version is considered more accurate than the standard  $k-\epsilon$  and its distinctive feature consists in the last term of  $\epsilon$  equation, a modeled form of a term arising from RNG analysis and representing the effect of the mean flow distortion on the turbulence. Test bench ambient was simulated through an eulerian phase, while the injected spray was represented by means of a dispersed lagrangian phase. As for the numerical setup, the second order Monotone Advection and Reconstruction Scheme (MARS) was adopted for momentum, temperature and turbulence equations. Numerical time-step was in the order of  $1e-7$ s to maintain the maximum Courant number below  $1e-1$ . In order to reproduce experimental test bench conditions, the computational domain was initialized with ambient pressure and temperature, vertical boundaries were set as pressure outlets with a pressure equal to the ambient one and injected fluid temperature was fixed equal to the experimental one (293K). Single-component lagrangian particles were constituted by *n*-heptane, whose properties were extracted from the NIST database [29] both for the liquid and the vapor phase. As for the top and bottom wall boundaries, Senda's approach [30] was selected to model droplet-wall interaction. Also liquid film formation was accounted for and Habchi's model [31] was adopted to calculate the Leidenfrost temperature. In order to save computational costs, the lagrangian phase simulation is based on parcel

concept, being it an ensemble of droplets characterized by the same properties (same diameter, same velocity, etc.), so that the number of particles to be simulated is sensibly reduced. Each parcel is then characterized by its count, which is the number of droplets represented by the parcel itself. The number of injected parcels per time-step is set equal to 15 for all the simulated cases. Even if not reported here for the sake of brevity, a sensitivity on this parameter was carried out and it was demonstrated that a further increase of the number of parcels per time-step would have led to additional computational costs without improvements in the simulation accuracy. Primary break-up was replaced by a Rosin-Rammler distribution of droplets, while secondary break-up was modeled by means of the Reitz model [32], whose constants were unchanged compared to the reference paper. In order to impose droplet velocity, both nozzle hole diameters and their respective mass flow rates were assigned. Despite remarkable differences could be experimentally observed through images for each hole, the absence of momentum measurements did not allow the adoption of dedicated mass flow rates for each nozzle hole, so that a unique injection rate profile was adopted. This last approximated faithfully the experimental profile, with the exception for the initial ramp. In fact, in order to account for the syringe-effect described in the previous sections and due to the rapid vertical displacement of the needle, the first numerical liquid parcel was not injected when injection rate is greater than zero. Rather, the numerical injection timing was fixed as the instant, detected by the experimental high speed imaging, at which liquid exited from the nozzle holes, which was approximately equivalent to the instant at which cumulative injected volume became positive, as shown in the Injection Rate Measurement paragraph. The adopted injection timings for the numerical simulations are reported in Table 4.

Table 4. Injection timing adopted for the numerical simulation in each parcel of the experimental high speed imaging for the different analyzed operating conditions.

Op. Cond.	Numerical IT
20 MPa	220 $\mu$ s
40 MPa	280 $\mu$ s
60 MPa	330 $\mu$ s

As a consequence of the syringe-effect, the velocity of the first parcel remarkably differs from zero, and its value is given by the hole diameter and the mass flow rate at the instant at which the cumulative injected volume becomes positive. Moreover, each hole diameter was assigned smaller than the geometrical one, in order to account for the actual conditions at the nozzle. This followed the consideration of a discharge coefficient, whose value was determined by the Kuensberg 1D model [33]. The adopted injection rate profiles are reported in Figure 27. As visible, after the first ramp, experimental injection rates were approximated by constant values for the sake of simplicity, without compromising accuracy. Moreover, the closing ramp was chosen in order to maintain the integral injected mass equal to the experimental one.

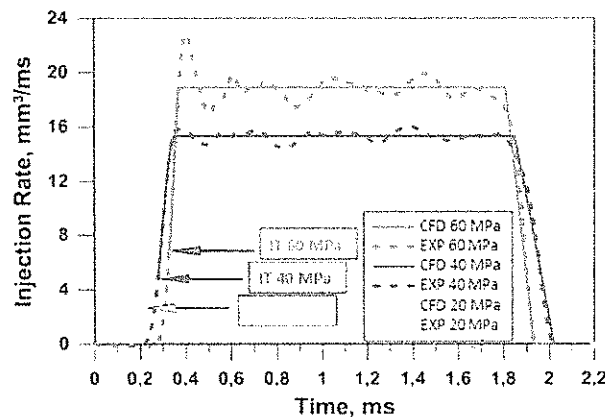


Figure 27. Comparison of the experimental and numerical injection rate profiles for the different analyzed operating conditions. The solid lines represent the numerical simulation, while the dashed lines represent the experimental values for the numerical simulations.

As stated above, for each analyzed condition, mass flow rate of the injector was then equally split among the five holes. As for the computational cost, the simulation of 2000  $\mu$ s required nearly 5 hours with 32 cores, for each analyzed condition. Focusing on the results, the first comparison between numerical and experimental data deals with jet penetrations for the different investigated operating conditions. Figures Figure 28, Figure 29, Figure 30 show comparisons at 20, 40 and 60 MPa respectively. It is worthwhile to point out that both numerical and experimental penetrations reported hereafter regard the whole spray. However, the central jet being the most penetrating one, it is the one determining the penetrations. Moreover, the numerical spray penetration was computed as the distance from the injector nozzle outlet section at which 99% of the plume mass is met, consistently with a widely diffused practice (see ECN website [www.ecn.sandia.gov](http://www.ecn.sandia.gov) for example). Taken as a whole, numerical penetrations reproduce faithfully the available experimental data, for all the analyzed injection pressures.

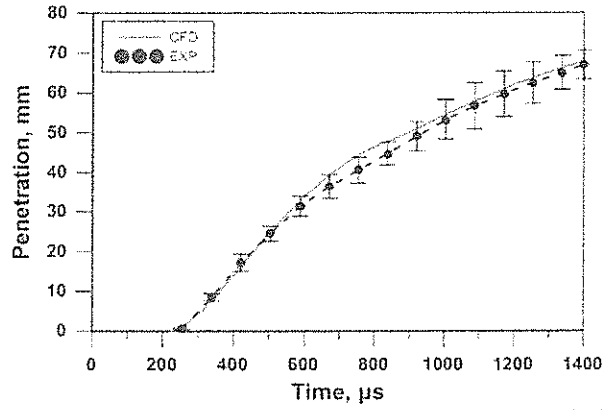


Figure 28 - Comparison between numerical and experimental penetration at 20 MPa. Bars represent standard deviation of the experimental values.

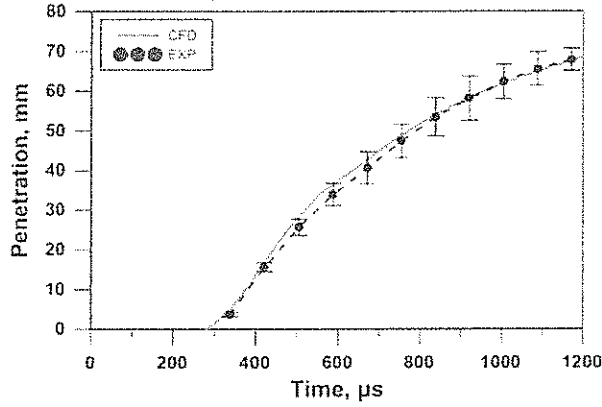


Figure 29 - Comparison between numerical and experimental penetration at 40 MPa. Bars represent standard deviation of the experimental values.

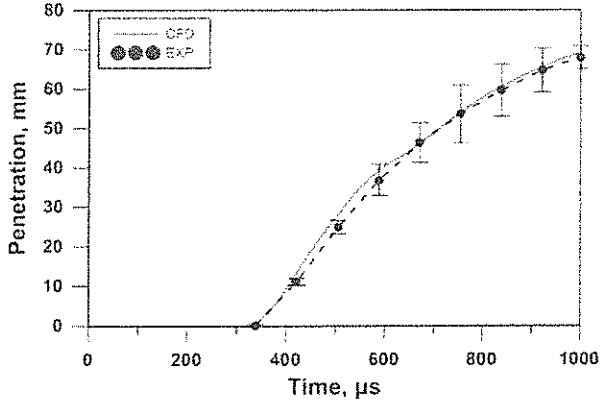


Figure 30 - Comparison between numerical and experimental penetration at 60 MPa. Bars represent standard deviation of the experimental values.

The importance of the syringe-effect was assessed comparing two cases: a first one characterized by an injection timing corresponding to the instant in which injection rate is greater than zero (Case A) and a second one having an injection timing equivalent to the instant at which liquid exits from the nozzle holes (Case B). Such a comparison is depicted in Figure 31. As visible, prediction of the spray penetration was improved, reducing remarkably the error compared to the experimental data.

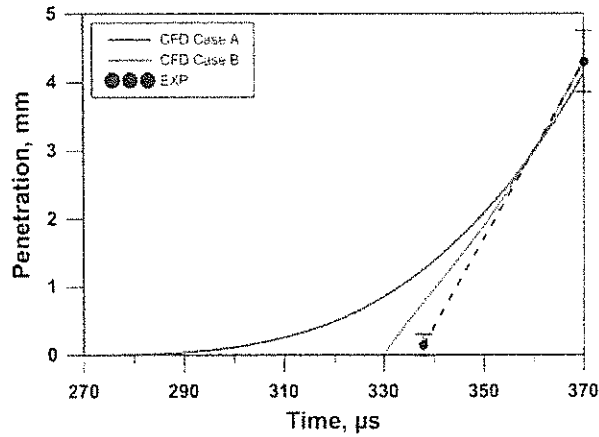


Figure 19 - Comparison between numerical and experimental penetration curves (at 60 MPa)

Moving to the comparison with experimental data provided by PDA measurements, quality of the numerical results was evaluated nearly 50 mm far from the injector nozzle and along the axis (dotted line) of the central hole, which was almost coincident with the injector axis, as visible in Figure 20.

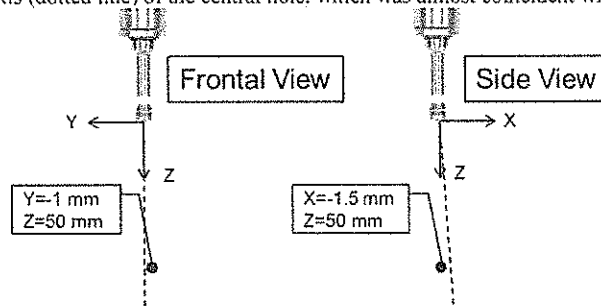


Figure 20 - Position of the numerical domain and data acquisition

Experimental values reported hereafter represent an average on specific time lapses, whose duration is reported in Table 5. For a proper comparison, an analogous average (i.e. on the same time duration) was performed also on the numerical side.

Table 5 - Range of the time lapses used for numerical and experimental results comparison

Op. Cond.	Lower Limit	Upper Limit
20 MPa	1500 $\mu$ s	2200 $\mu$ s
40 MPa	1000 $\mu$ s	2000 $\mu$ s
60 MPa	850 $\mu$ s	2000 $\mu$ s

In Figures Figure 21 and Figure 22 mean experimental droplet diameters ( $D_{10}$ ) and experimental droplet velocities are compared with numerical results for each analyzed condition. It is worthwhile to point out that bars do not represent neither a standard deviation (as it was for penetration curves) nor representative errors of the experiments, but simply they correspond to a 10% offset of the experimental values, in order to focus better any discrepancy between numerical and experimental data. Increasing injection pressure, average diameter decreases. Such trend is properly captured by numerical diameters.

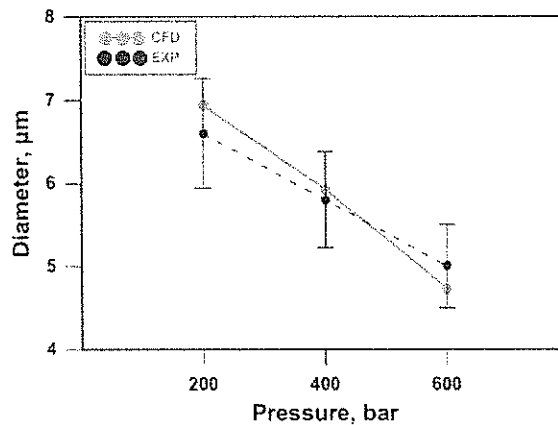


Figure 21 - Comparison between numerical and experimental average diameters (10% accuracy) at the point indicated in Figure 20

As for the average velocities, numerical values are able to match satisfactorily the experimental ones at 20 and 40 MPa. Moving to 60 MPa, the error slightly increases and the reduction velocity trend measured by the experiments is not properly reproduced. However, differences between simulation results and experimental data are lower than 10% even at 60 MPa.

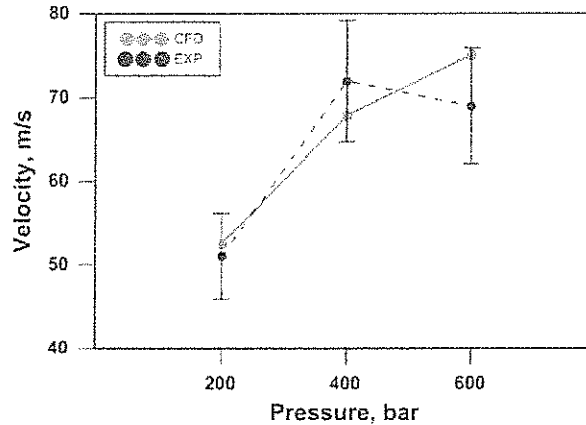


Figure 34 - Comparison between numerical and experimental average velocities measured at the position indicated in Figure 20.

Finally, the accuracy of the adopted CFD setup is demonstrated comparing numerical snapshots and experimental imaging as in the Figures Figure 23, Figure 24 and Figure 25. For sake of brevity, only some instants were selected for the comparison. Slight differences can be noticed in the Figures 23 and 24, at 600 and 650  $\mu$ s respectively. These are due to multiple aspects. As above stated, a unique mass flow rate is adopted for each hole, which is an approximation; moreover, experimental images correspond to a particular event, which differs from the other ones as a consequence of the stroke-to-stroke variability. On the contrary the proposed numerical simulations, performed in a RANS framework, represent an ensemble average. Nevertheless, the global spray evolution, as well as that of the individual spray plumes, closely resembles the experimental counterpart, for each analyzed condition.

## Conclusions

In the present activity, the effect of the injection pressure increase from 5 up to 60 MPa was experimentally and numerically investigated for a prototype 5-holes GDI injector in order to define the actual potential of the adoption of extreme injection pressure levels.

The experimental analysis was carried out in terms of injection rate time-history, spray global structure evolution by imaging and droplets sizing and velocity by PDA. The following conclusions can be drawn.

- The main effects of the injection pressure increase on the IR profile are:
  - a delayed start of injection due to the bigger force exerted by the fuel on the needle;
  - the advanced end of injection caused by the higher fuel pressure force acting as a closure force on the needle.
- The start of injection derived from the IR curves has to take into account the "syringe effect" of the needle during the early stage of the event. Nevertheless, in order to be compared with the HSV 'first drop' detection, also the filling of the step-holes volume has to be considered.
- The injection pressure, as expected, dramatically affects the spray tip penetration, with the initial tip velocity increasing from 50 m/s at  $P_{inj}=5$  MPa up to 150 m/s at  $P_{inj}=60$  MPa. This effect is progressively weakened at the highest injection pressure levels due to the growing relevance of the aerodynamic drag.
- The global cone angle seems to be not significantly affected by the injection pressure, being its value into the range 70-75 degrees when the spray is completely developed.
- The droplets velocity at 50 mm from the nozzle shows the expected symmetric profile with the maximum velocity at the center of the jet. Only a slight shift of the maximum velocity position with the pressure increase was evidenced, probably due to the aerodynamic effect of the adjacent plumes. The maximum velocity value rises with the injection pressure, but the effect becomes negligible at 60 MPa, probably due to the growing aerodynamic drag.
- The spray atomization greatly benefits from the injection pressure increase, being both the mean diameter  $D_{10}$  and the Sauter mean diameter SMD significantly reduced. The atomization level as function of the injection pressure follows an asymptotic trend with the most significant improvement achieved from 5 MPa to 20 MPa; for higher pressures the gain in terms of sizing is progressively attenuated, being the mean diameter reduction from 50 to 60 MPa less than 1  $\mu$ m. Nevertheless, significant effects were found in terms of diameter distribution, showing a reduced presence of droplets larger than 10  $\mu$ m for injection pressure higher than 50 MPa.
- Preliminary 3D-CFD analyses of the investigated GDI spray were carried out. Validation against experimental data in terms of jet penetration, particle diameter and particle velocity provided by PDA measurements proved that a reliable numerical representation of a GDI spray can be obtained up to high injection pressures (60 MPa). Moreover, numerical simulations confirmed that, increasing the injection pressure, the decreasing trend of the droplet diameter approaches its asymptote. Future numerical analyses will focus on a more extended validation of the 3D-CFD model. In particular, further conditions (*i.e.* injection pressures) will be investigated and comparisons with experimental PDA data will be performed at different distances from the injector nozzle and at different locations around the central hole axis. In fact, once a widely validated model is obtained, on one hand its predictive capabilities can be proficiently exploited to investigate conditions where experiments are critical; on the other hand, the model can be effectively adopted for 3D-CFD in-cylinder simulations of DISI engines.



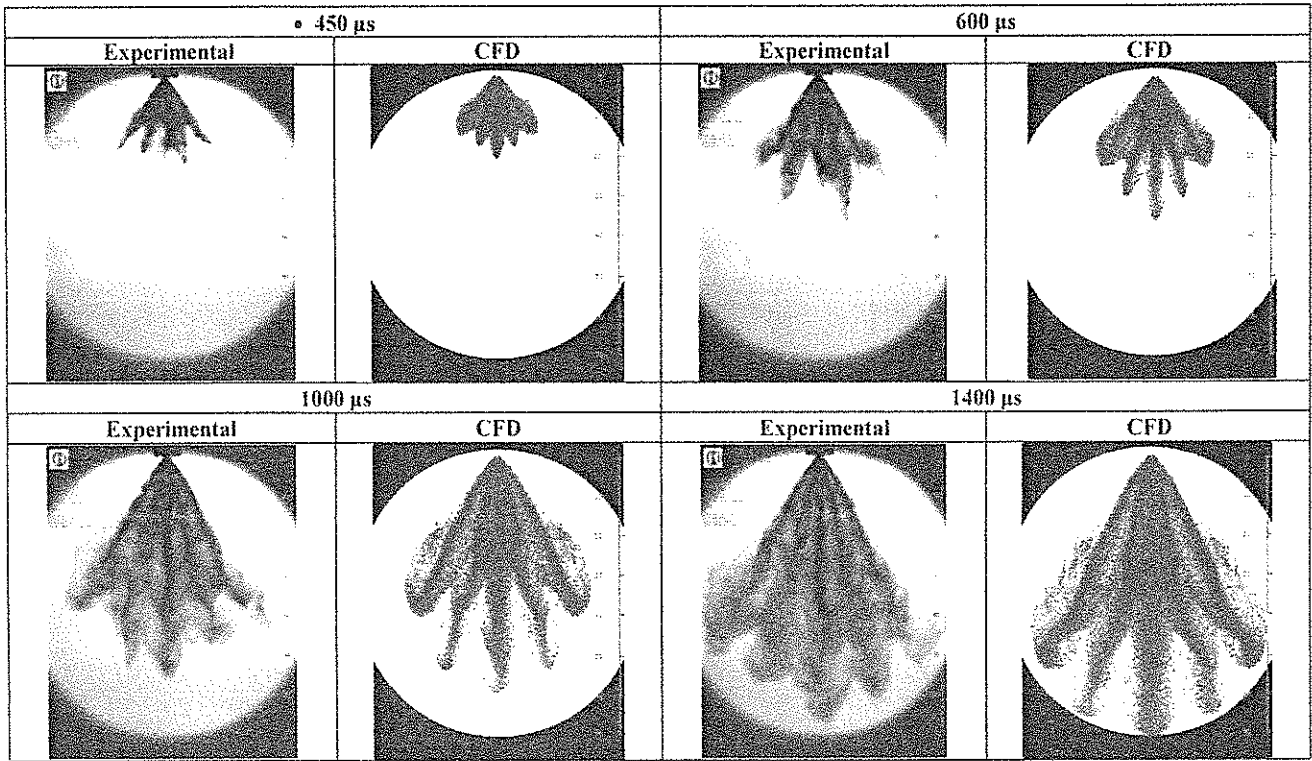


Figure 25. Comparison in terms of spray trajectory between experimental simulation and spray model test at 30 MPa.

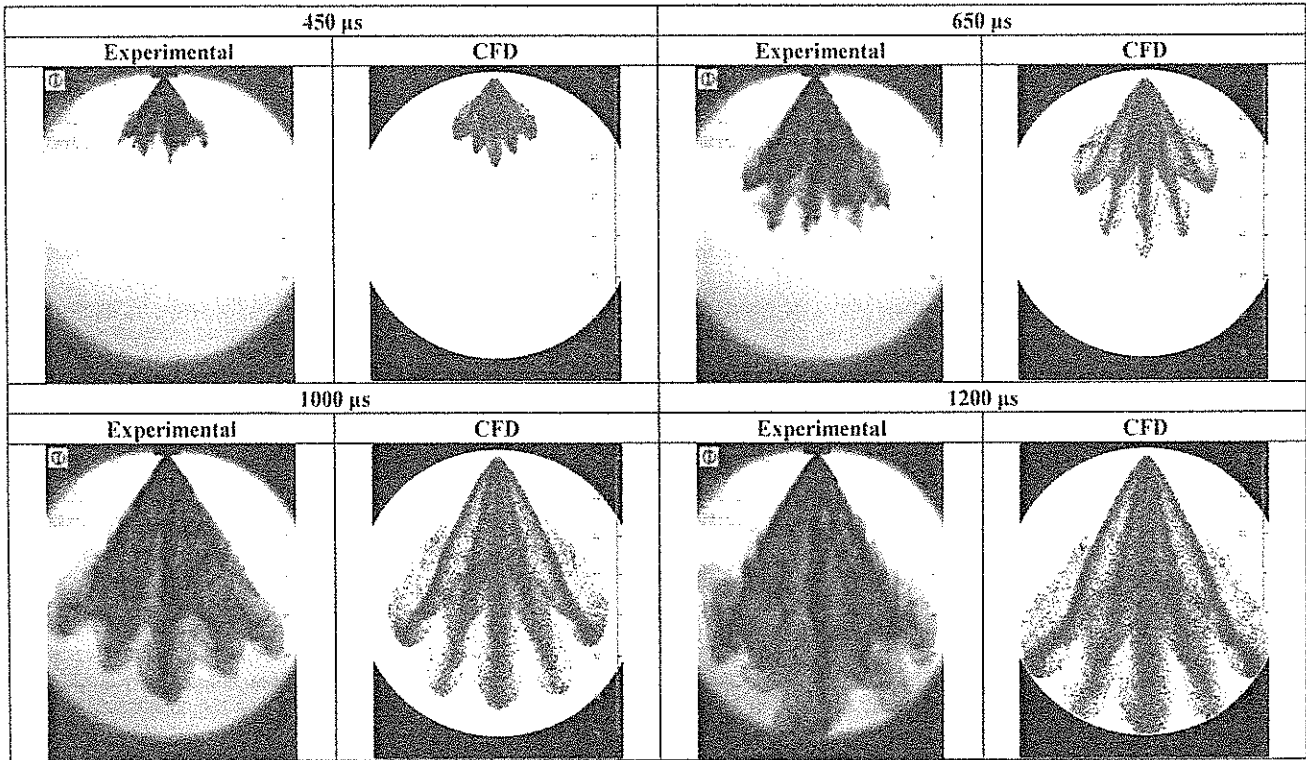


Figure 26. Comparison in terms of spray trajectory between experimental simulation and spray model test at 30 MPa.

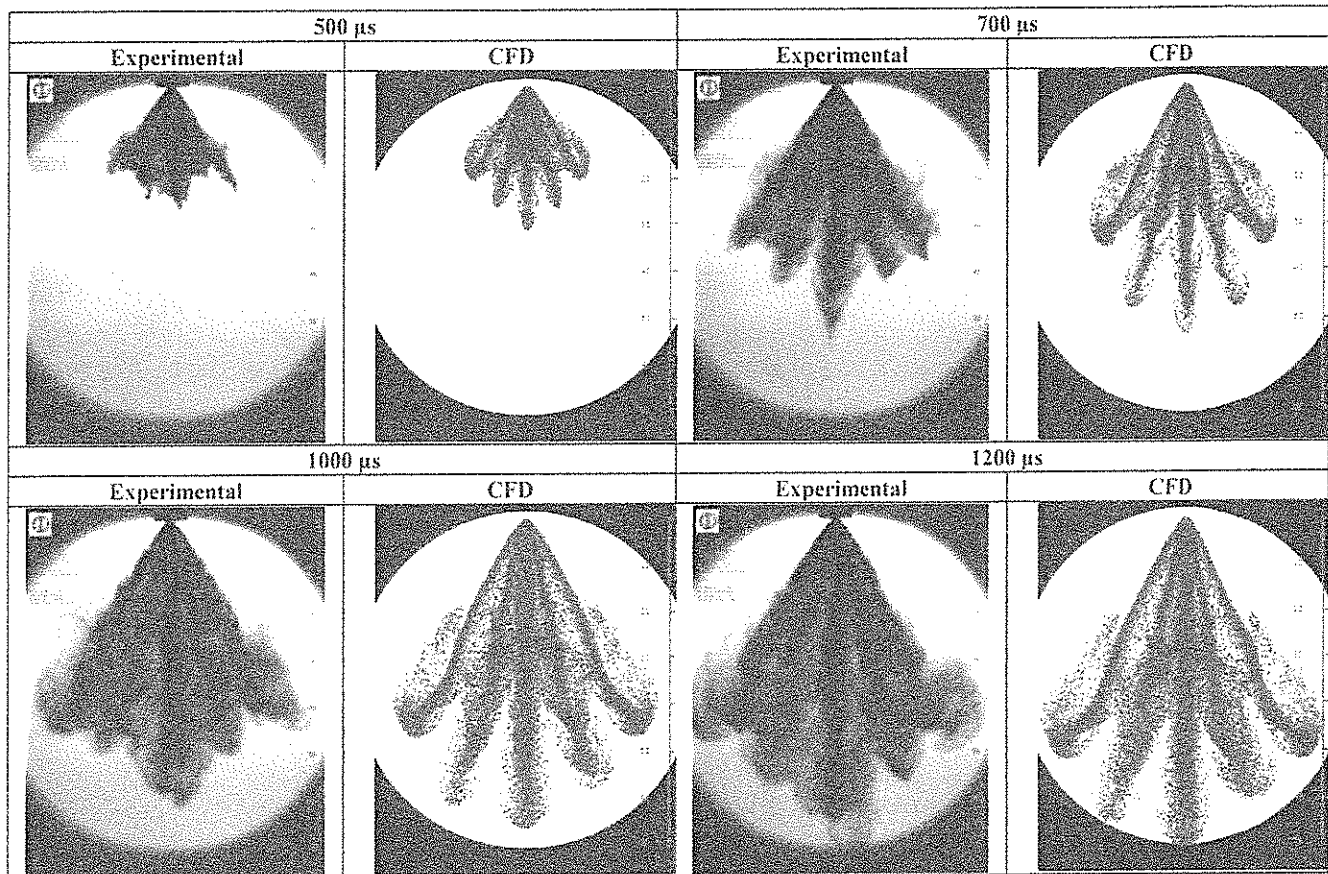


Figure 10 Comparison in terms of spray imaging between numerical simulation and experimental test at 60 MPa

## References

1. Baumgarten, C.: *Mixture Formation in Internal Combustion Engines*, Springer-Verlach, 2006. ISBN-13 978-3-540-30835-5.
2. Mitroglou, N., Nouri, J., Yan, Y., Gavaises, M. et al., "Spray Structure Generated by Multi-Hole Injectors for Gasoline Direct-Injection Engines", SAE Technical Paper 2007-01-1417, 2007.
3. Zeng, W., Xu, M., Zhang, M., Zhang, Y., Cleary, DJ., "Macroscopic characteristics for direct-injection multi-hole sprays using dimensionless analysis", *Exp Thermal Fluid Sci* 2012; 40:81-92.
4. Postriotti, L., Bosi, M., Mariani, A., Ungaro, C. Momentum flux spatial distribution and PDA analysis of a GDI spray. (2012) SAE Technical Papers 2012-01-0459. doi 10.4271/2012-01-0459.
5. Hoffmann, G., Befrii, B., Berndorfer, A., Piock, W. et al., "Fuel System Pressure Increase for Enhanced Performance of GDI Multi-Hole Injection Systems", SAE Int. J. Engines 7(1):519-527, 2014.
6. Husted, H., Spegar, T., and Spakowski, J., "The Effects of GDI Fuel Pressure on Fuel Economy". (2014), SAE Technical Paper 2014-01-1438, doi 10.4271/2014-01-1438.
7. Wang, C., Xu, H., Herreros, JM., Wang, J., Cracknell, R., "Impact of fuel and injection system on particle emissions from a GDI engine". *Applied Energy* 132 (2014) 178-191.
8. Lee, S., Park, S.: Experimental study on spray break-up and atomization processes from GDI injector using high injection pressure up to 30MPa, (2014) *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 45 (1), pp. 14-22.
9. Li, Y., Guo, H., Ma, X., Wang, J., Xu, H.: Droplet dynamics of DI spray from sub-atmospheric to elevated ambient pressure. (2016) *Fuel*, 179, pp. 25-35.
10. Moon, S., Li, T., Sato, K., Yokohata, H.: Governing parameters and dynamics of turbulent spray atomization from modern GDI injectors, (2017) *Energy*, 127, pp. 89-100.
11. F. Giussani, A. Montorfano, F. Piscaglia, A. Onorati, J. Hélie, S.M. Aithal, Dynamic VOF Modelling of the Internal Flow in GDI Fuel Injectors, *In Energy Procedia*, Volume 101, 2016, Pages 574-581.
12. Malaguti, S., Fontanesi, S., Cantore, G., Montanaro, A., Allocca, L. Modelling of primary breakup process of a gasoline direct engine multi-hole spray (2013) *Atomization and Sprays*, 23 (10), pp. 861-88.
13. Schmitz, I., Ipp, W., and Leipertz, A., "Flash Boiling Effects on the Development of Gasoline Direct-Injection Engine Sprays," SAE Technical Paper 2002-01-2661, 2002.
14. E. A. IBRAHIM, H. Q. YANG, and A. J. PRZEKWAŚ. "Modeling of spray droplets deformation and breakup", *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 9, No. 4 (1993), pp. 651-654.
15. Arcoumanis, C., Gavaises, M., Argueyrolles, B., and Galzin, F., "Modeling of Pressure-Swirl Atomizers for GDI Engines." SAE Technical Paper 1999-01-0500, 1999.

16. R. Banerjee, Santhosh Kumar, Numerical investigation of stratified air/fuel preparation in a GDI engine, In *Applied Thermal Engineering, Volume 104*, 2016, Pages 414-42.
17. Giovannoni, N., D'Adamo, A., Nardi, L., Cantore, G. Effects of fuel composition on charge preparation, combustion and knock tendency in a high performance GDI engine. Part I: RANS analysis (2015) *Energy Procedia*, 81, pp. 805-816.
18. D'Adamo, A., Giovannoni, N., Nardi, L., Cantore, G., D'Angelis, A. Effects of fuel composition on charge preparation, combustion and knock tendency in a high performance GDI engine. Part II: LES analysis (2015) *Energy Procedia*, 81, pp. 817-825.
19. Giovannoni, N., Breda, S., Paltrinieri, S., D'Adamo, A. et al., "CFD Analysis of the Effects of Fuel Composition and Injection Strategy on Mixture Preparation and Fuel Deposit Formation in a GDI Engine," *SAE Technical Paper 2015-24-2408*, 2015.
20. W. Zeuch, Neue Verfahren zur Messung des Einspritzgesetzes und der Einspritz-Regelmaessigkeit von Diesel-Einspritzpumpen, *MTZ Jahrg. 22 heft 9.1961* [in German].
21. Postriotti, L., Buitoni, G., Pesce, F.C., Ciaravino, C.: Zeuch method-based injection rate analysis of a common-rail system operated with advanced injection strategies, (2014) *Fuel*, 128, pp. 188-198.
22. Postriotti, L., Caponeri, G., Buitoni, G.: Injection Rate Measurement of GDI Systems Operating against Sub-Atmospheric and Pressurized Downstream Conditions, (2017) *SAE Technical Papers*, 2017-September.
23. Postriotti, L., Bosi, M., Cavicchi, A., Zahra, F.A., Di Gioia, R., Bonandrini, G., Momentum flux measurement on single-hole GDI injector under flash-boiling condition. (2015) *SAE Technical Papers*, 24 (2480) .
24. Cavicchi, A., Postriotti, L., Giovannoni, N., Fontanesi, S., Bonandrini, G., Di Gioia, R. Numerical and experimental analysis of the spray momentum flux measuring on a GDI injector, (2017) *Fuel*, 206, pp. 614-627.
25. SAEJ2715. Gasoline Fuel Injector Spray Measurement and Characterization, in *Surface Vehicle Recommended Practices*, (2007).
26. Star-CD v4.22 User Guide.
27. Han, Z., Reitz, R.D., "Turbulence Modeling of Internal Combustion Engines Using RNG  $\kappa$ - $\epsilon$  Models", *Comb. Sci. Tech.* 106, 267 (1995).
28. Yakhot, V., and S. A. Orszag, 1986. Renormalization group analysis of turbulence. I. Basic theory. *J. Sci. Computing* 1, 3-51.
29. P.J. Linstrom and W.G. Mallard, Eds., *NIST Chemistry WebBook*, NIST Standard Reference Database Number 69, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD, 20899. doi:10.18434/74D303. (retrieved December 28, 2017).
30. Senda, J., Kanda, T., Al-Roub, M., Farrell, P. et al., "Modeling Spray Impingement Considering Fuel Film Formation on the Wall," *SAE Technical Paper 970047*, 1997.
31. C. Habchi, H. Foucart, T. Barinaud. Influence of the Wall Temperature on the Mixture Preparation in Di Gasoline Engines. *Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP* 54 (2) 211-222 (1999).
32. Reitz, R., Divakar, R., "Effect of Drop Breakup on Fuel Sprays," *SAE Technical Paper 860469*, 1986, doi:10.4271/860469.
33. von Kuensberg Sarre, C., Kong, S., and Reitz, R., "Modeling the Effects of Injector Nozzle Geometry on Diesel Sprays," *SAE Technical Paper 1999-01-0912*, 1999.

## **Relazione di fine anno delle attività svolte**

**Assegnista: Dott. Francesco Santoni**

**Periodo: 1 maggio 2017 – 30 aprile 2018**

**Assegno di ricerca relativo a Bando PRIN 2015**

**Docente: Prof. Paolo Carbone**

La mia attività di ricerca si è svolta nell'ambito del progetto di durata triennale *Six DOF Finger Tracking System*, finanziato con bando PRIN 2015 (2015C37B25). Scopo precipuo del progetto è lo sviluppo di un sistema di posizionamento a corto raggio in non-linea-di-vista, utilizzabile per finalità biometriche e biomediche (ad esempio per la rilevazione di sonde endoscopiche o la guida di strumenti chirurgici), e applicabile a supporti indossabili. Il sistema di posizionamento è basato sulla rilevazione e misurazione di campi magnetici, ed è composto sia da parti attive (che producono il campo magnetico) che passive (usate per rilevare il campo).

Essendo quello in oggetto il primo anno di attività del progetto, la prima fase del mio lavoro è consistita nello studio dello stato dell'arte sui sistemi di posizionamento, e in particolare dei lavori già svolti in merito dal gruppo di Misure Elettroniche guidato dal Prof. Paolo Carbone, presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Perugia.

Successivamente ho dedicato la gran parte del mio lavoro, in collaborazione con gli altri colleghi, all'implementazione e alla caratterizzazione di un semplice prototipo di sistema di posizionamento magnetico. Il sistema, come nel seguito dettagliato, è stato effettivamente realizzato e testato, anche in collaborazione con l'Università di Cassino (uno degli altri partner del progetto).

I miei compiti principali sono stati i seguenti:

- 1) Attività di laboratorio, nelle quali mi sono occupato dell'assemblaggio delle componenti del sistema di posizionamento, e acquisizione ed elaborazione di segnali.
- 2) Sviluppo di tutte le componenti software necessarie al funzionamento del sistema di posizionamento magnetico, in particolare del software che permette di acquisire il segnale indotto dal campo magnetico e processarlo al fine di poter rilevare in tempo reale la posizione e l'assetto di una bobina attiva in movimento entro il volume coperto dai ricevitori.
- 3) Programmazione di un braccio robotico utilizzato per muovere la bobina attiva lungo traiettorie note usate come riferimento per la calibrazione del sistema.

Secondariamente mi sono dedicato alla creazione e gestione del sito internet [6doftracking.unipg.it](http://6doftracking.unipg.it) nel quale vengono illustrate le finalità del progetto e forniti tutti gli aggiornamenti sulle attività man mano svolte dal gruppo. Inoltre mi sono occupato dell'acquisto di nuova strumentazione per il laboratorio di misure elettroniche, reperendo informazioni e valutando le caratteristiche di diversi strumenti. Alla fine è stato acquistato un oscilloscopio, un generatore di forme d'onda, una fresatrice a controllo numerico e un avvolgitore automatico di bobine. La fresatrice e l'avvolgitore saranno utilizzate nell'ambito del progetto per la realizzazione di un altro prototipo più avanzato.

Per quanto riguarda le pubblicazioni, sono il primo autore del seguente articolo a conferenza:

F. Santoni, A. De Angelis, A. Moschitta and P. Carbone, *Calibrating a magnetic positioning system using a robotic arm*, in IEEE I2MTC2018, Houston, 2018, doi: 10.1109/I2MTC.2018.8409697

Sono stato inoltre co-autore del seguente articolo a conferenza:

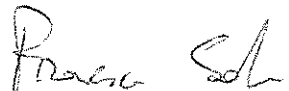
A. Moschitta, A. De Angelis, F. Santoni, M. Dionigi, G. De Angelis and P. Carbone, *Accurate estimation of a coil magnetic dipole moment*, 2017 IEEE International Workshop on Measurement and Networking (M&N), Naples, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/IWMN.2017.8078357,

il quale è stato successivamente esteso come articolo a rivista:

A. Moschitta, A. De Angelis, F. Santoni, M. Dionigi, G. De Angelis and P. Carbone, *Estimation of the Magnetic Dipole Moment of a Coil Using AC Voltage Measurements*, IEEE Trans. Instrum. Meas. doi: 10.1109/TIM.2018.2828700

**In Fede**

**Dott. Francesco Santoni**



**Perugia**

Allegato N. .... 1 ..... al punto  
dell'ordine del giorno N. .... 10 .....

Perugia, 13 giugno 2018

Al Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Perugia

pec: [protocollo@cert.unipg.it](mailto:protocollo@cert.unipg.it)

Al Presidente dell'Ordine degli Architetti PPC della Provincia di Perugia

pec: [archperugia@pec.aruba.it](mailto:archperugia@pec.aruba.it)

Al Presidente dell'Ordine degli Architetti PPC della Provincia di Terni

pec: [oaappc.terni@archiworldpec.it](mailto:oaappc.terni@archiworldpec.it)

Al Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia

pec: [ordine.perugia@ingpec.eu](mailto:ordine.perugia@ingpec.eu)

Al Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni

pec: [ordine.terni@ingpec.eu](mailto:ordine.terni@ingpec.eu)

**RACCOMANDATA A.R.**

Alla Dott.ssa Grazia Maria Cascio Mastrodicasa  
Via Bonfigli, 10 - 06126 PERUGIA

OGGETTO: Centro Studi Sisto Mastrodicasa: rinnovo dei rappresentanti in seno all'Assemblea dei Soci ed al Consiglio Direttivo.

Ai sensi dell'articolo 14 del vigente Statuto del Centro Studi Sisto Mastrodicasa si informano le SS.VV. che nell'anno 2018 scadrà il mandato dell'attuale Consiglio Direttivo.

In base a quanto previsto dallo Statuto approvato dall'Assemblea Straordinaria dei Soci del 12 marzo 2018, si chiede di voler comunicare il nominativo dei Consiglieri per il prossimo quadriennio 2018 / 2022, in base al seguente schema:

- un rappresentante della Famiglia Mastrodicasa, nominato dagli eredi legittimi;
- un rappresentante nominato dall'Università degli Studi di Perugia fra i docenti di ruolo della Facoltà di Ingegneria;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Terni;
- due rappresentanti nominati dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni.

Si precisa che la nomina avrà valore anche per le sedute dell'Assemblea dei Soci così come disciplinata dall'articolo 13 dello Statuto; si chiede pertanto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia di specificare quale dei due rappresentanti nominati in sede di Consiglio Direttivo, rappresenterà l'Ordine in sede di Assemblea.

Si chiede di voler effettuare la richiesta comunicazione entro il mese di ottobre all'indirizzo pec: [mastrodicasa@pec.it](mailto:mastrodicasa@pec.it).

pag.1

## **CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA**

per il consolidamento ed il restauro del patrimonio strutturale, edilizio e monumentale

---

Il Segretario del Centro Studi rimane a disposizione per qualunque necessità in merito anche al numero 338 388 94 61.

Mi è grata l'occasione per porgere i miei più cordiali saluti.

il Presidente del  
**Centro Studi Sisto Mastrodicasa**  
Prof. Ing. Antonio Borri



pag.2

Da: mastrodicasa <mastrodicasa@pec.it>  
A: =?utf-8?b?VW5pdmVyc2l0w6AgZGkgUGVydWdpYSA=?= <protocollo@cert.unipg.it>  
CC:  
Data: Fri Jul 13 16:18:07 CEST 2018  
Oggetto: Centro Studi Sisto Mastrodicasa - trasmissione Statuto

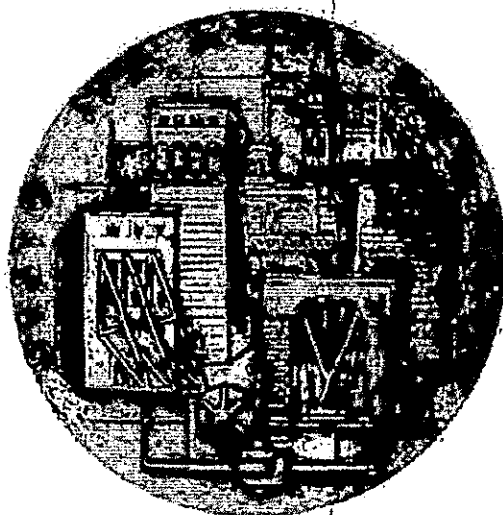
-----Testo-----

?

Facendo seguito alla nostra precedente nota PEC del 14 giugno us, nonch? ai contatti telefonici intercorsi con gli Uffici di questa Universit?, si trasmette copia del verbale dell'Assemblea Straordinaria del 12 marzo 2018 nonch? copia dello Statuto del Centro Studi come modificato nel corso della citata Assemblea.

Cordialmente,  
Paolo Tognaccini?





# CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA

## STATUTO

revisione approvata dall'Assemblea Straordinaria dei Soci in data 12 marzo 2018

## ART. 1 - DENOMINAZIONE

Il 22/11/1989 l'Università degli Studi di Perugia e gli Ordini professionali degli Architetti e degli Ingegneri delle Province di Perugia e Terni, con l'intento di onorare la memoria dell'insigne Studioso Umbro, hanno costituito il CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA.

## ART. 2 - FINALITA'

Il Centro Studi non ha scopi di lucro e persegue le seguenti finalità:

- diffondere le conoscenze tecnico-scientifiche e metodologiche riguardanti le costruzioni, con particolare riferimento ai problemi della conservazione, del consolidamento e del restauro;
- promuovere, sostenere ed organizzare ricerche e studi in ordine alle problematiche suddette;
- far conoscere l'opera scientifica e tecnica di Sisto Mastrodicasa.

Il Centro Studi persegue le suddette finalità operando attraverso:

- l'istituzione di corsi anche permanenti di formazione, di aggiornamento e di specializzazione nei settori del consolidamento e del restauro;
- la collaborazione tecnico-scientifica con Enti pubblici e privati;
- l'organizzazione di convegni, incontri di studio, seminari e di ogni altra iniziativa utile al raggiungimento delle finalità indicate;
- l'elargizione di borse di studio e di premi di laurea per promuovere studi e ricerche di particolare interesse;
- la promozione di ogni idonea iniziativa tendente a sviluppare le materie rientranti nelle sue finalità istituzionali nei corsi di studio delle Scuole e nei Dipartimenti di Architettura e di Ingegneria;
- l'istituzione di rapporti di collaborazione con le Scuole e con i Dipartimenti di Architettura e di Ingegneria;

- la pubblicazione di studi, ricerche, esperienze rientranti nell'ambito delle finalità statutarie.

#### ART. 3 - SEDE

Il Centro Studi ha sede legale ed amministrativa presso la sede dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia.

Il Centro può istituire Sedi distaccate.

#### ART. 4 - SOCI

I Soci si distinguono in:

- Soci Fondatori;
- Soci Onorari;
- Soci Ordinari;
- Soci Sostenitori.

#### ART. 5 - SOCI FONDATORI

Sono Soci Fondatori del Centro Studi:

- l'Università degli Studi di Perugia;
- l'Ordine degli Architetti della Provincia di Perugia;
- l'Ordine degli Architetti della Provincia di Terni;
- l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia;
- l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni.

Gli ordini degli Architetti e degli Ingegneri partecipano al Centro Studi con quote annuali stabilite dal Consiglio Direttivo ed approvate dall'Assemblea dei Soci, con l'attività scientifica e didattica dei propri iscritti.

L'Università degli Studi di Perugia partecipa al Centro con l'attività scientifica e didattica dei propri docenti-

#### ART. 6 - SOCI ONORARI

L'Assemblea dei Soci può nominare Soci Onorari persone altamente qualificate che abbiano contribuito alla crescita ed allo sviluppo delle discipline di interesse del Centro.

È Socio Onorario un rappresentante della Famiglia di Sisto Mastrodicasa nominato dagli eredi legittimi.

#### ART. 7 - SOCI ORDINARI

Sono Soci Ordinari le persone giuridiche, le persone fisiche, gli Istituti, le Associazioni e gli Enti interessati al raggiungimento delle finalità e degli scopi del Centro Studi.

I Soci Ordinari sono tenuti al versamento delle quote associative stabilite dal Consiglio Direttivo ed approvate dall'Assemblea dei Soci.

#### ART. 8 - SOCI SOSTENITORI

Possono essere ammessi al Centro Studi in qualità di Soci Sostenitori:

- le Persone giuridiche, gli Istituti, le Imprese e gli Enti che, per la loro qualifica, potranno dare un particolare contributo al migliore raggiungimento delle finalità statutarie del Centro Studi;
- gli Studiosi ed i Cultori di discipline affini alle finalità del Centro Studi.

La qualità di Socio Sostenitore è condizionata di norma alla concessione di un contributo finanziario annuale, a favore del Centro Studi nella misura stabilita dal Consiglio Direttivo ed approvata dall'Assemblea dei Soci.

#### ART. 9 - RAPPORTO ASSOCIATIVO

Il rapporto associativo è a tempo indeterminato.

Per essere ammessi a far parte del Centro in qualità di Socio Ordinario o Socio Sostenitore occorre inoltrare domanda al Presidente del Centro che la sottoporrà all'approvazione del Consiglio Direttivo; analoga procedura è prevista per la rescissione del rapporto associativo.

Il rapporto associativo può rescindersi per recesso del Socio, per motivata esclusione del Socio deliberata dal Consiglio Direttivo, in caso di reiterate gravi inadempienze degli obblighi associativi, o di qualunque altro comportamento incompatibile con il perseguimento delle finalità istituzionali del Centro.

In caso di recesso, di rescissione del rapporto associativo o di scioglimento del Centro, si rinvia alle relative norme di cui agli artt. 24, 27, 30 e 31 del Codice Civile.

Ogni Socio che cessa ha l'obbligo di versare i contributi stabiliti per tutta la durata dell'anno nel corso del quale è cessato il rapporto associativo.

#### ART. 10 - PATRIMONIO

Il patrimonio del Centro Studi è costituito:

- dai contributi di fondazione erogati dagli Ordini Professionali degli Architetti e degli Ingegneri delle Province di Perugia e di Terni;
- dai contributi di ammissione dei Soci Ordinari;
- dai contributi straordinari erogati dai Soci Fondatori e dai Soci Ordinari, deliberati con lo scopo di incrementare il patrimonio;
- da eventuali donazioni, lasciti e contribuzioni straordinarie di persone ed Enti;
- dai risultati derivanti dalla gestione, salvo diversa deliberazione dell'Assemblea;
- da ogni altra entrata in conto capitale che concorra ad incrementare il patrimonio sociale.

La Famiglia di Sisto Mastrodicasa con la propria adesione contribuisce concedendo l'uso del nome, dell'immagine e del patrimonio culturale e professionale di Sisto Mastrodicasa.

#### ART. 11 - FINANZIAMENTI

Il Centro Studi opera mediante finanziamenti provenienti:

- dalle quote annuali versate dagli Ordini Professionali, dai Soci Ordinari e dai contributi annuali dei Soci Sostenitori; le quote ed i contributi sono dovuti per ogni anno sociale, indipendentemente dal momento in cui si è iscritto un nuovo associato;
- dai contributi straordinari dei Soci per interventi una tantum deliberati dal Consiglio Direttivo ed approvati dall'Assemblea dei Soci;
- dalle collaborazioni con Enti Pubblici e Privati;
- da contributi del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca e del Consiglio Nazionale delle Ricerche;
- dalla partecipazione a progetti di ricerca;
- da contributi volontari elargiti da Enti pubblici e privati;
- da proventi di pubblicazioni scientifiche o divulgative e dalle quote di partecipazione di corsi di istruzione.

#### ART. 12 - ORGANI DEL CENTRO STUDI

Gli Organi del Centro Studi sono:

- l'Assemblea dei Soci;
- il Presidente;
- il Consiglio Direttivo;

- il Comitato Scientifico;
- il Collegio dei Revisori.

#### ART. 13 - ASSEMBLEA DEI SOCI

L'Assemblea dei Soci è formata dalle persone fisiche che rappresentano i Soci Fondatori ed i Soci Ordinari, con un solo rappresentante per ciascun Socio, nonché dai Soci Onorari, dal Presidente.

Alle sedute dell'Assemblea possono partecipare i rappresentanti dei Soci Sostenitori ed i Sindaci revisori, tutti senza diritto di voto.

L'Assemblea dei Soci delibera a maggioranza semplice dei presenti e, in caso di parità dei voti, vale il voto del Presidente.

L'Assemblea dei Soci è convocata dal Presidente del Centro Studi in seduta ordinaria, almeno una volta all'anno, con lettera, email o fax inviato con almeno 15 giorni di anticipo e in seduta straordinaria con comunicazione inviata a mezzo PEC o fax con almeno sette giorni di anticipo.

L'Assemblea dei Soci viene convocata anche quando ne faccia richiesta almeno 1/3 dei Soci Fondatori, Ordinari ed Onorari.

Per l'approvazione del rendiconto dell'anno precedente l'Assemblea dei Soci è convocata dal Presidente del Centro entro il 31 marzo di ogni anno.

L'Assemblea dei Soci è regolarmente costituita quando sia presente almeno la metà dei Soci Fondatori, Ordinari e Onorari. Ogni Socio ha diritto ad un voto e può farsi rappresentare da un altro Socio mediante delega scritta.

L'Assemblea Ordinaria dei Soci elegge il Presidente del Centro Studi scegliendolo fra i docenti dei Dipartimenti di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia o tra eminenti studiosi che si sono distinti nell'ambito delle materie proprie delle finalità istituzionali del Centro Studi, appartenenti agli altri Soci Fondatori del Centro Studi.

L'Assemblea Ordinaria dei Soci può eleggere un Vice Presidente scelto tra i membri del Consiglio Direttivo.

L'assemblea Ordinaria dei Soci può eleggere un Presidente Onorario, carica destinata a rendere omaggio a persone che negli anni si sono distinte per dedizione e sostegno al Centro Studi, il quale può partecipare, senza diritto di voto, alle sedute dell'Assemblea dei Soci.

Il Presidente Onorario dura in carica fino al termine del mandato del Consiglio Direttivo in essere al momento della sua nomina e può essere rinominato.

L'Assemblea dei Soci è presieduta dal Presidente del Centro Studi o, in sua assenza, da un Presidente eletto dall'Assemblea medesima all'inizio di ogni seduta e scelto tra i Soci aventi diritto di voto.

Il Presidente nomina un Segretario, anche al di fuori dell'Assemblea dei Soci.

L'Assemblea ordinaria dei Soci, sulla base delle proposte presentate dal Consiglio Direttivo del Centro Studi, a maggioranza semplice dei presenti:

- approva il regolamento interno del Centro Studi;
- approva le iniziative ed i progetti delle attività;
- approva il rendiconto di gestione;
- delibera l'ammontare delle quote associative annuali e dei contributi ordinari e straordinari;
- delibera sull'accettazione di nuovi Soci proposti dal Consiglio Direttivo.

L'Assemblea straordinaria dei Soci delibera le modifiche del presente Statuto con la maggioranza dei due terzi degli aventi diritto al voto.

#### ART 14 - CONSIGLIO DIRETTIVO

Il Centro Studi è amministrato da un Consiglio Direttivo che è composto da:



- il Presidente del Centro Studi;
- un rappresentante della Famiglia Mastrodicasa nominato dagli eredi legittimi;
- un rappresentante nominato dall'Università degli Studi di Perugia fra i docenti di ruolo appartenenti ai Dipartimenti di Ingegneria;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Terni;
- due rappresentanti nominati dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni.

I Membri del Consiglio possono essere a loro volta rappresentati da supplenti nominati con delega scritta.

Alle sedute del Consiglio Direttivo possono partecipare il Presidente Onorario, qualora nominato, ed i Sindaci revisori, tutti senza diritto di voto.

Il Consiglio Direttivo dura in carica quattro anni. Se durante i quattro anni, per qualsiasi motivo, vengono a mancare uno o più membri, questi possono essere sostituiti da altri rappresentanti nominati dai soci fondatori, il cui mandato scade comunque alla fine del quadriennio in corso.

Il Consiglio Direttivo viene convocato dal Presidente almeno due volte l'anno e comunque ogni volta che ne venga fatta richiesta da almeno tre componenti, dandone preavviso ai membri a mezzo PEC o fax con almeno sette giorni di anticipo.

Il Consiglio Direttivo è regolarmente costituito quando è presente almeno la metà più uno dei Membri e delibera a maggioranza semplice dei presenti. In caso di parità, vale il voto del Presidente.

Il Presidente è coadiuvato da un Segretario nominato dal Consiglio Direttivo su proposta dello stesso Presidente e scelto anche al di fuori dei membri del Consiglio medesimo.

Il Segretario gestisce l'attività amministrativa del Centro Studi, coordina le attività dei vari collaboratori e cura i rapporti con gli Enti pubblici e privati.

Il Consiglio Direttivo può stabilire un compenso annuale ed il rimborso delle spese a favore del Segretario.

Il Consiglio Direttivo gestisce l'amministrazione ordinaria e straordinaria del Centro Studi, essendo di sua competenza tutto ciò che non è espressamente riservato all'Assemblea dei Soci.

Sono suoi compiti, fra l'altro:

- approvare il programma annuale delle attività del Centro Studi;
- deliberare sulla gestione finanziaria, sull'utilizzazione dei fondi, sull'acquisizione e sull'uso di strutture ed attrezzature;
- promuovere, coordinare e sovrintendere alle iniziative ed alle attività del Centro Studi;
- esaminare le richieste di ammissione di nuovi Soci, esprimendo parere in merito alla loro accettazione, da sottoporre all'Assemblea dei Soci;
- avanzare richieste di finanziamenti;
- nominare i componenti del Comitato Scientifico.

#### ART. 15 - PRESIDENTE

Il Presidente del Centro Studi:

- convoca e coordina il Consiglio Direttivo;
- dirige il Centro Studi sottoponendo al Consiglio Direttivo, per l'esame e l'approvazione, il programma annuale, i progetti delle attività, i relativi piani finanziari e le previsioni annuali di entrate e di uscite;
- rappresenta il Centro Studi nei confronti di terzi;
- convoca le Assemblee Ordinarie e Straordinarie dei Soci;
- redige i rapporti annuali delle attività svolte ed i programmi delle attività future da presentare all'Assemblea dei Soci;
- Il Presidente può delegare nelle proprie funzioni il Vice Presidente, il Presidente Onorario, ove nominati, o altri membri del Consiglio Direttivo.

#### ART.16 - COMITATO SCIENTIFICO

Il Comitato Scientifico è composto da eminenti Studiosi o Cultori delle materie proprie delle finalità istituzionali del Centro Studi ed ha lo scopo di fornire un autorevole supporto scientifico per lo sviluppo delle attività di ricerca e di divulgazione svolte dal Centro medesimo.

Il Comitato Scientifico viene nominato dal Consiglio Direttivo ed è coordinato dal Presidente del Centro.

I Membri del Comitato durano in carica fino al termine del mandato del Consiglio Direttivo in essere al momento della loro nomina e possono essere rinominati.

#### ART. 17 - COLLEGIO DEI REVISORI

Il Collegio dei Revisori è composto da tre membri effettivi e da due supplenti.

I membri del Collegio dei Revisori sono nominati dall'Assemblea dei Soci e durano in carica due esercizi sociali.

Al Collegio dei Revisori compete il ruolo di controllare la gestione amministrativa del Centro Studi.

Il compenso e le modalità di pagamento ai Revisori sono deliberati dal Consiglio Direttivo.

Per quanto non espressamente dichiarato, si rimanda a quanto stabilito dal Codice Civile.

#### ART. 18 - DURATA E SCIoglimento

La durata del Centro Studi viene stabilita a tempo indeterminato.

Il Centro Studi si estingue per deliberazione dell'Assemblea Straordinaria dei Soci, con il voto favorevole di almeno 4/5 (quattro quinti) dei Soci Fondatori, dei Soci Onorari ed Ordinari.

Nel caso di scioglimento, l'Assemblea:

- determina le modalità di liquidazione e della devoluzione del patrimonio residuo;
- nomina tre liquidatori, anche fra i non iscritti al Centro Studi, stabilendone i poteri e i relativi compensi.

#### ART. 19 - NORME FINALI E TRANSITORIE

Per quanto non previsto nel presente Statuto, valgono le norme di legge.

Il presente Statuto abroga il precedente del 01/12/1995, ed entrerà in vigore alla scadenza naturale del mandato dell'Assemblea e del Consiglio Direttivo in carica.

**CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA**

per il consolidamento ed il restauro del patrimonio strutturale, edilizio e monumentale

147

**Assemblea Straordinaria del 12 marzo 2018**

Il giorno 12 marzo 2018, alle ore 18.30, presso una sala dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia, Via Campo di Marte n.9, a Perugia, si è riunita, previa regolare convocazione, l'Assemblea Ordinaria del Centro Studi Sisto Mastrodicasa con il seguente ordine del giorno:

1. comunicazioni;
2. discussione ed eventuale approvazione del nuovo Statuto del Centro Studi Sisto Mastrodicasa;
3. varie ed eventuali.

Sono presenti:

		presente	assente
prof. Antonio <b>BORRI</b>	Presidente	X	
arch. Veronica <b>BENEDETTI</b>	consigliere		X
arch. Ferruccio <b>DELLA FINA</b>	consigliere	X	
ing. Luca <b>LEONARDI</b>	consigliere	X	
ing. Carlo <b>MARGHERITI</b>	consigliere	X	
ing. Massimo <b>MARIANI</b>	consigliere	X	
prof. Marco <b>MEZZI</b>	consigliere		X
ing. Pio <b>CASTORI</b>	sindaco revisore	X	
arch. Maria Carmela <b>FRATE</b>	sindaco revisore	X	
arch. Paolo <b>RASPA</b>	sindaco revisore	X	
arch. Andrea <b>TRABATTONI</b>	sindaco revisore	X	

L'arch. Paolo Togniaccini, Segretario del Centro Studi, procede alla verbalizzazione.

1. Comunicazioni;

Non vi sono comunicazioni.

2. Discussione ed eventuale approvazione del nuovo Statuto del Centro Studi Sisto Mastrodicasa;

Il Presidente ricorda come nel corso di questi ultimi anni si fosse manifestata la necessità di aggiornare lo Statuto del Centro Studi, la cui ultima revisione risale al 1995.

Ricorda inoltre che dal mese di settembre 2017 si sono svolti degli incontri aperti a tutti i Consiglieri e Sindaci revisori per discutere le eventuali modifiche da apportare allo Statuto vigente.

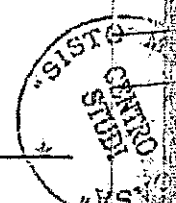
Da questi incontri è scaturita una nuova versione dello Statuto che oggi viene portata per l'approvazione.

Il Presidente dà lettura del testo.

Vengono discussi i vari articoli ed al termine viene posta in votazione la nuova versione dello Statuto, che viene approvato all'unanimità dai presenti.

3. Varie ed eventuali.

Non vi sono argomenti da trattare.



**CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA**

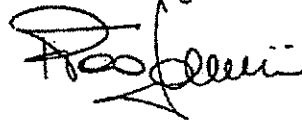
per il consolidamento ed il restauro del patrimonio strutturale, edilizio e monumentale

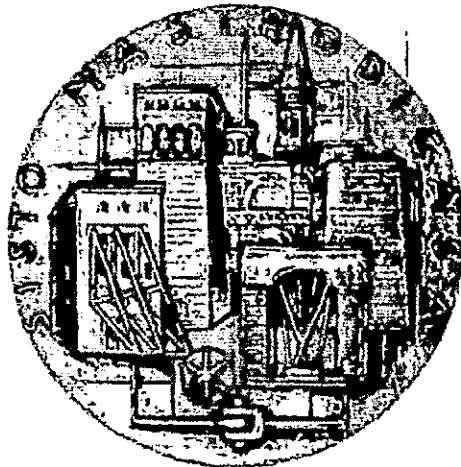
Alle ore 19,45 non essendovi altri argomenti da trattare la seduta viene sciolta.

Il Presidente del  
Centro Studi "Sisto Mastrodicasa"  
Prof. Ing. Antonio Borri



Il Segretario del  
Centro Studi "Sisto Mastrodicasa"  
arch. Paolo Tognaccini





# CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA

## STATUTO

revisione approvata dall'Assemblea Straordinaria dei Soci in data 12 marzo 2018



## ART. 1- DENOMINAZIONE

Il 22/11/1989 l'Università degli Studi di Perugia e gli Ordini professionali degli Architetti e degli Ingegneri delle Province di Perugia e Terni, con l'intento di onorare la memoria dell'Insigne Studioso Umbro, hanno costituito il CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA.

## ART. 2 - FINALITÀ

Il Centro Studi non ha scopi di lucro e persegue le seguenti finalità:

- diffondere le conoscenze tecnico-scientifiche e metodologiche riguardanti le costruzioni, con particolare riferimento ai problemi della conservazione, del consolidamento e del restauro;
- promuovere, sostenere ed organizzare ricerche e studi in ordine alle problematiche suddette;
- far conoscere l'opera scientifica e tecnica di Sisto Mastrodicasa.

Il Centro Studi persegue le suddette finalità operando attraverso:

- l'istituzione di corsi anche permanenti di formazione, di aggiornamento e di specializzazione nei settori del consolidamento e del restauro;
- la collaborazione tecnico-scientifica con Enti pubblici e privati;
- l'organizzazione di convegni, incontri di studio, seminari e di ogni altra iniziativa utile al raggiungimento delle finalità indicate;
- l'elargizione di borse di studio e di premi di laurea per promuovere studi e ricerche di particolare interesse;
- la promozione di ogni idonea iniziativa tendente a sviluppare le materie rientranti nelle sue finalità istituzionali nei corsi di studio delle Scuole e nei Dipartimenti di Architettura e di Ingegneria;
- l'istituzione di rapporti di collaborazione con le Scuole e con i Dipartimenti di Architettura e di Ingegneria;





- la pubblicazione di studi, ricerche, esperienze rientranti nell'ambito delle finalità statutarie.

#### ART. 3 - SEDE

Il Centro Studi ha sede legale ed amministrativa presso la sede dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia.

Il Centro può istituire Sedi distaccate.

#### ART. 4 - SOCI

I Soci si distinguono in:

- Soci Fondatori;
- Soci Onorari;
- Soci Ordinari;
- Soci Sostenitori.

#### ART. 5 - SOCI FONDATORI

Sono Soci Fondatori del Centro Studi:

- l'Università degli Studi di Perugia;
- l'Ordine degli Architetti della Provincia di Perugia;
- l'Ordine degli Architetti della Provincia di Terni;
- l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia;
- l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni.

Gli ordini degli Architetti e degli Ingegneri partecipano al Centro Studi con quote annuali stabilite dal Consiglio Direttivo ed approvate dall'Assemblea dei Soci, con l'attività scientifica e didattica dei propri iscritti.



L'Università degli Studi di Perugia partecipa al Centro con l'attività scientifica e didattica dei propri docenti.

#### ART. 6 - SOCI ONORARI

L'Assemblea dei Soci può nominare Soci Onorari persone altamente qualificate che abbiano contribuito alla crescita ed allo sviluppo delle discipline di interesse del Centro.

È Socio Onorario un rappresentante della Famiglia di Sisto Mastrodicasa nominato dagli eredi legittimi.

#### ART. 7 - SOCI ORDINARI

Sono Soci Ordinari le persone giuridiche, le persone fisiche, gli Istituti, le Associazioni e gli Enti interessati al raggiungimento delle finalità e degli scopi del Centro Studi.

I Soci Ordinari sono tenuti al versamento delle quote associative stabilite dal Consiglio Direttivo ed approvate dall'Assemblea dei Soci.

#### ART. 8 - SOCI SOSTENITORI

Possano essere ammessi al Centro Studi in qualità di Soci Sostenitori:

- le Persone giuridiche, gli Istituti, le Imprese e gli Enti che, per la loro qualifica, potranno dare un particolare contributo al migliore raggiungimento delle finalità statutarie del Centro Studi;
- gli Studiosi ed i Cultori di discipline affini alle finalità del Centro Studi.

La qualità di Socio Sostenitore è condizionata di norma alla concessione di un contributo finanziario annuale, a favore del Centro Studi nella misura stabilita dal Consiglio Direttivo ed approvata dall'Assemblea dei Soci.

#### ART. 9 - RAPPORTO ASSOCIATIVO

Il rapporto associativo è a tempo indeterminato.

Per essere ammessi a far parte del Centro in qualità di Socio Ordinario o Socio Sostenitore occorre inoltrare domanda al Presidente del Centro che la sottoporrà all'approvazione del Consiglio Direttivo; analoga procedura è prevista per la rescissione del rapporto associativo.

Il rapporto associativo può rescindersi per recesso del Socio, per motivata esclusione del Socio deliberata dal Consiglio Direttivo, in caso di reiterate gravi inadempienze degli obblighi associativi, o di qualunque altro comportamento incompatibile con il perseguimento delle finalità istituzionali del Centro.

In caso di recesso, di rescissione del rapporto associativo o di scioglimento del Centro, si rinvia alle relative norme di cui agli artt. 24, 27, 30 e 31 del Codice Civile.

Ogni Socio che cessa ha l'obbligo di versare i contributi stabiliti per tutta la durata dell'anno nel corso del quale è cessato il rapporto associativo.

#### ART. 10 - PATRIMONIO

Il patrimonio del Centro Studi è costituito:

- dai contributi di fondazione erogati dagli Ordini Professionali degli Architetti e degli Ingegneri delle Province di Perugia e di Terni;
- dai contributi di ammissione dei Soci Ordinari;
- dai contributi straordinari erogati dai Soci Fondatori e dai Soci Ordinari, deliberati con lo scopo di incrementare il patrimonio;
- da eventuali donazioni, lasciti e contribuzioni straordinarie di persone ed Enti;
- dai risultati derivanti dalla gestione, salvo diversa deliberazione dell'Assemblea;
- da ogni altra entrata in conto capitale che concorra ad incrementare il patrimonio sociale.



La Famiglia di Sisto Mastrodicasa con la propria adesione contribuisce concedendo l'uso del nome, dell'immagine e del patrimonio culturale e professionale di Sisto Mastrodicasa.

#### ART. 11 - FINANZIAMENTI

Il Centro Studi opera mediante finanziamenti provenienti:

- dalle quote annuali versate dagli Ordini Professionali, dai Soci Ordinari e dai contributi annuali dei Soci Sostenitori; le quote ed i contributi sono dovuti per ogni anno sociale, indipendentemente dal momento in cui si è iscritto un nuovo associato;
- dai contributi straordinari dei Soci per interventi una tantum deliberati dal Consiglio Direttivo ed approvati dall'Assemblea dei Soci;
- dalle collaborazioni con Enti Pubblici e Privati;
- da contributi del Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca e del Consiglio Nazionale delle Ricerche;
- dalla partecipazione a progetti di ricerca;
- da contributi volontari elargiti da Enti pubblici e privati;
- da proventi di pubblicazioni scientifiche o divulgative e dalle quote di partecipazione di corsi di istruzione.

#### ART. 12 - ORGANI DEL CENTRO STUDI

Gli Organi del Centro Studi sono:

- l'Assemblea dei Soci;
- il Presidente;
- il Consiglio Direttivo;

- il Comitato Scientifico;
- il Collegio dei Revisori.

#### ART. 13 - ASSEMBLEA DEI SOCI

L'Assemblea dei Soci è formata dalle persone fisiche che rappresentano i Soci Fondatori ed i Soci Ordinari, con un solo rappresentante per ciascun Socio, nonché dai Soci Onorari, dal Presidente.

Alle sedute dell'Assemblea possono partecipare i rappresentanti dei Soci Sostenitori ed i Sindaci revisori, tutti senza diritto di voto.

L'Assemblea dei Soci delibera a maggioranza semplice dei presenti e, in caso di parità dei voti, vale il voto del Presidente.

L'Assemblea dei Soci è convocata dal Presidente del Centro Studi in seduta ordinaria, almeno una volta all'anno, con lettera, email o fax inviato con almeno 15 giorni di anticipo e in seduta straordinaria con comunicazione inviata a mezzo PEC o fax con almeno sette giorni di anticipo.

L'Assemblea dei Soci viene convocata anche quando ne faccia richiesta almeno 1/3 dei Soci Fondatori, Ordinari ed Onorari.

Per l'approvazione del rendiconto dell'anno precedente l'Assemblea dei Soci è convocata dal Presidente del Centro entro il 31 marzo di ogni anno.

L'Assemblea dei Soci è regolarmente costituita quando sia presente almeno la metà dei Soci Fondatori, Ordinari e Onorari. Ogni Socio ha diritto ad un voto e può farsi rappresentare da un altro Socio mediante delega scritta.

L'Assemblea Ordinaria dei Soci elegge il Presidente del Centro Studi scegliendolo fra i docenti dei Dipartimenti di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia o tra eminenti studiosi che si sono distinti nell'ambito delle materie proprie delle finalità istituzionali del Centro Studi, appartenenti agli altri Soci Fondatori del Centro Studi.



L'Assemblea Ordinaria dei Soci può eleggere un Vice Presidente scelto tra i membri del Consiglio Direttivo.

L'assemblea Ordinaria dei Soci può eleggere un Presidente Onorario, carica destinata a rendere omaggio a persone che negli anni si sono distinte per dedizione e sostegno al Centro Studi, il quale può partecipare, senza diritto di voto, alle sedute dell'Assemblea dei Soci.

Il Presidente Onorario dura in carica fino al termine del mandato del Consiglio Direttivo in essere al momento della sua nomina e può essere rinominato.

L'Assemblea dei Soci è presieduta dal Presidente del Centro Studi o, in sua assenza, da un Presidente eletto dall'Assemblea medesima all'inizio di ogni seduta e scelto tra i Soci aventi diritto di voto.

Il Presidente nomina un Segretario, anche al di fuori dell'Assemblea dei Soci.

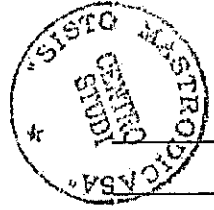
L'Assemblea ordinaria dei Soci, sulla base delle proposte presentate dal Consiglio Direttivo del Centro Studi, a maggioranza semplice dei presenti:

- approva il regolamento interno del Centro Studi;
- approva le iniziative ed i progetti delle attività;
- approva il rendiconto di gestione;
- delibera l'ammontare delle quote associative annuali e dei contributi ordinari e straordinari;
- delibera sull'accettazione di nuovi Soci proposti dal Consiglio Direttivo.

L'Assemblea straordinaria dei Soci delibera le modifiche del presente Statuto con la maggioranza dei due terzi degli aventi diritto al voto.

#### ART 14 - CONSIGLIO DIRETTIVO

Il Centro Studi è amministrato da un Consiglio Direttivo che è composto da:



- Il Presidente del Centro Studi;
- un rappresentante della Famiglia Mastrodicasa nominato dagli eredi legittimi;
- un rappresentante nominato dall'Università degli Studi di Perugia fra i docenti di ruolo appartenenti ai Dipartimenti di Ingegneria;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Architetti della Provincia di Terni;
- due rappresentanti nominati dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia;
- un rappresentante nominato dall'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Terni.

I Membri del Consiglio possono essere a loro volta rappresentati da supplenti nominati con delega scritta.

Alle sedute del Consiglio Direttivo possono partecipare il Presidente Onorario, qualora nominato, ed i Sindaci revisori, tutti senza diritto di voto.

Il Consiglio Direttivo dura in carica quattro anni. Se durante i quattro anni, per qualsiasi motivo, vengono a mancare uno o più membri, questi possono essere sostituiti da altri rappresentanti nominati dai soci fondatori, il cui mandato scade comunque alla fine del quadriennio in corso.

Il Consiglio Direttivo viene convocato dal Presidente almeno due volte l'anno e comunque ogni volta che ne venga fatta richiesta da almeno tre componenti, dandone preavviso ai membri a mezzo PEC o fax con almeno sette giorni di anticipo.



Il Consiglio Direttivo è regolarmente costituito quando è presente almeno la metà più uno dei Membri e delibera a maggioranza semplice dei presenti. In caso di parità, vale il voto del Presidente.

Il Presidente è coadiuvato da un Segretario nominato dal Consiglio Direttivo su proposta dello stesso Presidente e scelto anche al di fuori dei membri del Consiglio medesimo.

Il Segretario gestisce l'attività amministrativa del Centro Studi, coordina le attività dei vari collaboratori e cura i rapporti con gli Enti pubblici e privati.

Il Consiglio Direttivo può stabilire un compenso annuale ed il rimborso delle spese a favore del Segretario.

Il Consiglio Direttivo gestisce l'amministrazione ordinaria e straordinaria del Centro Studi, essendo di sua competenza tutto ciò che non è espressamente riservato all'Assemblea dei Soci.

Sono suoi compiti, fra l'altro:

- approvare il programma annuale delle attività del Centro Studi;
- deliberare sulla gestione finanziaria, sull'utilizzazione dei fondi, sull'acquisizione e sull'uso di strutture ed attrezzature;
- promuovere, coordinare e sovrintendere alle iniziative ed alle attività del Centro Studi;
- esaminare le richieste di ammissione di nuovi Soci, esprimendo parere in merito alla loro accettazione, da sottoporre all'Assemblea dei Soci;
- avanzare richieste di finanziamenti;
- nominare i componenti del Comitato Scientifico.

#### ART. 15 - PRESIDENTE

Il Presidente del Centro Studi:



- convoca e coordina il Consiglio Direttivo;
- dirige il Centro Studi sottoponendo al Consiglio Direttivo, per l'esame e l'approvazione, il programma annuale, i progetti delle attività, i relativi piani finanziari e le previsioni annuali di entrate e di uscite;
- rappresenta il Centro Studi nei confronti di terzi;
- convoca le Assemblee Ordinarie e Straordinarie dei Soci;
- redige i rapporti annuali delle attività svolte ed i programmi delle attività future da presentare all'Assemblea dei Soci;
- il Presidente può delegare nelle proprie funzioni il Vice Presidente, il Presidente Onorario, ove nominati, o altri membri del Consiglio Direttivo.

#### ART.16 - COMITATO SCIENTIFICO

Il Comitato Scientifico è composto da eminenti Studiosi o Cultori delle materie proprie delle finalità istituzionali del Centro Studi ed ha lo scopo di fornire un autorevole supporto scientifico per lo sviluppo delle attività di ricerca e di divulgazione svolte dal Centro medesimo.

Il Comitato Scientifico viene nominato dal Consiglio Direttivo ed è coordinato dal Presidente del Centro.

I Membri del Comitato durano in carica fino al termine del mandato del Consiglio Direttivo in essere al momento della loro nomina e possono essere rinominati.

#### ART. 17 - COLLEGIO DEI REVISORI

Il Collegio dei Revisori è composto da tre membri effettivi e da due supplenti.

I membri del Collegio dei Revisori sono nominati dall'Assemblea dei Soci e durano in carica due esercizi sociali.

Al Collegio dei Revisori compete il ruolo di controllare la gestione amministrativa del Centro Studi.



Il compenso e le modalità di pagamento ai Revisori sono deliberati dal Consiglio Direttivo.

Per quanto non espressamente dichiarato, si rimanda a quanto stabilito dal Codice Civile.

#### ART. 18 - DURATA E SCIoglimento

La durata del Centro Studi viene stabilita a tempo indeterminato.

Il Centro Studi si estingue per deliberazione dell'Assemblea Straordinaria dei Soci, con il voto favorevole di almeno 4/5 (quattro quinti) dei Soci Fondatori, dei Soci Onorari ed Ordinari.

Nel caso di scioglimento, l'Assemblea:

- determina le modalità di liquidazione e della devoluzione del patrimonio residuo;
- nomina tre liquidatori, anche fra i non iscritti al Centro Studi, stabilendone i poteri e i relativi compensi.

#### ART. 19 - NORME FINALI E TRANSITORIE

Per quanto non previsto nel presente Statuto, valgono le norme di legge.

Il presente Statuto abroga il precedente del 01/12/1995, ed entrerà in vigore alla scadenza naturale del mandato dell'Assemblea e del Consiglio Direttivo in carica.

**CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO NAZIONALE PER L'INFORMATICA – CINI**

**STATUTO**

Approvato dal Consiglio Direttivo CINI il 01.03.2012, atto pubblico Rep. n° 1170 Racc. n° 684

Approvato con Decreto Ministeriale del 05.07.2012

Pubblicato in G.U. n° 168 del 20.07.2012

\* \* \*

**Costituzione**

Il CINI (Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica), di seguito denominato "Consorzio", è stato costituito con atto sottoscritto in data 6 dicembre 1989, debitamente registrato, e costituisce soggetto in house rispetto agli enti costitutori, partecipanti e legittimamente affidanti.

Il Consorzio è stato riconosciuto con Decreto del Presidente della Repubblica (DPR del 3.9.91) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 125 del 29.5.92.

**Art. 1 - Oggetto e sede**

Il Consorzio ha sede in Roma ed è posto sotto la vigilanza del Ministero competente per l'Università e la Ricerca.

Il Consorzio promuove e coordina attività scientifiche, di ricerca e di trasferimento, sia di base sia applicative, nel campo dell'informatica, di concerto con le comunità scientifiche nazionali di riferimento.

Il Consorzio favorisce la collaborazione tra i consorziati ed Università, Istituti di istruzione universitaria, enti di ricerca, industrie, e la Pubblica Amministrazione, ed il loro accesso e la loro partecipazione a progetti ed attività scientifiche, di ricerca e di trasferimento, secondo le norme del presente Statuto.

Il Consorzio non ha scopo di lucro, né può distribuire utili. Eventuali avanzi di gestione saranno interamente utilizzati per il raggiungimento degli scopi sociali.

## **Art. 2 - Membri del Consorzio**

Fanno parte del Consorzio:

- a) le Università che lo hanno costituito;
- b) ogni altra Università o Istituto pubblico di istruzione universitaria, italiana o straniera che ne faccia domanda, previa deliberazione del Consiglio Direttivo;
- c) ogni ente pubblico nazionale di ricerca di cui all'art. 8 della L. 9.5.1989, n. 168 e s.m.i. le cui finalità istituzionali siano corrispondenti a quelle perseguite dal Consorzio che ne faccia domanda, previa deliberazione del Consiglio Direttivo.

Ogni consorziato ha diritto ad un proprio rappresentante in seno al Consiglio Direttivo.

## **Art. 3 - Attività del Consorzio**

Al fine di realizzare i propri fini, il Consorzio:

- a) promuove lo sviluppo della collaborazione scientifica tra i consorziati ed altri organismi di ricerca, nazionali ed internazionali, che operano nel campo dell'informatica;
- b) coordina e sostiene i propri programmi di ricerca scientifica nel campo dell'informatica, realizzati tra i consorziati;
- c) procede alla costituzione ed alla gestione di laboratori di ricerca;
- d) mette a disposizione dei consorziati, personale, attrezzature, laboratori e centri che possano costituire supporto anche per l'attività del dottorato di ricerca e nella preparazione di esperti ricercatori;
- e) promuove e incoraggia la formazione dei ricercatori in informatica nonché la preparazione di esperti sia di base sia nelle tecnologie avanzate e nelle applicazioni dell'informatica, anche mediante la concessione di borse di studio e di ricerca;
- f) promuove e incoraggia l'adozione di metodi e strumenti di didattica innovativa ed avanzata per la formazione informatica di personale, anche di soggetti terzi;
- g) avvia le azioni di trasferimento dei risultati della ricerca nazionale e internazionale all'ambiente applicativo, normativo e industriale e della pubblica amministrazione, anche favorendo la creazione di spin-off universitari;

- h) stipula con tratti e convenzioni a livello nazionale e/o internazionale con amministrazioni pubbliche, soggetti pubblici e privati, nel rispetto dei principi e delle norme di legge applicabili;
- i) svolge attività di consulenza e di ricerca scientifica nel campo dell'informatica, sempre nel rispetto dei principi e delle norme di legge applicabili e compatibilmente con la propria natura giuridica.

La gestione dei diritti di proprietà intellettuale derivanti da attività svolte per conto del Consorzio da singoli docenti e/o dalle Unità di ricerca (costituite ex Art 14) è demandata a singoli accordi attuativi stipulati tra il Consorzio stesso e i singoli docenti e/o il consorziato presso cui è attivata l'Unità di Ricerca.

#### **Art. 4 - Fondo consortile**

Il fondo consortile è costituito dalle quote versate dalle Università fondatrici nonché dalle quote versate dalle Università e dagli enti di cui all'art. 2 lett. b) e c) del presente statuto all'atto della loro adesione.

Ogni Università, Ente o Istituto che entri a far parte del Consorzio (ex art. 2, lett. b e c), è tenuto al versamento di una quota di adesione, stabilita dal Consiglio Direttivo.

Le risorse costituenti il fondo consortile sono indivisibili ed è fatto divieto di distribuire, anche in modo indiretto, eventuali avanzi di gestione, nonché fondi, riserve o capitali, salvo che per i residui derivanti dallo scioglimento del Consorzio.

Il Consorzio potrà acquisire beni mobili ed immobili nonché accettare donazioni od assegnazioni effettuate da terzi a titolo di liberalità, nonché avvalersi delle risorse di cui al successivo art. 5.

#### **Art. 5 - Finanziamenti**

Per il perseguimento dei propri scopi, il Consorzio si può avvalere:

- a) di contributi del Ministero competente per l'Università e la Ricerca;
- b) di eventuali fondi erogati direttamente dai consorziati
- c) di contratti stipulati a livello nazionale e/o internazionale con la Pubblica Amministrazione e con soggetti pubblici e privati;

- d) di finanziamenti o contributi erogati a livello nazionale e/o internazionale dalla Pubblica Amministrazione e da soggetti pubblici e privati;
- e) di donazioni da parte di soggetti pubblici e privati.

#### **Art. 6 - Organi, uffici di staff e Strutture**

Sono Organi del Consorzio:

- a) il Consiglio Direttivo;
- b) il Presidente;
- c) il Direttore Esecutivo;
- d) il Collegio dei Revisori dei Conti.

Sono Uffici di staff del Consiglio Direttivo

- a) la Giunta Amministrativa;
- b) il Collegio dei Direttori di Struttura.

Sono Strutture del Consorzio:

- a) le Unità di Ricerca;
- b) i Laboratori Nazionali.

#### **Art. 7 - Consiglio Direttivo**

Il governo del Consorzio è affidato al Consiglio Direttivo, composto da:

- a) un rappresentante di ciascuna delle Università consorziate, indicato dal Rettore e scelto tra i professori di ruolo esperti e operanti nel campo di attività del Consorzio, appartenenti ai settori disciplinari INF/01 e ING-INF/05 (o equivalenti al momento della costituzione dell'organo), nominato con Decreto del Ministro competente per l'Università e la Ricerca
- b) un rappresentante designato da ciascuno dei Ministri preposti ai Ministeri competenti per l'Università e la Ricerca, le Attività Produttive, la Funzione Pubblica e l'Innovazione;
- c) fino ad un massimo di 3 rappresentanti delle Comunità scientifiche nazionali di riferimento nel campo dell'informatica, nominati dal Consiglio Direttivo nella composizione ristretta ai soli membri di cui alla lettera a).

Il Consiglio Direttivo resta in carica 3 anni.

Il Consiglio Direttivo elegge, nella sua prima seduta, il Presidente ed il Vice Presidente.

Il Consiglio Direttivo:

- 1) delibera le linee strategiche delle attività del Consorzio, demandandone la fase istruttoria alla Giunta Amministrativa;
- 2) elegge nel suo seno:
  - a) il Presidente
  - b) il Vice Presidente;
- 3) nomina:
  - c) la Giunta Amministrativa;
  - d) il Direttore Esecutivo;
  - e) i Direttori delle Unità di Ricerca;
  - f) i Direttori dei Laboratori Nazionali;
- 4) autorizza l'istituzione delle strutture di cui all'art. 14;
- 5) delibera relativamente a:
  - a) tutti gli aspetti relativi alla amministrazione ed alla gestione del Consorzio;
  - b) stipula di contratti e convenzioni;
  - c) accettazione di contributi e finanziamenti;
  - d) adozione dei regolamenti ex art. 20;
  - e) approvazione dei bilanci preventivi e di esercizio;
  - f) richieste di nuove adesioni al Consorzio ex art. 2;
  - g) esclusione e recesso di soci,
  - h) istituzione e/o soppressione dei Laboratori Nazionali;
  - i) modifiche statutarie;
  - j) proroga della durata del consorzio.

Fatto salvo quanto stabilito dal comma successivo, il Consiglio Direttivo è validamente costituito con presenza della maggioranza dei membri e delibera con il voto favorevole della maggioranza dei presenti.

Relativamente ai punti 5i) e 5j) il Consiglio Direttivo delibera con voto favorevole di almeno tre quarti dei componenti.

Relativamente ai punti 5a), 5b), 5c) e 5d) il Consiglio Direttivo può delegare talune delle proprie attribuzioni al Direttore Esecutivo e/o alla Giunta Amministrativa, prefissandone i termini e le modalità.

#### **Art. 8 - Presidente**

Il Presidente è eletto, nel suo seno, dal Consiglio Direttivo e decade al decadere del Consiglio Direttivo che lo ha eletto.

Il Presidente è eleggibile al più per due mandati consecutivi.

Il Presidente:

- 1) ha la rappresentanza legale del Consorzio;
- 2) assicura l'osservanza dello Statuto;
- 3) vigila sul rispetto dei regolamenti attuativi;
- 4) coordina la gestione, le attività e l'amministrazione del Consorzio;
- 5) convoca e presiede:
  - a) il Consiglio Direttivo;
  - b) la Giunta Amministrativa;
  - c) il Collegio dei Direttori di Struttura.
- 6) almeno sei mesi prima della propria scadenza, avvia le procedure per la nomina del nuovo Consiglio Direttivo.

#### **Art. 9 - Vice Presidente**

Il Vice Presidente è eletto, nel suo seno, dal Consiglio Direttivo e decade al decadere del Consiglio Direttivo che lo ha eletto.

Il Vice Presidente è eleggibile al più per due mandati consecutivi.

Il Vice Presidente sostituisce il Presidente in caso di indisponibilità temporanea del medesimo.

#### **Art. 10 - Giunta Amministrativa**

La Giunta Amministrativa è nominata dal Consiglio Direttivo ed è composta da:

- a) il Presidente, che la presiede;



- b) il Vice Presidente;
- c) sette membri, scelti tra i membri del Consiglio Direttivo.

Alle riunioni della Giunta Amministrativa sono invitati a partecipare, senza diritto di voto, i Direttori dei Laboratori Nazionali del Consorzio e il Direttore Esecutivo.

La Giunta Amministrativa:

- a) elabora le linee strategiche delle attività del Consorzio da sottomettere alla approvazione del Consiglio Direttivo;
- b) adotta i provvedimenti ad essa delegati dal Consiglio Direttivo.

#### **Art. 11 - Direttore Esecutivo**

Il Consiglio Direttivo nomina un Direttore Esecutivo al quale possono essere delegati poteri di rappresentanza e poteri di gestione ordinaria.

La nomina può essere revocata dal Consiglio Direttivo con provvedimento motivato ed in ragione di giustificati motivi.

Il Direttore Esecutivo partecipa alle riunioni del Consiglio Direttivo, della Giunta Amministrativa e del Collegio dei Direttori di Unità di Ricerca, senza diritto di voto.

#### **Art. 12 - Collegio dei Direttori di Struttura**

Il Collegio dei Direttori di Struttura è composto da:

- a) il Presidente del Consorzio, che lo presiede;
- b) il Vice Presidente del Consorzio;
- c) i Direttori delle Unità di Ricerca;
- d) i Direttori dei Laboratori Nazionali.

Il Collegio dei Direttori di Struttura coordina l'attività delle Strutture del Consorzio, al fine di stimolare e promuovere iniziative di interesse per il Consorzio, anche a livello locale.

### **Art. 13 - Collegio dei Revisori dei Conti**

La revisione della gestione amministrativo-contabile del Consorzio è effettuata da un Collegio dei Revisori dei Conti nominato con Decreto del Ministero competente per l'Università e la Ricerca per un triennio.

Il Collegio è composto da:

- a) un revisore effettivo, che ne assume la presidenza, ed uno supplente designati dal Ministero del Tesoro;
- b) due revisori effettivi ed uno supplente designati dal Ministero competente per l'Università e la Ricerca.

Il Collegio provvede al riscontro degli atti di gestione, accerta la regolare tenuta dei libri e delle scritture contabili anche per quanto riguarda gli aspetti fiscali; esamina il bilancio di previsione, le relative variazioni ed il conto consuntivo, redigendo apposite relazioni ed effettua verifiche di cassa.

I membri del Collegio possono assistere alle riunioni del Consiglio Direttivo e della Giunta Amministrativa.

### **Art. 14 - Strutture del Consorzio**

Le Unità di Ricerca sono costituite su base locale presso i consorziati ai sensi dell'art. 2, previa autorizzazione del Consiglio Direttivo.

I Laboratori Nazionali sono strutture appositamente costituite per il raggiungimento degli scopi istituzionali del Consorzio, previa autorizzazione del Consiglio Direttivo.

Le modalità operative sono definite dai regolamenti ai sensi dell'art 20.

### **Art. 15 - Gestione finanziaria**

L'esercizio finanziario del Consorzio inizia il 1 gennaio e termina il 31 dicembre di ciascun anno.

Il Consiglio Direttivo approva:

- a) entro il 30 novembre, il bilancio di previsione relativo all'anno seguente;
- b) entro il 30 aprile, il bilancio di esercizio relativo all'anno precedente.

I bilanci di previsione e di esercizio sono inviati al Ministero competente per l'Università e la Ricerca.

#### **Art. 16 - Personale**

La dotazione organica, lo stato giuridico ed il trattamento economico del personale del Consorzio sono stabiliti in apposito regolamento adottato ai sensi dell'art. 20.

Il Consorzio può avvalersi di personale distaccato o comandato dalle Università consorziate, compatibilmente con le norme vigenti nei rispettivi ordinamenti, e previa delibera degli organi di appartenenza.

Il Consorzio può procedere all'assunzione di personale da adibire a specifiche mansioni con contratti a tempo determinato di diritto privato.

In relazione a particolari esigenze di ricerca, il Consorzio potrà procedere all'assunzione, mediante contratti a termine, di personale anche di cittadinanza straniera, di alta qualificazione scientifica o tecnica, secondo le norme del regolamento di cui al precedente comma.

#### **Art. 17 - Durata e recesso**

Il Consorzio ha una durata iniziale di anni dieci.

Decorso il primo decennio, la durata del consorzio è prorogabile, di decennio in decennio, a seguito di apposita delibera del Consiglio Direttivo, adottata ai sensi dell'art. 7, previa delibera assunta dagli organi di governo dei consorziati.

È ammesso il recesso da parte di ciascun consorziato, con preavviso di almeno sei mesi. In caso di recesso non si ha diritto al rimborso della quota consortile versata.

#### **Art. 18 - Scioglimento del Consorzio**

Allo scioglimento del Consorzio, i beni che restano dopo la liquidazione sono devoluti alle Università costituenti il Consorzio, proporzionalmente alla quota consortile versata.

#### **Art. 19 - Obbligazioni e responsabilità del consorzio nei confronti di terzi**

Il consorzio agisce sempre ed esclusivamente in nome e per conto proprio e assume esclusivamente obbligazioni a carico del fondo consortile, essendo espressamente esclusa la possibilità di contrarre obbligazioni da porre a carico e/o per conto dei consorziati.

Per le obbligazioni assunte in nome del Consorzio nell'interesse generale da persone che ne hanno la rappresentanza, i terzi possono far valere i loro diritti esclusivamente sul fondo consortile.

**Art. 20 - Regolamenti di attuazione**

Il Consiglio Direttivo adotta i regolamenti di esecuzione del presente Statuto.

In particolare, adotta:

- a) il regolamento del personale;
- b) il regolamento di amministrazione e contabilità;
- c) il regolamento per lo svolgimento delle attività di consulenza e di ricerca;
- d) il regolamento di funzionamento degli organi e delle strutture.

I regolamenti di cui alle lettere a) e b) sono inviati al Ministero competente per l'Università e la Ricerca.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI PERUGIA

Allegato N. 12 al punto  
dell'ordine del giorno N. 12  
23 maggio 2018

Decreto n. 45

Schede SUA-CdS a.a.2018.2019

## II DIRETTORE

Vista la nota rettorale del 18.04.2018, prot.n. 29717;  
Vista la nota del presidente del Presidio di Qualità del 09.05.2018,  
prot.n.34913;  
Sentito il consiglio di Dipartimento di Ingegneria del 14.05.2018;  
Fatte proprie le indicazioni dei presidenti dei corsi di studio;  
Ritenuta la propria competenza;

## DECRETA

di approvare le schede SUA dei corsi di studio gestiti dal Dipartimento di Ingegneria per l'a.a. 2018.2019 e, nell'eventualità di suggerimenti da parte del Presidio di Qualità, di dare mandato ai presidenti dei CdS di apportare le dovute riformulazioni.

Cordiali saluti.



IL DIRETTORE  
(Prof. Giuseppe Saccomandi)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Via G. Duranti, 93  
06125 Perugia

Direttore  
Segretario Amministrativo  
Segreteria Amministrativa  
Segreteria Didattica

Tel: +3975 585 3600  
Tel: +3975 585 3653  
Tel: +3975 585 3657-3652-3949-3686-3688 FAX 3  
Tel: +3975 585 3605-3603-3604

## IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

**Oggetto:**  
Nomina valutatori delle  
tesi di dottorato in  
"Ingegneria Industriale e  
dell'Informazione" –  
XXXI ciclo

Visto l'articolo 4 della legge 3 luglio 1998, n. 210;  
Vista la Legge n. 240 del 31/12/2010, concernente le norme in materia di organizzazione dell'Università;  
Visto lo Statuto di Ateneo emanato con D.R. 889 del 28/05/2012;  
Visto il Regolamento Generale di Ateneo, emanato con D.R. n.470 del 29/03/2013;  
Visto il D.M. 45/2013 con cui è stato emanato il Regolamento recante modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di dottorato e criteri per la istituzione dei corsi di dottorato da parte degli enti accreditati;  
Visto il Regolamento dei corsi di dottorato di ricerca emanato con DR n. 1548 del 7 agosto 2013 ed in particolare l'art. 25;  
Vista la nota dirigenziale prot. n. 45427 del 12/06/2018;  
Viste le clausole di riservatezza pervenute da Prof. Lorenzo Battisti, Prof. David Wood, Dott. Fabrizio Smeraldi, Prof. Manuel A. Aguilar, Prof. Stefano Fontanesi, Prof. Gianluca Montenegro, Prof. Elisa Ricci, Dott. Ioannis Patras, Prof. Wouter Tavernier, Dott. Adam Belloum, Prof. Roberto Zicari;  
Considerato che i dottori Becchetti Matteo, Bello Cerezo Raquel, Brizi Gabriele, Cascianelli Silvia, Pergolesi Matteo risultano essere regolarmente iscritti all'A.A 2017/2018 al terzo anno del corso di dottorato in "Ingegneria Industriale e dell'Informazione" – XXXI ciclo;

### DECRETA

di nominare i valutatori delle tesi di dottorato in "Ingegneria Industriale e dell'Informazione" – XXXI ciclo di cui all'allegato al presente decreto per farne parte integrante e sostanziale;  
di ratificare il presente decreto nella prima seduta utile del Consiglio di Dipartimento.

Perugia, 29 giugno 2018

IL DIRETTORE  
**f.to (Prof. Giuseppe Saccomandi)**

ELENCO VALUTATORI XXXI CICLO  
ALLEGATO AL  
DECRETO DEL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA N. DEL 29/06/2018

DOTTORANDO	VALUTATORI
Matteo Becchetti	<p>Prof. Lorenzo Battisti, Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Meccanica, Università di Trento</p> <p>Prof. David Wood, Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Università di Calgary, Canada</p>
Raquel Bello Cerezo	<p>Fabrizio Smeraldi, Ph.D. Lecturer, School of Electronic Engineering and Computer Science (EECS), Queen Mary University of London</p> <p>Prof. Manuel A. Aguilar, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad de Almería (Spagna)</p>
Brizi Gabriele	<p>Prof. Stefano Fontanesi, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università di Modena e Reggio Emilia</p> <p>Prof. Gianluca Montenegro, Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano</p>
Silvia Cascianelli	<p>Prof. Elisa Ricci, Ph.D. Department of Information Engineering and Computer Science University of Trento &amp; Fondazione Bruno Kessler</p> <p>Fabrizio Smeraldi, Ph.D. Lecturer, School of Electronic Engineering and Computer Science (EECS), Queen Mary University of London</p> <p>Ioannis Patras, Ph.D. Lecturer, School of Electronic Engineering and Computer Science (EECS), Queen Mary University of London</p>
Pergolesi Matteo	<p>Prof. Wouter Tavernier Department of Information technology, Ghent University (Belgium)</p> <p>Adam Belloum, Institute of Informatics, University of Amsterdam</p> <p>Roberto Zicari, Goethe University of Frankfurt</p>



Allegato N. 3 al punto  
dell'ordine del giorno N. 12

## Dipartimento di Ingegneria Università degli Studi di Perugia

Decreto n. 65/2018

### Oggetto:

Approvazione atti, e  
graduatoria di merito per  
il conferimento di una  
borsa di studio per  
attività di ricerca post-  
laurea procedura di  
selezione comparativa  
D.D. n. 58/2018 – Resp.  
Prof. C. N. Grimaldi

### Il Direttore

- VISTO** il Regolamento concernente il conferimento di borse di studio per la ricerca e la formazione avanzata, emanato con DR. N. 1527 del 05/07/2005;
- VISTO** il chiarimento interpretativo sull'art.18 c. 5 L. 240/210 espresso dall'Amministrazione Centrale di questo Ateneo con Circolare Prot. 2014/0017480 del 10/06/2014;
- VISTO** il D.L. n. 5/2012, art. 49, comma 1, lettera h), p.5;
- VISTO** il Decreto del Direttore del Dipartimento di Ingegneria n. 56/2018 del 20/06/2018 che autorizza la spesa e l'emissione del bando per l'attribuzione di una Borsa di Studio per attività di ricerca Post Laurea dal titolo "**Analisi di tecniche avanzate di caratterizzazione di sistemi per applicazioni motoristiche**" per lo svolgimento di attività presso il Dipartimento di Ingegneria;
- VISTO** l'avviso di procedura comparativa D.D. n. 58/2018 pubblicato in data 20/06/2018;
- ESAMINATI** i verbali della riunione della Commissione giudicatrice redatti in data 10/07/2018;
- VERIFICATA** la regolarità della procedura,

### DECRETA

- Art. 1** – Sono approvati gli atti della procedura di valutazione comparativa D.D. n. 58/2018, per il conferimento di una borsa di studio, per l'espletamento di attività presso il Dipartimento di Ingegneria, della durata e per l'importo ivi indicati;
- Art. 2** – E' approvata la seguente graduatoria di idoneità della procedura di valutazione comparativa di cui all'art. 1 del presente decreto:

**1^ - RICCI FEDERICO (75/100)**

- Art. 3** – E' dichiarato assegnatario della selezione di cui all'art. 1 del presente decreto il **Dott. RICCI FEDERICO** a cui si conferisce la borsa di studio oggetto della sopra richiamata procedura comparativa.

Il presente decreto sarà portato a ratifica del prossimo Consiglio di Dipartimento.

Perugia, 11/07/2018



F.to Il Vice Direttore  
**Prof. Paolo Mezzanotte**





Allegato N. ....4..... al punto  
dell'ordine del giorno N. ....12.....

## Dipartimento di Ingegneria Università degli Studi di Perugia

Decreto n. 66/2018

### Oggetto:

Approvazione atti, e  
graduatoria di merito per  
il conferimento di una  
borsa di studio per  
attività di ricerca post-  
laurea procedura di  
selezione comparativa  
D.D. n. 59/2018 – Resp.  
Prof. C. N. Grimaldi

### Il Direttore

- VISTO** il Regolamento concernente il conferimento di borse di studio per la ricerca e la formazione avanzata, emanato con DR. N. 1527 del 05/07/2005;
- VISTO** il chiarimento interpretativo sull'art.18 c. 5 L. 240/210 espresso dall'Amministrazione Centrale di questo Ateneo con Circolare Prot. 2014/0017480 del 10/06/2014;
- VISTO** il D.L. n. 5/2012, art. 49, comma 1, lettera h), p.5;
- VISTO** il Decreto del Direttore del Dipartimento di Ingegneria n. 57/2018 del 20/06/2018 che autorizza la spesa e l'emissione del bando per l'attribuzione di una Borsa di Studio per attività di ricerca Post Laurea dal titolo "**Sviluppo ed analisi di metodologie innovative per misure in ambito automotive e dei sistemi di conversione dell'energia**" per lo svolgimento di attività presso il Dipartimento di Ingegneria;
- VISTO** l'avviso di procedura comparativa D.D. n. 59/2018 pubblicato in data 20/06/2018;
- ESAMINATI** i verbali della riunione della Commissione giudicatrice redatti in data 10/07/2018;
- VERIFICATA** la regolarità della procedura,

### DECRETA

**Art. 1** – Sono approvati gli atti della procedura di valutazione comparativa D.D. n. 59/2018, per il conferimento di una borsa di studio, per l'espletamento di attività presso il Dipartimento di Ingegneria, della durata e per l'importo ivi indicati;

**Art. 2** – E' approvata la seguente graduatoria di idoneità della procedura di valutazione comparativa di cui all'art. 1 del presente decreto:

#### 1^ - STOCCHI IOLANDA (72/100)

**Art. 3** – E' dichiarata assegnataria della selezione di cui all'art. 1 del presente decreto la **Dott. Ssa STOCCHI IOLANDA** a cui si conferisce la borsa di studio oggetto della sopra richiamata procedura comparativa.

Il presente decreto sarà portato a ratifica del prossimo Consiglio di Dipartimento.

Perugia, 11/07/2018



F.to Il Vice Direttore  
**Prof. Paolo Mezzanotte**

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA**  
**Dipartimento di Ingegneria**

**Il Direttore**

Visto l'art. 9 del regolamento di funzionamento del Dipartimento di Ingegneria;

Visto l'Accordo Quadro tra l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e l'Università degli Studi di Perugia, approvato dal Senato Accademico in data 31 gennaio 2018 e sottoscritto in data 15 marzo 2018, finalizzato ad una collaborazione nel campo spaziale e aerospaziale mediante la realizzazione congiunta e coordinata di iniziative, attività e programmi, che si attueranno concretamente tramite specifici accordi attuativi basati su un'equa compartecipazione, come descritti all'art. 3;

Oggetto:  
Approvazione  
Piano  
progettuale di  
dettaglio  
relativo  
all'Accordo  
attuativo ASI-  
UNIPG

Richiamato in particolare l'art. 2 dell'Accordo quadro ai sensi del quale, previa valutazione congiunta fra le Parti, i singoli Accordi attuativi potranno coinvolgere anche specifiche articolazioni organizzative delle Parti;

Richiamato altresì l'art. 3 del medesimo Accordo, ai sensi del quale lo svolgimento di attività e programmi di collaborazione è concordato tra le Parti tramite la conclusione di Accordi attuativi dell'Accordo quadro, proposti dal Comitato di supervisione di cui all'art. 4, nei quali verranno definiti e dettagliati i singoli scopi della cooperazione, tempi e modalità di svolgimento, le rispettive responsabilità delle Parti e relativi Referenti, gli eventuali impegni economici e i risultati attesi;

Considerato che, secondo il medesimo articolo, un eventuale trasferimento di risorse tra le Parti avverrà entro i limiti del riconoscimento di un contributo forfettario o del rimborso delle spese vive, entro i limiti fissati nell'Accordo attuativo;

Visto inoltre l'art. 4 dell'Accordo in esame, ai sensi del quale il coordinamento e il monitoraggio delle attività è svolto da un apposito Comitato di supervisione composto da due membri designati da ASI e da due membri designati da UNIPG;

Tenuto conto che il Comitato ha, tra l'altro, il compito di formulare proposte di collaborazione tra le Parti o loro specifiche articolazioni organizzative, da definire in dedicati Accordi attuativi ovvero in merito a loro eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni che si rendessero necessari in ragione di esigenze sopravvenute, anche valutando l'eventuale coinvolgimento di altre Pubbliche Amministrazioni;

Vista la nota rettorale prot. 37352 del 17.5.2018 con la quale sono stati designati il Prof. Giuseppe Saccomandi e la Prof.ssa Bruna Bertucci quali componenti, per l'Ateneo, del Comitato di Supervisione previsto dal citato art. 4;

Rilevato che, per l'ASI, i componenti designati sono il Dott. Anilkumar Dave e la Dott.ssa Christina Plainaki;

Tenuto conto che il Comitato di Supervisione, presieduto dal Prof. Saccomandi a seguito di nomina nella prima seduta del 19.6.2018, ha deciso in pari data di approvare e proporre per l'approvazione al Consiglio di Amministrazione di ASI e UNIPG la stipula di un Accordo attuativo intitolato "Accordo ASI-UNIPG per attività di ricerca e sviluppo competenze innovative" per lo sviluppo congiunto nei temi:

1. osservazione ed esplorazione dell'Universo con riferimento allo studio sperimentale e modellizzazione dell'ambiente di radiazione; progettazione, realizzazione e analisi dati di payload scientifici per la misura di radiazione ionizzante in orbita bassa e deep space, modellistica avanzata per la descrizione dei flussi di particelle in eliosfera e nel mezzo interstellare; risk assessment per future missioni di esplorazione planetaria;
2. sviluppo di un laboratorio di geologia planetaria, per la sintesi di campioni rappresentativi di differenti processi fisico-chimici, anche riferiti a diversi contesti geodinamici, la mappatura degli spettri caratteristici di emissione degli stessi e la creazione di un database di riferimento per l'analisi e l'interpretazione dei dati di missioni planetaria;
3. sviluppo di un programma di nanosatelliti per esperimenti scientifici e test di nuove tecnologie in orbita bassa inserito anche nell'ambito delle attività accademiche dell'ateneo per la formazione di ingegneri qualificati nella progettazione, costruzione, e operazione in orbita di piattaforme satellitari;

Rilevato, come da verbale di seduta sopra richiamato, che il Comitato ha ritenuto adeguato un periodo di 15 anni per lo sviluppo delle tematiche individuate, con un costo complessivo massimo del progetto stimato in € 6.000.000,00, con un onere complessivo a carico di ASI di € 3.000.000,00 ed un cofinanziamento massimo a carico dell'Università di pari entità;

Vista la delibera assunta dal Consiglio di Amministrazione in data 27 giugno 2018, con la quale, previo parere favorevole reso dal Senato Accademico in pari data, è stato deliberato quanto segue: *"di approvare l'Accordo ASI-UNIPG per attività di ricerca e sviluppo competenze innovative" proposto dal Comitato di Supervisione ai sensi del combinato disposto di cui agli artt. 3 e 4 dell'Accordo Quadro tra ASI e Università (allegato sub lett. al presente verbale per farne parte integrante e sostanziale), quale proposta progettuale di massima propedeutica alla stesura dell'Accordo attuativo; Di dare conseguentemente mandato ai Dipartimenti coinvolti di Ingegneria e di Fisica e Geologia - ai fini della stesura dell'Accordo attuativo - di sviluppare e presentare agli Organi Collegiali di Ateneo nella seduta di luglio p.v. un piano progettuale di dettaglio in conformità all'art. 3 dell'Accordo quadro richiamato in premessa, con definizione di tempi e modalità di svolgimento delle attività, delle rispettive responsabilità delle Parti, degli impegni economici e dei risultati attesi. Tale piano dovrà essere deliberato dai rispettivi Consigli di Dipartimento ed altresì individuare il Referente dell'Accordo attuativo per l'Università ai sensi dell'art. 3, comma 7, dell'Accordo quadro";*

Predisposto il piano progettuale di dettaglio dell'Accordo Attuativo intitolato "Accordo ASI-UNIPG per attività di ricerca e sviluppo competenze innovative", contenente la definizione di tempi e modalità di svolgimento delle attività, delle rispettive responsabilità delle Parti, degli impegni economici e dei risultati attesi e del relativo piano economico- finanziario (annuale e quindicennale), come da allegato tecnico-gestionale e relativo prospetto economico allegati al presente decreto per farne parte integrante e sostanziale;

Considerato che dal prospetto economico si evince che il contributo di ASI ed il cofinanziamento di UNIPG è destinato, per il Dipartimento di Ingegneria, all'attivazione di assegni di ricerca e allo sviluppo, congiuntamente con ASI, di un programma di nanosatelliti e alla costruzione di un apparato di ricezione satellitare;

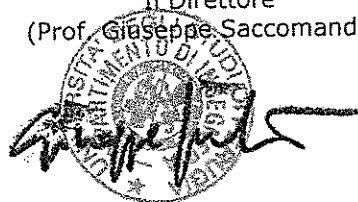
#### DECRETA

1. di approvare il piano progettuale di dettaglio dell'Accordo Attuativo intitolato "Accordo ASI-UNIPG per attività di ricerca e sviluppo competenze innovative", contenente la definizione di tempi e modalità di svolgimento delle attività, delle rispettive responsabilità delle Parti, degli impegni economici e dei risultati attesi e del relativo piano economico- finanziario (annuale e quindicennale), come da Allegato tecnico-gestionale e da relativo Prospetto economico - allegati al presente decreto sub 1 e 2 per farne parte integrante e sostanziale - subordinatamente all'erogazione del contributo da parte di ASI e al cofinanziamento di UNIPG.

Il presente decreto sarà sottoposto alla ratifica del prossimo Consiglio di Dipartimento.

Perugia, 13.7.2018

Il Direttore  
(Prof. Giuseppe Saccomandi)



A handwritten signature or mark in the bottom left corner of the page, consisting of a stylized, cursive-like scribble.

Alfredo R. ... D.D.u. 67/2018

Bilancio complessivo

Costi Personale

Indice di finalizzazione annua %	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Totale	
anno	PA0	RDB	PA0	RDB	PA0	PA0	PA1	PA1	PA2	PA2	PA3	PA3	PA4	PA4	PA5	PA5		
Spese di ricerca dottorato			555,72	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	12.274,63
ING Concorsi parasoftware			28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	28.508,00	427.620,00
ING Apparato Antenna			18.300,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	36.600,00
Consumi di laboratorio FISGEO			3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	75.000,00
Missioni FISGEO			3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	45.000,00
Missioni ING			57.808,00	40.786,61	39.763,72	41.042,33	40.786,61	40.786,61	39.763,72	41.042,33	40.786,61	39.763,72	41.042,33	40.786,61	39.763,72	41.042,33	40.786,61	45.000,00
Totale Costi di Altre Voci	-	-	198.700,62	204.861,93	205.275,70	212.212,25	218.514,09	234.354,16	237.374,53	249.349,75	250.208,36	269.090,07	267.709,31	299.231,56	299.231,56	299.231,56	299.231,56	3.731.633,16
Spese Totali			198.700,62	204.861,93	205.275,70	212.212,25	218.514,09	234.354,16	237.374,53	249.349,75	250.208,36	269.090,07	267.709,31	299.231,56	299.231,56	299.231,56	299.231,56	3.731.633,16
Costi ASI			200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	3.000.000,00
Costi UNiPG			48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	48.775,54	731.833,16
Costi Personale Strutturato UNiPG			151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	151.224,46	2.568.366,94
Totale Progetto	-	-	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	400.000,00	6.000.000,00

FISGEO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Totale	
anno	PA0	RDB	PA0	RDB	PA0	PA1	PA1	PA1	PA2	PA2	PA3	PA3	PA4	PA4	PA5	PA5		
Assegno FISGEO			255,72	1.534,33	255,72	1.534,33	1.278,61	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	255,72	1.534,33	1.278,61	12.274,63
Spese di ricerca dottorato			5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	5.000,00	75.000,00
Consumi laboratorio FISGEO			3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	45.000,00
Missioni FISGEO			100.892,62	119.144,32	119.144,32	120.131,61	164.075,38	177.227,48	194.590,44	196.332,20	208.563,14	210.444,64	227.987,74	226.922,70	219.723,56	221.920,80	219.723,56	2.780.138,53
Totale Costi Personale Esterno	-	-	8.000,00	8.255,72	8.255,72	9.534,33	9.278,61	8.255,72	9.534,33	9.278,61	9.278,61	8.255,72	9.534,33	9.278,61	8.000,00	8.000,00	8.000,00	132.274,63
Totale Costi Altre Voci	-	-	108.892,62	127.400,04	127.400,04	129.665,94	173.677,70	187.006,09	202.846,16	205.866,53	217.841,75	218.700,36	237.522,07	236.201,31	227.723,56	229.920,80	229.920,80	2.062.415,16

Contributo ASI	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Totale	
anno	PA0	RDB	PA0	RDB	PA0	PA1	PA1	PA1	PA2	PA2	PA3	PA3	PA4	PA4	PA5	PA5		
RDB			49.364,69	49.858,34	71.830,22	72.548,52	77.877,49	78.656,27	87.087,75	87.958,63	94.074,10	95.014,85	103.786,40	104.824,26	109.861,78	110.960,40	110.960,40	1.242.579,63
Costi Personale FisGeo			48.875,93	49.364,69	71.830,22	72.548,52	77.877,49	78.656,27	87.087,75	87.958,63	94.074,10	95.014,85	103.786,40	104.824,26	109.861,78	110.960,40	110.960,40	2.242.579,63
Missioni FisGeo			3.140,76	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	20.414,94	244.979,28
Totale	-	-	105.751,86	106.729,38	107.716,67	155.097,04	165.312,54	182.175,50	183.917,25	196.148,20	198.029,70	215.572,80	217.648,52	227.723,56	229.920,80	229.920,80	229.920,80	2.605.159,25

Contributo UNiPG	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Totale	
anno	PA0	RDB	PA0	RDB	PA0	PA1	PA1	PA1	PA2	PA2	PA3	PA3	PA4	PA4	PA5	PA5		
PA0			265,72	1.534,33	265,72	1.534,33	1.278,61	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	12.274,63
Consumi Fis Geo			121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	121.224,46	1.818.366,84
Costi Personale Strutturato			124.365,21	143.895,12	143.895,12	143.173,73	142.918,03	141.895,12	143.173,73	143.173,73	142.918,03	141.895,12	143.173,73	142.918,03	141.895,12	143.173,73	142.918,03	2.075.620,25
Totale	-	-	3.140,76	265,72	1.534,33	265,72	1.534,33	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	265,72	1.534,33	1.278,61	244.979,28

**Complessivo Ateneo**

Corsi Personale Esterno	€ 3.090.138,53
Apparati	€ 36.600,00
Consumi	€ 514.894,63
Missioni	€ 90.000,00
<b>Totale Spese</b>	<b>€ 3.731.633,16</b>
Contributo ASI	€ 3.000.000,00
Contributo UniPG	€ 731.633,16
Costi Personale Strutturato UniPG	€ 2.268.366,84
<b>Totale Progetto</b>	<b>€ 6.000.000,00</b>

<b>Costo medio annuo UniPG</b>	<b>€ 48.775,54</b>
FisGeo	€ 25.150,26
Ingegneria	€ 23.625,28

<b>Dipartimento FISGEO</b>	
RicTDB	€ 2.485.159,25
Dottorati	€ 244.979,28
Assegni di Ricerca	€ -
Spese di ricerca dottorato	€ 12.274,63
Consumi laboratorio	€ 75.000,00
Missioni	€ 45.000,00
<b>Totale Spese</b>	<b>€ 2.862.413,16</b>
Contributo ASI	€ 2.485.159,25
Contributo UniPG	€ 377.253,91
Costi Personale Strutturato UniPG	€ 1.818.366,84
<b>Totale Progetto FisGeo</b>	<b>€ 4.680.780,00</b>

<b>Dipartimento FisGEO</b>		
<b>Contributo ASI</b>	<b>Contributo UniPG</b>	<b>Costi Personale Strutturato</b>
€ 2.485.159,25		
	€ 244.979,28	
	€ 12.274,63	
	€ 75.000,00	
	€ 45.000,00	
€ 2.485.159,25	€ 377.253,91	€ 1.818.366,84

<b>Dipartimento ING</b>	
Assegni di ricerca	€ 360.000,00
Apparato antenna ricezione	€ 36.600,00
Materiali per costruzione nanosatellite	€ 427.620,00
Missioni	€ 45.000,00
<b>Totale Spese</b>	<b>€ 869.220,00</b>
Contributo ASI	€ 514.840,75
Contributo UniPG	€ 354.379,25
Costi Personale Strutturato UniPG	€ 450.000,00
<b>Totale Progetto Ingegneria</b>	<b>€ 1.319.220,00</b>

<b>Dipartimento ING</b>		
<b>Contributo ASI</b>	<b>Contributo UniPG</b>	<b>Costi Personale Strutturato</b>
€ 360.000,00		
	€ 36.600,00	
€ 109.840,75	€ 317.779,25	
€ 45.000,00		
€ 514.840,75	354.379,25	€ 450.000,00

<b>Totale accordo</b>	<b>€ 6.000.000,00</b>
-----------------------	-----------------------

€ 3.000.000,00 € 731.633,16



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI PERUGIA

DECRETO n.68

Oggetto: Designazione componenti  
commissione RTD  
S.C. 09/B3 S.S.D. ING-IND/35

Allegato N. 6 al punto  
dell'ordine del giorno N. 12

20 luglio 2018

**Vista** la legge 30.12.2010 n. 240 ed in particolare l'art. 6, commi 7 e 8 e l'art. 2 (Ricercatori a tempo determinato);  
**Visto** l'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001;  
**Vista** la Legge 190/2012;  
**Vista** la delibera ANVUR n. 132 del 13.09.2016;  
**Vista** la delibera ANAC n. 1208 del 22.11.2017;  
**Visto** l'atto d'indirizzo del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca pr n. 39 del 14.05.2018;  
**Visto** lo Statuto dell'Università degli Studi di Perugia, emanato con D.R. 889 d 28.5.2012, pubblicato nella G.U. della Repubblica Italiana del 21.6.2012 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art. 41, comma 7, in base al quale il Diretto può adottare atti di competenza del Consiglio in casi di comprovata necessità e urgenza  
**Visto** il Regolamento per l'assunzione di Ricercatori con contratto di lavoro subordina a tempo determinato ai sensi della legge 30.12.2010 n. 240 approvato dal Sena Accademico di questo Ateneo nella seduta del 20.09.2011, emanato con D.R. n. 1693 d 07.10.2011 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art.7;  
**Visto** il D.R. n.710 del 25.05.2018 con cui è stata indetta la procedura di valutazio comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato, ai sen dell'art. 24 - comma 3 - lettera b) della legge 30.12.2010 n. 240, per le finalità e per Settore Concorsuale 09/B3 – SSD ING-IND/35 per le esigenze del Dipartimento Ingegneria;  
**Considerato** che sono scaduti i termini per la presentazione delle domande partecipazione alla procedura di valutazione comparativa sopracitata;  
**Ritenuto** urgente designare i componenti della Commissione giudicatrice della procedur di valutazione comparativa sopracitata, nel rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis di D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L. 240/2010 e dalla delibera ANVU 132/2016;  
**Dato atto** che viene, in merito, rispettato quanto disposto dall'art. 57, comma 1, letter a., D.Lgs. 165/2001 in materia di pari opportunità;

**DECRETA**

di designare la seguente Commissione giudicatrice relativa alla procedura di valutazio comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di un rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato: ai sensi dell'art.24, comma 3, lettera b), della Legge 240/2010, per tre anni, con regime di tempo pieno per il settore concorsuale 09/B3 – SSD ING-IND/35, per le esigenze di Dipartimento di Ingegneria:

Prof.ssa Carbonara Nunzia  
 Prof. Perrone Giovanni  
 Prof. Romano Pietro

di cui si allegano le dichiarazioni (all.A) attestanti il rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L.240/2010 e dalla delibera ANVUR 132/2016.

Il presente decreto sarà portato a ratifica del Consiglio nella prossima seduta.

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA**



IL DIRETTORE  
F.to Prof. Giuseppe Saccomandi

Via G. Duranti, 93  
06125 Perugia

Segreteria Amministrativa  
 Segreteria Amministrativa  
 Segreteria Didattica

Tel: +3975 585 3600  
 Tel: +3975 585 3653  
 Tel: +3975 585 3657-365  
 Tel: +3975 585 3605-36



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI PERUGIA

DECRETO n.70

Oggetto: Designazione componenti  
commissione RTD  
S.C. 09/H1 S.S.D. ING-INF/05

Allegato N. 2 al punto  
dell'ordine del giorno N. 12, 24 luglio 2018

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA  
Prot. N. 56839  
del 24.07.2018

Vista la legge 30.12.2010 n. 240 ed in particolare l'art. 6, commi 7 e 8 e l'art. 24 (Ricercatori a tempo determinato);

Visto l'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001;

Vista la Legge 190/2012;

Vista la delibera ANVUR n. 132 del 13.09.2016;

Vista la delibera ANAC n. 1208 del 22.11.2017;

Visto l'atto d'indirizzo del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca prot. n. 39 del 14.05.2018;

Visto lo Statuto dell'Università degli Studi di Perugia, emanato con D.R. 889 del 28.5.2012, pubblicato nella G.U. della Repubblica Italiana del 21.6.2012 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art. 41, comma 7, in base al quale il Rettore può adottare atti di competenza del Consiglio in casi di comprovata necessità e urgenza

Visto il Regolamento per l'assunzione di Ricercatori con contratto di lavoro subordinato a tempo determinato ai sensi della legge 30.12.2010 n. 240 approvato dal Senato Accademico di questo Ateneo nella seduta del 20.09.2011, emanato con D.R. n. 1693 del 07.10.2011 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art.7;

Visto il D.R. n.710 del 25.05.2018 con cui è stata indetta la procedura di valutazione comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di un rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato, ai sensi dell'art. 24 - comma 3 - lettera b) della legge 30.12.2010 n. 240, per le finalità e per il Settore Concorsuale 09/H1 - SSD ING-INF/05 per le esigenze del Dipartimento di Ingegneria;

Considerato che sono scaduti i termini per la presentazione delle domande di partecipazione alla procedura di valutazione comparativa sopracitata;

Ritenuto urgente designare i componenti della Commissione giudicatrice della procedura di valutazione comparativa sopracitata, nel rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L. 240/2010 e dalla delibera ANVUR 132/2016;

Dato atto che viene, in merito, rispettato quanto disposto dall'art. 57, comma 1, lettera a., D.Lgs. 165/2001 in materia di pari opportunità;

#### DECRETA

di designare la seguente Commissione giudicatrice relativa alla procedura di valutazione comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di un rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato ai sensi dell'art.24, comma 3, lettera b), della Legge 240/2010, per tre anni, con regime di tempo pieno per il settore concorsuale 09/H1 - SSD ING-INF/05, per le esigenze del Dipartimento di Ingegneria:

Prof. Di Battista Giuseppe

Prof. Frati Fabrizio

Prof. Milano Michela

di cui si allegano le dichiarazioni (all.A) attestanti il rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L.240/2010 e dalla delibera ANVUR 132/2016.

Il presente decreto sarà portato a ratifica del Consiglio nella prossima seduta.

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

IL DIRETTORE

F.to Prof. Giuseppe Saccomandi



Via G. Duranti, 93  
06125 Perugia

Direttore  
Segretario Amministrativo  
Segreteria Amministrativa

Tel: +3975 585 3600  
Tel: +3975 585 3653  
Tel: +3975 585 3657-365

(A.L.A.)

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI CERTIFICAZIONE E DI ATTO DI NOTORIETA' AI SENSI DEGLI ARTT. 46 e 47 del D.P.R. 445/2000**

Il sottoscritto DI BATTISTA GIUSEPPE Sesso M  
nato a \_\_\_\_\_  
residente in \_\_\_\_\_  
via \_\_\_\_\_  
Codice fiscale \_\_\_\_\_  
in servizio presso UNIVERSITA' ROMA TRE  
con la qualifica di P.O. per il settore concorsuale  
s.s.d. 14L-14F/05 09/H1

**consapevole delle responsabilità penali previste dagli artt. 75 e 76 del D.P.R. n.445/2000 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci**

**DICHIARAZIONE**

- 1) Ai sensi dell'art. 35 bis del D.Lgs. n. 165/2001, così come inserito dall'art. 1, comma 46 della L. 6/11/2012 n. 190, di non essere stato condannato, anche con sentenza non passata in giudicato, per i reati previsti nel Capo I del Titolo II del libro secondo del Codice Penale, impegnandosi, altresì, a comunicare all'Amministrazione Universitaria (Ufficio Concorsi) eventuali modifiche alla situazione dichiarata, che dovessero intervenire durante l'intero periodo dell'iter concorsuale;
- 2)  di aver conseguito una valutazione positiva, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, in relazione all'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti e di poter essere pertanto incluso nelle commissioni di selezione del personale accademico.  
*Oppure, nel caso in cui l'Ateneo di appartenenza non abbia ancora adottato il relativo Regolamento:*  
 che l'Ateneo di appartenenza non ha ancora adottato il Regolamento, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, per definire le modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti.
- 3) di aver preso visione dei criteri oggettivi di verifica dei risultati dell'attività di ricerca previsti dall'ANVUR con delibera n. 132 del 13 settembre 2016 ([http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132\\_2016\\_09\\_13%20Cr~.pdf](http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132_2016_09_13%20Cr~.pdf)) e pertanto:  
 di aver pubblicato almeno tre prodotti scientifici dotati di ISBN/ISMN/ISSN o indicizzati su WoS o Scopus negli ultimi cinque anni;  
e  
 a. di essere in possesso dei requisiti relativi agli indicatori per far parte delle commissioni dell'Abilitazione scientifica nazionale (per i professori di prima fascia) oppure di essere in possesso degli indicatori previsti, rispettivamente, per l'abilitazione ai ruoli di professore di prima e seconda fascia (per i professori di seconda fascia e i ricercatori);  
*oppure in alternativa*  
 b. di soddisfare, con riferimento agli ultimi cinque anni, i seguenti due criteri fra quelli



previsti dall'ANVUR (tenendo conto che quelli ai numeri VIII-IX-X sono riservati esclusivamente ai ricercatori):

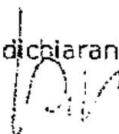
- I. Possesso dei requisiti relativi agli indicatori per essere ammessi all'abilitazione ai ruoli di professore di prima (per i professori di prima fascia) e seconda fascia (per professori di seconda fascia e ricercatori);
- II. Direzione di enti o istituti di ricerca di alta qualificazione internazionale; specificare quali \_\_\_\_\_
- III. Responsabilità scientifica generale o di unità (work package, unità nazionale nei progetti europei o locale in quelli nazionali ecc.) per progetti di ricerca internazionali e nazionali ammessi al finanziamento sulla base di bandi competitivi che prevedano la revisione \_\_\_\_\_ tra \_\_\_\_\_ pari; specificare quali \_\_\_\_\_
- IV. Direzione o partecipazione a comitati di direzione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché di collane editoriali, enciclopedie e trattati di riconosciuto prestigio \_\_\_\_\_ nel \_\_\_\_\_ settore; specificare quali \_\_\_\_\_
- V. Partecipazione al collegio dei docenti nell'ambito di dottorati di ricerca accreditati dal Ministero; specificare quali \_\_\_\_\_
- VI. Incarichi di insegnamento o di ricerca (fellowship) presso qualificati atenei e istituti di \_\_\_\_\_ ricerca \_\_\_\_\_ esteri o \_\_\_\_\_ sovranazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
- VII. Significativi riconoscimenti per l'attività scientifica, incluse l'affiliazione ad accademie di riconosciuto prestigio nel settore e la presidenza di società scientifiche di riconosciuto \_\_\_\_\_ prestigio; specificare quali \_\_\_\_\_
- VIII. Partecipazione come relatore a convegni di carattere scientifico nazionali o internazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
- IX. Direzione o partecipazione a gruppi di ricerca, nazionali o internazionali, legati a università ovvero a qualificate istituzioni pubbliche o private; specificare quali \_\_\_\_\_
- X. Partecipazione a comitati di redazione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché di \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ collane \_\_\_\_\_ editoriali, \_\_\_\_\_ enciclopedie, specificare quali \_\_\_\_\_

Il sottoscritto, infine, esprime il proprio consenso affinché i dati personali forniti possano essere trattati, nel rispetto del D. Lgs. n.196/2003, per gli adempimenti connessi alla procedura.

Luogo e data

Rom 9/2/2017

Il dichiarante





**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI CERTIFICAZIONE E DI ATTO DI NOTORIETA' AI  
SENSI DEGLI ARTT. 46 e 47 del D.P.R. 445/2000**

Il sottoscritto FABRIZIO FRATI Sesso M  
nato a \_\_\_\_\_  
residente in \_\_\_\_\_ )  
via \_\_\_\_\_ )  
Codice fiscale \_\_\_\_\_  
in servizio presso UNIVERSITA' ROMA TRE  
con la qualifica di PROFESSORE ASSOCIATO per il settore concorsuale  
D9-H1 s.s.d. ING-INF-05  
consapevole delle responsabilità penali previste dagli artt. 75 e 76 del D.P.R.  
n.445/2000 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci

**DICHIARAZIONE**

- 1) Ai sensi dell'art. 35 bis del D.Lgs. n. 165/2001, così come inserito dall'art. 1, comma 46 della L. 6/11/2012 n. 190, di non essere stato condannato, anche con sentenza non passata in giudicato, per i reati previsti nel Capo I del Titolo II del libro secondo del Codice Penale, Impegnandosi, altresì, a comunicare all'Amministrazione Universitaria (Ufficio Concorsi) eventuali modifiche alla situazione dichiarata, che dovessero intervenire durante l'intero periodo dell'iter concorsuale;
- 2)  di aver conseguito una valutazione positiva, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, in relazione all'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti e di poter essere pertanto incluso nelle commissioni di selezione del personale accademico.  
*Oppure, nel caso in cui l'Ateneo di appartenenza non abbia ancora adottato il relativo Regolamento:*  
 che l'Ateneo di appartenenza non ha ancora adottato il Regolamento, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, per definire le modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti.
- 3) di aver preso visione dei criteri oggettivi di verifica dei risultati dell'attività di ricerca previsti dall'ANVUR con delibera n. 132 del 13 settembre 2016 ([http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132\\_2016\\_09\\_13%20Cr~.pdf](http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132_2016_09_13%20Cr~.pdf)) e pertanto:  
 di aver pubblicato almeno tre prodotti scientifici dotati di ISBN/ISMN/ISSN o indicizzati su WoS o Scopus negli ultimi cinque anni;  
e  
 a. di essere in possesso dei requisiti relativi agli indicatori per far parte delle commissioni dell'Abilitazione scientifica nazionale (*per i professori di prima fascia*) oppure di essere in possesso degli indicatori previsti, rispettivamente, per l'abilitazione ai ruoli di professore di prima e seconda fascia (*per i professori di seconda fascia e i ricercatori*);  
*oppure in alternativa*  
 b. di soddisfare, con riferimento agli ultimi cinque anni, i seguenti due criteri fra quelli

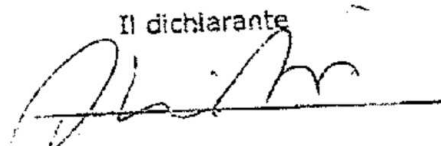
- previsti dall'ANVUR (tenendo conto che quelli ai numeri VIII-IX-X sono riservati esclusivamente ai ricercatori):
- I. Possesso dei requisiti relativi agli indicatori per essere ammessi all'abilitazione ai ruoli di professore di prima (per i professori di prima fascia) e seconda fascia (per professori di seconda fascia e ricercatori);
  - II. Direzione di enti o istituti di ricerca di alta qualificazione internazionale; specificare quali \_\_\_\_\_
  - III. Responsabilità scientifica generale o di unità (work package, unità nazionale nei progetti europei o locale in quelli nazionali ecc.) per progetti di ricerca internazionali e nazionali ammessi al finanziamento sulla base di bandi competitivi che prevedano la revisione \_\_\_\_\_ tra \_\_\_\_\_ pari; specificare quali \_\_\_\_\_
  - IV. Direzione o partecipazione a comitati di direzione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché di collane editoriali, enciclopedie e trattati di riconosciuto prestigio \_\_\_\_\_ nel \_\_\_\_\_ settore; specificare quali \_\_\_\_\_
  - V. Partecipazione al collegio dei docenti nell'ambito di dottorati di ricerca accreditati dal Ministero; specificare quali \_\_\_\_\_
  - VI. Incarichi di insegnamento o di ricerca (fellowship) presso qualificati atenei e istituti di \_\_\_\_\_ ricerca \_\_\_\_\_ esteri \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_ sovranazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
  - VII. Significativi riconoscimenti per l'attività scientifica, incluse l'affiliazione ad accademie di riconosciuto prestigio nel settore e la presidenza di società scientifiche di riconosciuto \_\_\_\_\_ prestigio; specificare quali \_\_\_\_\_
  - VIII. Partecipazione come relatore a convegni di carattere scientifico nazionali o internazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
  - IX. Direzione o partecipazione a gruppi di ricerca, nazionali o internazionali, legati a università ovvero a qualificate istituzioni pubbliche o private; specificare quali \_\_\_\_\_
  - X. Partecipazione a comitati di redazione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ collane \_\_\_\_\_ editoriali, \_\_\_\_\_ enciclopedie, \_\_\_\_\_ specificare quali \_\_\_\_\_

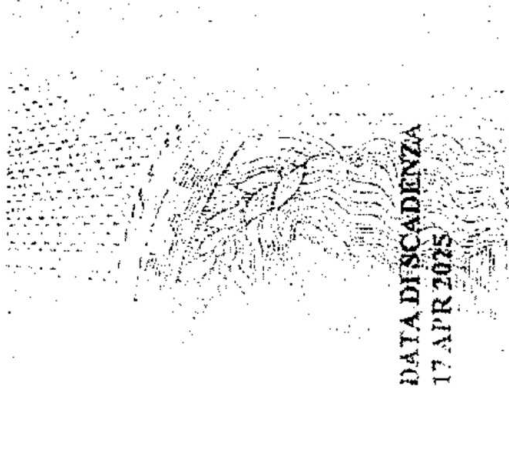
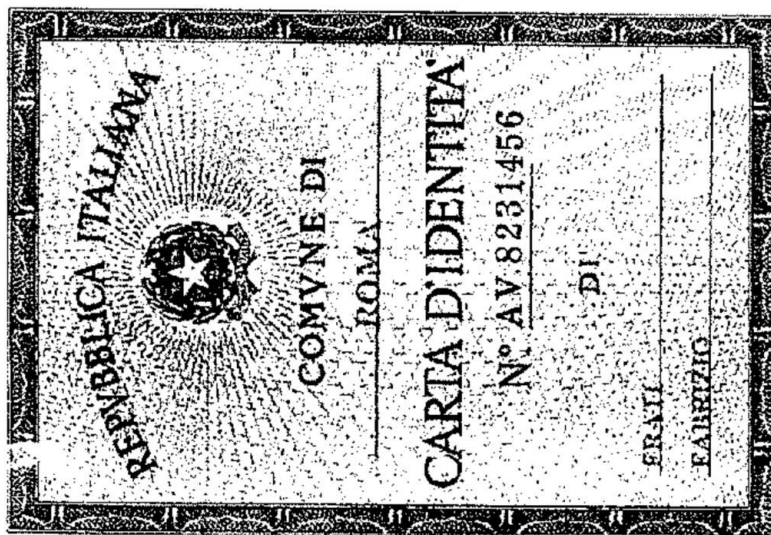
Il sottoscritto, infine, esprime il proprio consenso affinché i dati personali forniti possano essere trattati, nel rispetto del D. Lgs. n.196/2003, per gli adempimenti connessi alla procedura.

Luogo e data

ROMA, LI' 24/07/2018

Il dichiarante





DATA DI SCADENZA  
17 APR 2025

AV 8231456




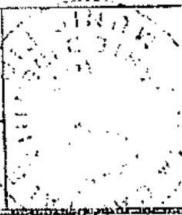
1752 341 001 ROMA

Firma del titolare *[Signature]*

ROMA il 08 APR 2015  
 IL SINDACO

Impresario del dolo  
 giudice arbitro

Procuratore Amministrativo  
 Stefania Pappalardo

Cognome: **FRAFI**

Nome: **PABRIZIO**

nato il **[redacted]**

(atto n. **01330** P. **1** S. **AB6**)

a **[redacted]** (.....)

Cittadinanza: **ITALIANA**

Residenza: **[redacted]**

Via: **[redacted]**

Stato civile: **STATO LIBERO**

Professione: **DOCENTE UNIVERSITARIO**

CONGIUNTI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura: **1,80**

Capelli: **Castani**

Occhi: **Castani**

Segni particolari: **[redacted]**

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DI CERTIFICAZIONE E DI ATTO DI NOTORIETA' AI  
SENSI DEGLI ARTT. 46 e 47 del D.P.R. 445/2000**

Il sottoscritto MICHELA MILANO Sesso F  
nato a \_\_\_\_\_  
residente in \_\_\_\_\_  
via MARCONI n. 13 CAP 40033  
Codice fiscale \_\_\_\_\_  
in servizio presso UNIV. DI BOLOGNA  
con la qualifica di PROFESSORE ORDINARIO per il settore concorsuale  
09/H1 s.s.d. ING-INF/05  
**consapevole delle responsabilità penali previste dagli artt. 75 e 76 del D.P.R.  
n.445/2000 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci**

**DICHIARAZIONE**

- 1) Ai sensi dell'art. 35 bis del D.Lgs. n. 165/2001, così come inserito dall'art. 1, comma 46 della L. 6/11/2012 n. 190, di non essere stato condannato, anche con sentenza non passata in giudicato, per i reati previsti nel Capo I del Titolo II del libro secondo del Codice Penale, impegnandosi, altresì, a comunicare all'Amministrazione Universitaria (Ufficio Concorsi) eventuali modifiche alla situazione dichiarata, che dovessero intervenire durante l'intero periodo dell'iter concorsuale;
  
- 2)  
 di aver conseguito una valutazione positiva, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, in relazione all'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti e di poter essere pertanto incluso nelle commissioni di selezione del personale accademico.  
*Oppure, nel caso in cui l'Ateneo di appartenenza non abbia ancora adottato il relativo Regolamento:*  
 che l'Ateneo di appartenenza non ha ancora adottato il Regolamento, ai sensi dell'art.6, comma 7 Legge 240/2010, per definire le modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento delle attività di didattica e di servizio agli studenti.
  
- 3)  
di aver preso visione dei criteri oggettivi di verifica dei risultati dell'attività di ricerca previsti dall'ANVUR con delibera n. 132 del 13 settembre 2016  
([http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132\\_2016\\_09\\_13%20Cr~.pdf](http://www.anvur.org/attachments/article/940/Delibera132_2016_09_13%20Cr~.pdf))  
e pertanto:  
 di aver pubblicato almeno tre prodotti scientifici dotati di ISBN/ISMN/ISSN o indicizzati su WoS o Scopus negli ultimi cinque anni;  
e  
 a. di essere in possesso dei requisiti relativi agli indicatori per far parte delle commissioni dell'Abilitazione scientifica nazionale (*per i professori di prima fascia*) oppure di essere in possesso degli indicatori previsti, rispettivamente, per l'abilitazione ai ruoli di professore di prima e seconda fascia (*per i professori di seconda fascia e i ricercatori*);  
*oppure in alternativa*  
 b. di soddisfare, con riferimento agli ultimi cinque anni, i seguenti due criteri fra quelli

previsti dall'ANVUR (tenendo conto che quelli ai numeri VIII-IX-X sono riservati esclusivamente ai ricercatori):


- I. Possesso dei requisiti relativi agli indicatori per essere ammessi all'abilitazione ai ruoli di professore di prima (per i professori di prima fascia) e seconda fascia (per professori di seconda fascia e ricercatori);
- II. Direzione di enti o istituti di ricerca di alta qualificazione internazionale; specificare quali \_\_\_\_\_
- III. Responsabilità scientifica generale o di unità (work package, unità nazionale nei progetti europei o locale in quelli nazionali ecc.) per progetti di ricerca internazionali e nazionali ammessi al finanziamento sulla base di bandi competitivi che prevedano la revisione \_\_\_\_\_ tra \_\_\_\_\_ pari; specificare quali \_\_\_\_\_
- IV. Direzione o partecipazione a comitati di direzione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché di collane editoriali, enciclopedie e trattati di riconosciuto prestigio \_\_\_\_\_ nel \_\_\_\_\_ settore; specificare quali \_\_\_\_\_
- V. Partecipazione al collegio dei docenti nell'ambito di dottorati di ricerca accreditati dal Ministero; specificare quali \_\_\_\_\_
- VI. Incarichi di insegnamento o di ricerca (fellowship) presso qualificati atenei e istituti di \_\_\_\_\_ ricerca \_\_\_\_\_ esteri \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_ sovranazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
- VII. Significativi riconoscimenti per l'attività scientifica, incluse l'affiliazione ad accademie di riconosciuto prestigio nel settore e la presidenza di società scientifiche di riconosciuto \_\_\_\_\_ prestigio; specificare quali \_\_\_\_\_
- VIII. Partecipazione come relatore a convegni di carattere scientifico nazionali o internazionali; specificare quali \_\_\_\_\_
- IX. Direzione o partecipazione a gruppi di ricerca, nazionali o internazionali, legati a università ovvero a qualificate istituzioni pubbliche o private; specificare quali \_\_\_\_\_
- X. Partecipazione a comitati di redazione di riviste Scopus/WoS o classificate da ANVUR, nonché di \_\_\_\_\_ collane \_\_\_\_\_ editoriali, \_\_\_\_\_ enciclopedie, specificare quali \_\_\_\_\_

Il sottoscritto, infine, esprime il proprio consenso affinché i dati personali forniti possano essere trattati, nel rispetto del D. Lgs. n.196/2003, per gli adempimenti connessi alla procedura.

Luogo e data

BOLOGNA 24/07/2018

Il dichiarante





MILANO  
MICHELA

5068 1 S A

italiana

cgt. FERRUCCI-MORANDI

DOCENTE UNIVERSITARIA

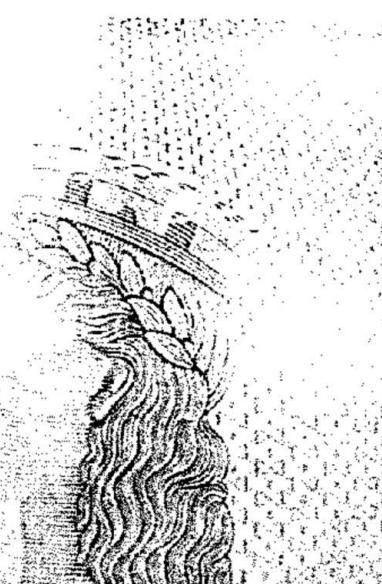
castani

azzurri

Diritti di segreteria Euro 0,25  
Diritti fissi Euro 0,25



Casalecchio di Reno 16.11.2018



Documento valido fino al 01/02/2024

AV 2595574

REPUBBLICA ITALIANA



COMUNE DI  
CASALECCHIO DI RENO

---

CARTA D'IDENTITA'

N° AV 2595574

DI  
MILANO

MICHELA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI PERUGIA

DECRETO n.71

Oggetto: Designazione componenti  
commissione RTD  
S.C. 09/C2 S.S.D. ING-IND/11

Allegato N. ....8..... al punto  
dell'ordine del giorno N. ....12.....

31 luglio 2018

**Vista** la legge 30.12.2010 n. 240 ed in particolare l'art. 6, commi 7 e 8 e l'art. 24 (Ricercatori a tempo determinato);

**Visto** l'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001;

**Vista** la Legge 190/2012;

**Vista** la delibera ANVUR n. 132 del 13.09.2016;

**Vista** la delibera ANAC n. 1208 del 22.11.2017;

**Visto** l'atto d'indirizzo del Ministro dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca prot. n. 39 del 14.05.2018;

**Visto** lo Statuto dell'Università degli Studi di Perugia, emanato con D.R. 889 del 28.5.2012, pubblicato nella G.U. della Repubblica Italiana del 21.6.2012 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art. 41, comma 7, in base al quale il Direttore può adottare atti di competenza del Consiglio in casi di comprovata necessità e urgenza;

**Visto** il Regolamento per l'assunzione di Ricercatori con contratto di lavoro subordinato a tempo determinato ai sensi della legge 30.12.2010 n. 240 approvato dal Senato Accademico di questo Ateneo nella seduta del 20.09.2011, emanato con D.R. n. 1693 del 07.10.2011 e successive modificazioni e integrazioni e in particolare l'art.7;

**Visto** il D.R. n.710 del 25.05.2018 con cui è stata indetta la procedura di valutazione comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di un rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato, ai sensi dell'art. 24 - comma 3 - lettera b) della legge 30.12.2010 n. 240, per le finalità e per il Settore Concorsuale 09/C2 – SSD ING-IND/11 per le esigenze del Dipartimento di Ingegneria;

**Considerato** che sono scaduti i termini per la presentazione delle domande di partecipazione alla procedura di valutazione comparativa sopracitata;

**Ritenuto urgente** designare i componenti della Commissione giudicatrice della procedura di valutazione comparativa sopracitata, nel rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L. 240/2010 e dalla delibera ANVUR 132/2016;

**Dato atto** che viene, in merito, rispettato quanto disposto dall'art. 57, comma 1, lettera a., D.Lgs. 165/2001 in materia di pari opportunità;

#### DECRETA

di designare la seguente Commissione giudicatrice relativa alla procedura di valutazione comparativa per la sottoscrizione di un contratto di diritto privato per l'instaurazione di un rapporto di lavoro subordinato quale ricercatore universitario a tempo determinato ai sensi dell'art.24, comma 3, lettera b), della Legge 240/2010, per tre anni, con regime di tempo pieno per il settore concorsuale 09/C2 – SSD ING-IND/11, per le esigenze del Dipartimento di Ingegneria:

Prof. Asdrubali Francesco

Prof. Cellura Maurizio

Prof. Serra Valentina

di cui si allegano le dichiarazioni (all.A) attestanti il rispetto di quanto disposto dall'art.35 bis del D.Lgs. n.165/2001, dall'art. 6, commi 7 e 8, della L.240/2010 e dalla delibera ANVUR 132/2016.

Il presente decreto sarà portato a ratifica del Consiglio nella prossima seduta.

IL DIRETTORE

F.to Prof. Giuseppe Saccomandi

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

Via G. Duranti, 93  
06125 Perugia

Direttore  
Segretario Amministrativo  
Segreteria Amministrativa  
Segreteria Didattica

Tel: +3975 585 3600  
Tel: +3975 585 3653  
Tel: +3975 585 3657-3652-3949  
Tel: +3975 585 3605-3603-3604

**Università degli Studi di Perugia  
Dipartimento di Ingegneria**

**DD n. 77 -**

**IL DIRETTORE**

**Oggetto:**

Bando per il cofinanziamento di progetti di ricerca volti allo sviluppo di tecnologie per la prevenzione, il recupero, il riciclaggio ed il trattamento di rifiuti non rientranti nelle categorie già servite da consorzi di filiera, pubblicato in data 15/06/2018 - MATTM. Approvazione progetto - Referente: Prof. Luigi VACCARO

**Visto** che il Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare (MATTM), ai fini della promozione delle iniziative di cui al comma 5 dell'articolo 179 del D.lgs. 152/2006, ha approvato il Bando per il cofinanziamento di progetti di ricerca volti allo sviluppo di tecnologie per la prevenzione, il riciclaggio ed il trattamento di rifiuti non rientranti nelle categorie già servite da consorzi di filiera, pubblicato in data 15/06/2018 sul sito web istituzionale del Ministero ([www.minambiente.it](http://www.minambiente.it) - sezione "Bandi e avvisi");

**Tenuto conto** che ai sensi dell'art. 5 del Bando, sono ammessi a presentare le iniziative progettuali, organismi di ricerca singoli o associati, anche in forma temporanea, con altri soggetti pubblici o privati operanti nella filiera di gestione dei rifiuti e che ciascun soggetto, sia in forma singola che associata, può essere presente in una sola istanza di cofinanziamento, pena la inammissibilità di tutte le istanze in cui il predetto soggetto risulti presente;

**Preso atto**, pertanto, che con riferimento ad una singola Università, la stessa potrà presentare, attraverso i vari Dipartimenti e strutture che compongono l'Ateneo, una sola iniziativa progettuale, con relativa istanza di cofinanziamento;

**Considerato** che, le seguenti strutture di ricerca dell'Università degli Studi di Perugia intendono presentare la proposta progettuale dal titolo "**Sviluppo di nuovi reattori a flusso continuo per la conversione, il recupero e la valorizzazione di prodotti di scarto derivanti da biomasse (FLOWbiovalWASTE)**", a valere sul Bando di cui trattasi:

- Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie;
- Dipartimento di Ingegneria;
- Dipartimento di Economia;

**Preso atto** che il Dipartimento incaricato di coordinare la presentazione della proposta progettuale è stato individuato nel: *Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie*;

**Ricordato che**, ai sensi dell'art. 7 del Bando di cui trattasi, (i) il contributo assegnato per ciascuna delle iniziative progettuali ammesse a cofinanziamento non può essere inferiore ad € 100.000,00 (centomila) e superiore ad € 300.000,00 (trecentomila), comprensivo di ogni onere; (ii) la percentuale massima di contributo che può essere concessa per ciascuna iniziativa progettuale ammessa a cofinanziamento, nei limiti di cui al punto che precede, è pari al 50% delle spese ammissibili;

**Tenuto conto** che la proposta progettuale, della durata stimata di n. 24 mesi, prevede un costo complessivo pari ad € 300.000,00 di cui € 150.000,00 rappresentano i costi di competenza

*Ratificato con delibera del Consiglio di Dipartimento del 07/09/2018 verbale n. \_\_\_\_\_*



dell'Università di Perugia – Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie; Dipartimento di Ingegneria; Dipartimento di Economia – ed € 150.000,00 rappresentano il contributo Ministeriale richiesto;

**Preso atto** che il Referente scientifico per il progetto è il Prof Luigi Vaccaro;

**Preso atto** che dovrebbe essere coinvolto nelle attività di ricerca, di cui alla summenzionata proposta progettuale, il sottoelencato personale afferente al Dipartimento di Ingegneria:

Prof. Andrea Nicolini;  
Dott. Mirko Filippini;  
Dott.ssa Beatrice Castellani.

**Atteso che** il Dipartimento di Ingegneria si impegna, in caso di ammissione a finanziamento, a fornire l'apporto necessario per lo svolgimento della parte di progetto ad esso affidata, in termini di risorse finanziarie, materiali e di personale;

#### DECRETA

- di approvare la proposta progettuale dal titolo **Sviluppo di nuovi reattori a flusso continuo per la conversione, il recupero e la valorizzazione di prodotti di scarto derivanti da biomasse - acronimo (FLOWbiovalWASTE)**", di cui è Referente Scientifico il Prof. Luigi Vaccaro, del Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, presentata congiuntamente al Dipartimento di Ingegneria e al Dipartimento di Economia dell'Università degli Studi di Perugia, nell'ambito del Bando per il cofinanziamento di progetti di ricerca volti allo sviluppo di tecnologie per la prevenzione, il recupero, il riciclaggio ed il trattamento di rifiuti non rientranti nelle categorie già servite da consorzi di filiera emanato dal MATTM, della durata di 24 mesi, per un costo complessivo pari ad € 300.000,00, di cui € 150.000,00 rappresentano i costi di competenza dell'Università di Perugia – Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie; Dipartimento di Ingegneria; Dipartimento di Economia – ed € 150.000,00 rappresentano il contributo Ministeriale richiesto;

- di approvare gli allegati alla proposta progettuale, redatti a cura delle strutture di ricerca dell'Ateneo che partecipano all'iniziativa progettuale in qualità di partner di progetto, ed in particolare:

- Sub allegato 1 A: relazione descrittiva della natura e delle caratteristiche dell'iniziativa progettuale;
- Sub allegato 1B: preventivo dettagliato del progetto;
- Sub allegato 1 C: specifica degli indicatori fisici per la valutazione e verifica del raggiungimento degli obiettivi preposti;

- di mettere a disposizione, in caso di ammissione a finanziamento, tutte le risorse necessarie (strutture, apparecchiature, personale etc.) per lo svolgimento della parte di progetto affidata al Dipartimento di Ingegneria e a farsi carico dell'eventuale co-finanziamento di competenza;

3. di proporre al Magnifico Rettore la sottoscrizione della documentazione necessaria alla presentazione del progetto

*Ratificato con delibera del Consiglio di Dipartimento del 07/09/2018 verbale n. \_\_\_\_\_*

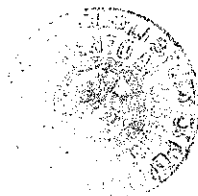
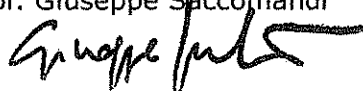


suddetto e di tutti gli atti connessi e conseguenti all'eventuale ammissione a finanziamento del progetto stesso.

Il presente decreto sarà sottoposto alla ratifica del Consiglio alla sua prossima riunione.

Perugia, 05/09/2018

Il Direttore  
Prof. Giuseppe Saccomandi



*Ratificato con delibera del Consiglio di Dipartimento del 07/09/2018 verbale  
n. \_\_\_\_\_*



allegato N. 1 al punto  
fine del giorno N. 14

## UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PERUGIA

### Dipartimento di Ingegneria

D.S.A. n.18 /2018

**Oggetto:**

Variazione al Bilancio  
Unico di Previsione  
Autorizzatorio - Esercizio  
2018

#### Il Segretario Amministrativo

**VISTO** l'art. 32 comma 1 - lett. e) del Regolamento per l'Amministrazione la Finanza e la Contabilità dell'Università degli Studi di Perugia emanato con D.R. n. 389 del 18.03.2013 e modificato con D.R. n. 469 del 24.03.2016;

**CONSIDERATO** che tutte le somme disponibili al 31.12.2017, assegnate ai Progetti di pertinenza, derivanti da rapporti convenzionali e/o contratti per lo sviluppo di ricerca di natura, sia istituzionale che commerciale, con enti pubblici e privati sono state considerate grandezze vincolate ed in quanto tali, riportate nel Budget Economico e nel Budget investimenti dell'esercizio finanziario 2018 mantenendo l'assegnazione ai Progetti di origine;

**PRESO ATTO** delle richieste per lo spostamento di risorse dal Budget Economico al Budget investimenti e/o viceversa, pervenute all'Amministrazione del Dipartimento, presentate da vari responsabili di progetto, per un ammontare complessivo di € 8.949,58 per le voci COAN indicate:

CA.07.70.01.06.01 – Costi di investimento progetti - finanziamenti non competitivi per la ricerca € 3.137,00;

CA.09.90.01.01.09 – Ricerca di base – budget economico € 2.013,00;

CA.08.80.01.05.01- Costi investimenti progetti - attività c/terzi e cessione di risultati di ricerca € 599,58;

CA.09.90.01.01.10 - Funzionamento strutture didattiche - Budget economico € 3.200,00;

**CONSIDERATO** che al fine di consentire una corretta imputazione dei costi aventi natura economica e/o di investimento nei singoli progetti di ricerca si ritiene opportuno appostare le disponibilità finanziarie nelle corrispondenti voci COAN del budget investimenti come di seguito indicato:

CA.08.80.01.06.01 - Costi di operativi progetti - finanziamenti non competitivi per la ricerca € 3.137,00;

CA.10.10.01.01.19 – Ricerca di base – budget investimenti € 2.013,00;



CA.07.70.01.05.01 - Costi operativi progetti - attività c/terzi e cessione di risultati di ricerca € 599,58;

CA.10.10.01.01.20 - Funzionamento strutture didattiche – budget investimenti € 3.200,00;

**RITENUTO** necessario ed urgente procedere alle relative variazioni al Bilancio Unico di Ateneo di previsione annuale autorizzatorio dell'esercizio finanziario 2018;

### DECRETA

di proporre all'Ufficio Budgeting e Bilancio Unico di Ateneo la seguente variazione al Bilancio Unico di Previsione Autorizzatorio dell'esercizio finanziario 2018:

#### costi - UA.PG.DING

CA.07.70.01.06.01 – Costi operativi progetti - finanziamenti non competitivi per la ricerca	- € 3.137,00
CA.09.90.01.01.09 – Ricerca di base – budget economico	- € 2.013,00
CA.08.80.01.05.01- Costi di investimento progetti - attività c/terzi e cessione di risultati di ricerca	- € 599,58
CA.09.90.01.01.10 - Funzionamento strutture didattiche - Budget economico	- € 3.200,00

#### costi - UA.PG.DING

CA.08.80.01.06.01 - Costi di investimento progetti - finanziamenti non competitivi per la ricerca	+ € 3.137,00
CA.10.10.01.01.19 – Ricerca di base – budget investimenti	+ € 2.013,00
CA.07.70.01.05.01 - Costi operativi progetti - attività c/terzi e cessione di risultati di ricerca	+ € 599,58
CA.10.10.01.01.20 - Funzionamento strutture didattiche – budget investimenti	+ € 3.200,00

Il presente decreto viene trasmesso all'Ufficio Bilancio Consolidato, Coordinamento e controllo Centri Istituzionali e Centri di Servizio per quanto di competenza e sarà portato a ratifica del Consiglio di Dipartimento nella prima seduta utile.

Perugia, 27/06/2018

Segretario Amministrativo  
Dipartimento di Ingegneria  
(Sig. Giovanni Magara)



Allegato N. ....2..... al punto  
dell'ordine del giorno N. 14.....

## UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PERUGIA

Dipartimento di Ingegneria

D.S.A. n. 21/2018

Il Segretario Amministrativo

VISTO La legge 240/2010;

VISTO l'art. 32 del vigente Regolamento per l'amministrazione, la finanza e la contabilità dell'Università degli Studi di Perugia, emanato con D.R. n.389 del 18/03/2013, successivamente modificato con D.R. n.469 del 24/03/2016 che, nello specifico al punto 1) lettera b) **"le variazioni del budget all'interno del singolo Centro Gestionale comportanti trasferimento di risorse tra conti di budget economico o, parimenti, tra conti di budget degli investimenti, previa verifica del rispetto dei vincoli di legge sulle singole nature di spesa interessate e a condizione che non alterino la disponibilità complessiva del Centro"**: sono sempre assunte con provvedimento del Responsabile dei Centri Istituzionali che provvede quindi alla conseguente registrazione nel gestionale di contabilità UGov e che è responsabile dell'invio in posta elettronica, per conoscenza, del provvedimento al Collegio dei Revisori e successivamente inoltrare lo stesso provvedimento all'Ufficio Coordinamento e controllo Centri Istituzionali e Centri di Servizio;

VISTO il nuovo Regolamento per l'attività conto terzi, emanato con D.R. n.201 del 18/02/2015, approvato dal Senato Accademico e dal Consiglio di Amministrazione nelle sedute del 04/02/2015;

VISTI i piani finanziari redatti, ai sensi degli art.9 e 10 del sopracitato regolamento per l'attività conto terzi, dai singoli responsabili scientifici e riferiti alle attività in conto terzi espletate nel corso dell'esercizio 2018, dai quali risulta essere destinata, al personale TAB che non prende parte direttamente alle attività di ricerca un quota complessiva di € 3.285,22 (euro tremiladuecentottantacinque/22);

CONSIDERATO che, per una più agevole gestione nella fase di liquidazione dei compensi al personale, e al fine assicurare il corretto funzionamento del metodo "cost to cost", garantendo la corretta imputazione del costo a carico di ogni singolo PJ, si ritiene opportuno disporre un trasferimento interno per l'assegnazione delle suddette risorse, risultanti nelle disponibilità di una serie considerevole di progetti, ad un singolo PJ all'uopo generato;

VISTA la nota prot. n. 47022 del 19/06/2018 con cui viene richiesta l'integrazione dell'importo a copertura degli Assegni di ricerca, tipo "B" L.240/2010 per aumento aliquote contributive INPS anno 2018- I quadrimestre per complessivi € 714,98;

RITENUTO di dover procedere quindi alle necessarie e relative variazioni di bilancio Unico di Ateneo di previsione annuale autorizzatorio dell'esercizio 2018;

**Oggetto:**  
Disposizioni -  
trasferimenti per  
movimentazioni  
interne per:  
- Quote per  
compensi attività  
conto terzi anno  
2018 personale TAB  
PJ in C/Terzi -  
- Integrazione  
contributo INPS  
I quadrimestre 2018





DECRETA

- 1) di autorizzare, a seguito del trasferimento interno, in premessa indicato, per complessivi € 3.285,22 quale quote per compensi in attività commerciale spettanti al personale/T/A appostati sulla voce CA. 07.70.01.05.01 "Costi operativi progetti- attività c/o terzi e cessione di risultati", suddiviso per le quote di seguito riportate a gravare sui PJ a fianco di ciascuna indicati :

€ 150	UA.PG.DING.ISE16GB
€ 250	UA.PG.DING.PROVFR15VP
€ 300	UA.PG.DING.ELASTER15RV
€ 2.585,22	UA.PG.DING.40RIVAPV

e del reincameramento della suddetta somma nei trasferimenti interni di ricavo (voce COAN CA.03.05.01.12.01 "Trasferimenti Interni Vari" per 3.285,22 con la conseguente variazione:

Voce COAN

CA.03.05.01.12.01 "Trasferimenti Interni Vari"

"UA.PG.DING.ATTCOMRES14"

+ € 3.285,22

**TOTALE**

+ € 3.285,22

Voce COAN

07.70.01.05.01- "Costi operativi progetti- attività c/o terzi e cessione di risultati"

"UA.PG.DING.ATTCOMRES14"

+ € 3.285,22

**TOTALE**

+ € 3.285,22

- 2) di autorizzare, a seguito del trasferimento interno quale copertura finanziaria dei rinnovi degli assegni di ricerca di tipo "B" L.240/2010, ed integrazione dell'aumento delle aliquote contributive INPS per il I quadrimestre 2018, per complessivi € 714,98 così ripartiti:

PJ:UA.PG.DING.PRIN2015\_ROSSI per € 237,60, assegnisti dott.ri L. Casacanditella, M. Cibeca, R. Fioretti;

PJ: UA.PG.DING. EXCOM41CONT17LP per € 200,03, assegnista dott. A. Cavicchi;

PJ:UA.PG.DING.RELUI16 AB per € 78,48, assegnista dott. A. Molinari;

PJ:UA.PG.DING.PRIN2015\_CARBONE per € 103,39, assegnista dott. F. Santoni;

PJ:UA.PG.DING.FCARP15LB per € 95,48 , assegnista dott.ssa E. Sisani,

e del reincameramento della suddetta somma nei trasferimenti interni di ricavo (voce COAN CA.03.05.01.09.01.03 "Ricavi interni per trasferimenti di costi per assegni di ricerca"), la conseguente variazione:

Voce COAN

CA.03.05.01.09.01 "Trasferimenti Interni Correnti"

UA.PG.DING

+ € 714,98

Voce COAN

CA.04.08.01.02.01 "Assegni di Ricerca"

UA.PG.DING

+ € 714,98



Pag.n.3 DSA n. 21/2018

- 3) di autorizzare l'Ufficio Compensi ad effettuare la partizione della voce COAN 04.08.01.02.01 "Assegni di Ricerca" dalla UA.PG.DING alla UA.PG.ACEN per l'importo di 714,98 (EURO settecentoquattordici/98) quale integrazione INPS I quadrimestre 2018;
- 4) di trasmettere scansione dell'originale del presente decreto al Collegio dei Revisori dei Conti, come previsto dall'art.32 del vigente *Regolamento per l'amministrazione, la finanza e la contabilità*, richiamato in premessa.

Il presente decreto sarà portato a conoscenza del consiglio del Dipartimento nella prima seduta utile.

Perugia, 1/08/2018

Segretario Amministrativo  
Dipartimento di Ingegneria  
(Giovanni Magara)

---

**Relazione Triennale Conclusiva**  
**09 marzo 2015 - 08 marzo 2018**

**Dott.ssa Beatrice Castellani**

---

Ricercatore universitario a Tempo Determinato (art. 24 – comma 3, lettera a) Legge 240/10),  
Settore concorsuale 09/C2- Fisica Tecnica e Ingegneria Industriale - Settore scientifico-disciplinare  
ING-IND/11 (Fisica Tecnica Ambientale).

Progetto di ricerca: “Studio di materiali basati su clatrati idrati per lo stoccaggio di calore in  
applicazioni edilizie”.

*Sede:* Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria,  
Via G. Duranti, Perugia.  
Tel: +39 075 5853853  
E-mail: beatrice.castellani@unipg.it

---

**Attività scientifica**

Scopus Author ID: 55237475900  
ORCID: orcid.org/ 0000-0001-5546-656X  
- H-Index iniziale: 4  
- H-Index attuale: 12

Il progetto di ricerca assegnato alla Dott.ssa Castellani è finalizzato all'uso di clatrati idrati come  
materiali a cambiamento di fase in applicazioni di stoccaggio del calore, con particolare  
riferimento ad applicazioni in edilizia.

Le attività di ricerca svolte nei tre anni perseguono gli obiettivi del progetto e più in generale si  
inseriscono nelle tematiche relative allo stoccaggio dell'energia, studio di materiali a cambiamento  
di fase e di materiali per l'edilizia.

**Clatrati idrati di composti organici**

E' stata completata l'analisi dello stato dell'arte sulla caratterizzazione termo-fisica di semi-clatrati  
idrati di composti organici. Sono state individuate le molecole con caratteristiche termo-fisiche  
ottimali per applicazioni in edilizia. E' stato progettato e costruito un reattore da laboratorio per lo  
studio della formazione e dissociazione dei clatrati idrati di composti organici. Sono stati valutati i  
processi di formazione e dissociazione dei clatrati idrati di composti organici.

**Materiali a cambiamento di fase**

Sono state completate valutazioni energetiche sull'espansione dell'aria compressa in presenza di  
materiali PCM per applicazioni in sistemi di stoccaggio dell'energia ad aria compressa CAES. La  
configurazione di tipo isoterma è finalizzata al miglioramento dell'efficienza globale del sistema  
rispetto a quella di impianti CAES diabatici in attività.

E' stata completata la sperimentazione su un apparato sperimentale di piccola Taglia CAES  
costituito da compressore, quasi-turbina per espansione aria e serbatoio da 100 l. Sono state svolte  
attività sperimentali per la determinazione delle performance del prototipo in assenza di materiali  
PCM. E' stato completato uno studio tecnico-economico e sperimentale per l'integrazione del  
prototipo con impianti a fonte rinnovabile in un edificio storico residenziale.

### Materiali innovativi per l'edilizia

Nell'ambito di materiali innovativi per l'edilizia, ha svolto attività di ricerca sulla caratterizzazione, in termini di proprietà ottiche e radiative, di materiali retroriflettenti "cool" e sul loro effetto in contesti di canyon urbani. Il modello fisico in scala di canyon urbano è stato installato ed utilizzato per le prove sperimentali sui materiali. I materiali retroriflettenti sono stati studiati sia quando applicati a superfici orizzontali, come il pavimento del canyon, che su superfici verticali, come le facciate degli edifici. E' stato valutato il loro effetto sull'energia circolante all'interno del canyon e quindi sul più complesso fenomeno dell'isola di calore urbana.

E' stato inoltre valutato il loro effetto sull'albedo, non solo a livello di canyon ma anche a livello di distretto urbano. E' stato sviluppato e testato un prodotto edilizio per involucri esterni con proprietà retroriflettenti. Sono state sviluppate diverse tipologie di piastrelle retroriflettenti tramite tecnologia di deposito superficiale di microsfere del tipo "tape casting". Sono state testate le proprietà ottiche globali e direzionali. Parte delle attività di ricerca sono state svolte congiuntamente con il gruppo di Ricerca diretto dal Prof. Mattheos Santamuris, Physics Department, University of Athens, Greece.

Lo studio degli effetti dell'albedo sul fenomeno dell'isola di calore urbana tramite simulazione in mesoscala fa parte di un'attività di ricerca internazionale (Università degli Studi di Perugia, Concordia University, AMESIS Energy Inc., Montreal, Canada).

### Stoccaggio dell'energia

Si è occupata dell'ottimizzazione di un processo di stoccaggio dell'energia solare tramite reazione di Sabatier per l'accumulo dell'energia sotto forma di metano. Si è occupata di aspetti relativi alla configurazione impiantistica e alle valutazioni energetiche.

E' stato messo a punto un apparato sperimentale per lo stoccaggio dell'energia solare tramite reazione di Sabatier finalizzato all'accumulo dell'energia sotto forma di metano. La configurazione impiantistica è costituita da: impianto fotovoltaico, elettrolizzatore, preriscaldatore dei gas reagenti, reattore di Sabatier e sezione di separazione dell'acqua. Nel periodo di riferimento, sono stati avviati test sperimentali con catalizzatori a base di Nichel prodotti in laboratorio.

Le attività sperimentali riguardano anche lo sviluppo di opportuni catalizzatori. Sul tema dello stoccaggio dell'energia tramite tecnologia power-to-gas, coordina un gruppo di ricerca internazionale (Università degli Studi di Perugia e Università Tecnica di Delft) su tematiche di integrazione del power-to-gas con altre filiere energetiche ed industriali. Sono stati completati studi di tipo LCA sulla valorizzazione del flue gas e la cattura della CO<sub>2</sub>, con produzione di ammoniaca e metano.

### Clatrati idrati di gas naturale

Questa attività di ricerca riguarda lo sfruttamento dei sedimenti di idrati di gas naturale. Su tale tematica, è Principal Investigator di attività di ricerca congiunte con il gruppo di Ricerca diretto dal Prof. Marco J Castaldi, CUNY Energy Institute, New York, USA. Studia gli idrati di gas naturale, come fonte non convenzionale di metano e sistema di cattura della CO<sub>2</sub> tramite sostituzione CO<sub>2</sub>/metano nei sedimenti geologici.

E' stato messo a punto un reattore per lo studio di idrati di gas naturale, finalizzato alla riproduzione dei fondali marini, oceanici e permafrost ed allo studio cinetico e termodinamico della dissociazione degli idrati ed alla sostituzione del metano recuperato con anidride carbonica. Sono stati completati test sperimentali per la riproduzione dei sedimenti con differente percentuale di saturazione. Ha completato uno studio sulla dissociazione termica di idrati di metano in siti geologici, con contemporanea sostituzione e cattura della CO<sub>2</sub>.

### Upgrading del biogas a biometano tramite gas idrati

Nel periodo di riferimento ha condotto attività sperimentali relative alla separazione del biometano

da biogas tramite tecnologia basata sui gas idrati. Ha condotto studi di tipo LCA su integrazione del processo di upgrading del biogas a biometano tramite gas idrati con sistemi di metanazione della CO<sub>2</sub> per la produzione di metano biosintetico.

#### Celle a combustibile a carbonati fusi

E' stata coinvolta nelle attività sperimentali per la messa a punto di celle a combustibile a carbonati fusi, con elettrodi e matrici prodotti in laboratorio.

### **Publicazioni nel triennio di riferimento**

#### *Riviste internazionali*

1. Castellani, B., Morini, E., Nastasi, B., Nicolini, A., Rossi, F. Small-scale compressed air energy storage application for renewable energy integration in a listed building (2018) *Energies*, 11 (7), art. no. 1921. DOI: 10.3390/en11071921.
2. Castellani Beatrice, Rinaldi Sara, Morini Elena, Nastasi Benedetto, Rossi Federico (2018). Flue gas treatment by power-to-gas integration for methane and ammonia synthesis – Energy and environmental analysis. *ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT*, ISSN: 0196-8904, doi: 10.1016/j.enconman.2018.06.025
3. Castellani Beatrice, Rinaldi Sara, Bonamente Emanuele, Nicolini Andrea, Rossi Federico, Cotana Franco (2018). Carbon and energy footprint of the hydrate-based biogas upgrading process integrated with CO<sub>2</sub> valorization. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, vol. 615, p. 404-411, ISSN: 0048-9697, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.254
4. Morini, Elena, Castellani, Beatrice, Anderini, Elisabetta, Presciutti, Andrea, Nicolini, Andrea, Rossi, Federico (2018). Optimized retro-reflective tiles for exterior building element. *SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY*, vol. 37, p. 146-153, ISSN: 2210-6707, doi: 10.1016/j.scs.2017.11.007
5. Morini, Elena, Castellani, Beatrice, De Ciantis, Stefania, Anderini, Elisabetta, Rossi, Federico (2018). Planning for cooler urban canyons: Comparative analysis of the influence of façades reflective properties on urban canyon thermal behavior. *SOLAR ENERGY*, vol. 162, p. 14-27, ISSN: 0038-092X, doi: 10.1016/j.solener.2017.12.064
6. Castellani Beatrice, Morini Elena, Bonamente Emanuele, Rossi Federico (2017). Experimental investigation and energy considerations on hydrate-based biogas upgrading with CO<sub>2</sub> valorization. *BIOMASS & BIOENERGY*, vol. 105, p. 364-372, ISSN: 0961-9534, doi: 10.1016/j.biombioe.2017.07.022.
7. Castellani Beatrice, Morini Elena, Anderini Elisabetta, Filipponi Mirko, Rossi Federico (2017). Development and characterization of retro-reflective colored tiles for advanced building skins. *ENERGY AND BUILDINGS*, vol. 154, p. 513-522, ISSN: 0378-7788, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.08.078
8. Castellani Beatrice, Gambelli Alberto Maria, Morini Elena, Nastasi Benedetto, Presciutti Andrea, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2017). Experimental Investigation on CO<sub>2</sub> Methanation Process for Solar Energy Storage Compared to CO<sub>2</sub>-Based Methanol Synthesis. *ENERGIES*, vol. 10, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en10070855
9. Morini Elena, Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Anderini Elisabetta, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2017). Experimental Analysis of the Effect of Geometry and Façade Materials on Urban District's Equivalent Albedo. *SUSTAINABILITY*, vol. 9, ISSN: 2071-1050, doi: 10.3390/su9071245
10. Elena Morini, Beatrice Castellani, Andrea Presciutti, Mirko Filipponi, Andrea Nicolini, Federico Rossi, Optic-energy performance improvement of exterior paints for buildings, *Energy and Buildings*, Volume 139, 15 March 2017, Pages 690-701.

11. Andrea Aquino, Emanuele Bonamente, Cinzia Buratti, Franco Cotana, Beatrice Castellani, Valerio Paolini, Francesco Petracchini, Carbon Dioxide Removal with Tuff: Experimental Measurement of Adsorption Properties and Breakthrough Modeling Using CFD Approach, *Energy Procedia*, Volume 101, November 2016, Pages 392-399.
12. Rossi Federico, Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Morini Elena, Anderini Elisabetta, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea (2016). Experimental evaluation of urban heat island mitigation potential of retro-reflective pavement in urban canyons. *ENERGY AND BUILDINGS*, vol. 126, ISSN: 0378-7788, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.05.036
13. Castellani Beatrice, Rossetti Giacomo, Tupsakhare Swanand, Rossi Federico, Nicolini Andrea, Castaldi Marco J. (2016). Simulation of CO<sub>2</sub> storage and methane gas production from gas hydrates in a large scale laboratory reactor. *JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING*, vol. 147, p. 515-527, ISSN: 0920-4105, doi: 10.1016/j.petrol.2016.09.016
14. Morini Elena, Touchaei Ali G., Castellani Beatrice, Rossi Federico, Cotana Franco (2016). The Impact of Albedo Increase to Mitigate the Urban Heat Island in Terni (Italy) Using the WRF Model. *SUSTAINABILITY*, vol. 8, ISSN: 2071-1050, doi: 10.3390/su8100999
15. Filipponi Mirko, Rossi Federico, Presciutti Andrea, De Ciantis Stefania, Castellani Beatrice, Carpinelli Ambro (2016). Thermal Analysis of an Industrial Furnace. *ENERGIES*, vol. 9, ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en9100833
16. Rossi F, Morini E, Castellani B, Nicolini A, Bonamente E, Anderini E, Cotana F (2015). Beneficial effects of retroreflective materials in urban canyons: results from seasonal monitoring campaign. *JOURNAL OF PHYSICS. CONFERENCE SERIES*, vol. 655, ISSN: 1742-6588, doi: 10.1088/1742-6596/655/1/012012
17. Rossi Federico, Castellani Beatrice, Nicolini Andrea (2015). Benefits and Challenges of Mechanical Spring Systems for Energy Storage Applications. *ENERGY PROCEDIA*, vol. 82, p. 805-810, ISSN: 1876-6102, doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.816
18. Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2015). Experimental investigation on the effect of phase change materials on compressed air expansion in CAES plants. *SUSTAINABILITY*, vol. 7, p. 9773-9786, ISSN: 2071-1050, doi: 10.3390/su7089773
19. Rossi Federico, Anderini Elisabetta, Castellani Beatrice, Nicolini Andrea, Morini Elena (2015). Integrated improvement of occupants' comfort in urban areas during outdoor events. *BUILDING AND ENVIRONMENT*, vol. 93, p. 285-292, ISSN: 0360-1323, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.07.018
20. Federico Rossi, Beatrice Castellani, Andrea Presciutti, Elena Morini, Mirko Filipponi, Andrea Nicolini, Matheos Santamouris (2015). Retroreflective façades for urban heat island mitigation: Experimental investigation and energy evaluations. *APPLIED ENERGY*, vol. 145, p. 8-20, ISSN: 0306-2619, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.01.129

#### *Convegni*

1. Castellani Beatrice, Minelli Giorgio, Barchi Massimiliano, Rossi Federico, Cotana Franco (2017). CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> replacement in natural gas hydrates and membrane-based CH<sub>4</sub> recovery: energy and environmental evaluation. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Gas Hydrates*, Denver, Colorado, USA, 25-30 giugno 2017
2. Castellani B., Rinaldi S., Bonamente E., Nicolini A., Rossi F., Cotana F. (2017). Carbon and energy footprint of the hydrate-based biogas upgrading process integrated with CO<sub>2</sub> valorization. In: *17° Congresso Nazionale CIRIAF*. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017
3. Beatrice Castellani, Alberto M. Gambelli, Sara Rinaldi, Elena Morini, Elisabetta Anderini, Benedetto Nastasi, Federico Rossi, Franco Cotana (2017). Environmental and energy evaluation of different options for flue gas valorization by P2G integration. In: *Proceedings of the 12th SDEWES Conference*. SDEWES Centre, Dubrovnik, 4-8 ottobre 2017

4. Castellani B., Gambelli A., Morini E., Nastasi B., Presciutti A., Filipponi M., Nicolini A., Rossi F. (2017). Experimental investigation on CO<sub>2</sub> methanation process for solar energy storage. In: 17° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017
5. Federico Rossi, Andrea Presciutti, Elena Morini, Beatrice Castellani, Franco Cotana (2017). High performance building envelopes with retro-reflective materials. In: 12th Conference on Advanced Building Skins. p. 612-621, Advanced Building Skins GmbH, ISBN: 978-3-9524883-1-7, Bern, Switzerland, 2-3 October 2017
6. Castellani B., Filipponi M., Presciutti A., Gambelli A., Minelli G., Barchi M., Nicolini A., Rossi F., Cotana F. (2017). Methane production from natural gas hydrates: reactor details and experimental activities. In: 17° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017
7. Morini E., Castellani B., Corsi N., Anderini E., Presciutti A., Nicolini A., Rossi F., Cotana F. (2017). Optimized retro-reflective tiles for building application. In: 17° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017
8. Beatrice Castellani, Benedetto Nastasi, Elena Morini, Andrea Nicolini, Federico Rossi, Franco Cotana (2017). Renewable energy and decarbonization strategies for historical buildings retrofit by Power-To-Power solution. In: Proceedings of the 12th SDEWES Conference. SDEWES Centre, Dubrovnik, 4-8 ottobre 2017
9. Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Morini Elena, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2017). Use of phase change materials during compressed air expansion for isothermal CAES plants. In: 35th UIT Heat Transfer Conference - Proceedings. UIT, Ancona, 26-28 Giugno 2017
10. Rossi Federico, Castellani Beatrice, Palombo Massimo, Morini Elena, Nicolini Andrea (2016). Evaluation of the acoustic performances of metal powder based materials. In: PROCEEDINGS of the 22nd International Congress on Acoustics. Asociación de Acústicos Argentinos, ISBN: 978-987-24713-6-1, Buenos Aires, Argentina, 5-9 September 2016
11. Morini Elena, Presciutti Andrea, Castellani Beatrice, Anderini Elisabetta, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2016). Experimental analysis of the effect of geometry and façades' materials on urban district's albedo. In: 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island. IC2UHI 2016 Singapore, singapore, 30-31 May and 1 June 2016
12. Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Morini Elena, Anderini Elisabetta, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2016). Investigation on the optic-energy interaction between retro reflective façades and pavement in urban canyons. In: 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island. IC2UHI 2016 Singapore, singapore, 30-31 May and 1 June 2016
13. Elena Morini, Ali Gholizade Touchaei, Beatrice Castellani, Elisabetta Anderini, Federico Rossi, Franco Cotana (2016). The effect of albedo increase to mitigate urban heat island in Terni (Italy) using WRF meteorological model. In: XVI Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi editore, ISBN: 9788860747556, assisi, 7-9 aprile 2016
14. Mirko Filipponi, Federico Rossi, Andrea Presciutti, Stefania De Ciantis, Beatrice Castellani, Ambro Carpinelli (2016). Thermal analysis of an industrial furnace. In: XVI Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi editore, ISBN: 9788860747556, assisi, 7-9 aprile 2016
15. Rossi Federico, Morini Elena, Castellani Beatrice, Nicolini Andrea, Bonamente Emanuele, Anderini Elisabetta, Cotana Franco (2015). Beneficial effects of retroreflective materials in urban canyons: results from seasonal monitoring campaign. In: Proceedings of 33rd UIT Heat Transfer Conference. UIT, L'Aquila, 22-24 Giugno 2015

16. Rossi Federico, Castellani Beatrice, Morini Elena, Di Giovanna Laura, Corsi Naida, Giuliobello Margherita, Nicolini Andrea (2015). Experimental apparatus for solar energy storage via methane production. In: Proceedings of SASEC 2015. p. 341-346, EDAS, ISBN: 9781775921097, Kruger National Park, South Africa, 11-13 May 2015
17. Castellani Beatrice, Presciutti Andrea, Morini Elena, Filipponi Mirko, Nicolini Andrea, Rossi Federico (2015). Experimental investigation on the effect of phase change materials on compressed air expansion in CAES plants. In: Atti del 15° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Editore, ISBN: 9788860743329, Perugia, 9-11 Aprile 2015

#### **Attività di ricerca nazionali ed internazionali**

- Principal Investigator - attività di ricerca congiunte con il gruppo di Ricerca diretto dal Prof. Marco J Castaldi, CUNY Energy Institute, New York, USA
- Direzione e Partecipazione al gruppo di ricerca internazionale (Università degli Studi di Perugia e Università Tecnica di Delft) sul tema dello stoccaggio dell'energia tramite tecnologia power-to-gas
- Responsabile delle attività di ricerca della sezione CIRIAF Terni, Università degli Studi di Perugia, Solargas di sintesi da fotovoltaico (idrolisi e reazione di Sabatier) per usi energetici a supporto della bioraffineria; Stoccaggio dell'energia con clatrati idrati; Tecnologia basata su gas idrati per l'upgrading del biogas a biometano
- Partecipazione al gruppo di ricerca internazionale (Università degli Studi di Perugia, Concordia University, AMESiS Energy Inc., Montreal, Canada) sullo studio degli effetti dell'albedo sul fenomeno dell'isola di calore urbana tramite simulazione in mesoscala
- Partecipazione alle attività di ricerca del CIRIAF-Università degli Studi di Perugia: progettazione, installazione di apparato sperimentale per la metanazione dell'anidride carbonica e test sperimentali
- Partecipazione alle attività di ricerca congiunte con il gruppo di Ricerca diretto dal Prof. Mattheos Santamuris, Physics Department, University of Athens, Greece.

#### **Partecipazione come relatore a convegni di carattere scientifico in Italia o all'estero**

- Relatore in: 33rd UIT Heat Transfer Conference. UIT, L'Aquila, 22-24 Giugno 2015. Rossi Federico, Morini Elena, Castellani Beatrice, Nicolini Andrea, Bonamente Emanuele, Anderini Elisabetta, Cotana Franco (2015). Beneficial effects of retroreflective materials in urban canyons: results from seasonal monitoring campaign. dal 22-06-2015 al 24-06-2015
- Relatore in: XVI Congresso Nazionale CIRIAF. Assisi, 7-9 aprile 2016 Elena Morini, Ali Gholizade Touchaei, Beatrice Castellani, Elisabetta Anderini, Federico Rossi, Franco Cotana (2016). The effect of albedo increase to mitigate urban heat island in Terni (Italy) using WRF meteorological model. Morlacchi editore, ISBN: 9788860747556
- Relatore in: 17° Congresso Nazionale CIRIAF, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017. Castellani B., Filipponi M., Presciutti A., Gambelli A., Minelli G., Barchi M., Nicolini A., Rossi F., Cotana F. (2017). Methane production from natural gas hydrates: reactor details and experimental activities. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839.
- Relatore in: 17° Congresso Nazionale CIRIAF, S.Apollinare, Marsciano (PG), 6-7 Aprile 2017. Castellani B., Gambelli A., Morini E., Nastasi B., Presciutti A., Filipponi M., Nicolini A., Rossi F. Experimental investigation on CO<sub>2</sub> methanation process for solar energy storage. Morlacchi Editore, Perugia, ISBN: 9788860747839.
- Relatrice in: 9th International Conference on Gas Hydrates. Denver, Colorado, USA, 25-30 giugno 2017. Castellani Beatrice, Minelli Giorgio, Barchi Massimiliano, Rossi Federico, Cotana Franco. CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> replacement in natural gas hydrates and membrane-based CH<sub>4</sub> recovery: energy and environmental evaluation. In: Proceedings of the 9th International Conference on Gas Hydrates dal 25-06-2017 al 30-06-2017



- Relatrice in: 12<sup>th</sup> SDEWES Conference Dubrovnik 2017, 3-8 ottobre 2017.
  - Castellani Beatrice, Nastasi Benedetto, Morini Elena, Nicolini Andrea, Rossi Federico, Cotana Franco. Renewable Energy and decarbonization strategies for historical buildings retrofit by Power-to-Power solution.
  - Castellani Beatrice, Gambelli Alberto Maria, Rinaldi Sara, Morini Elena, Anderini Elisabetta, Nastasi Benedetto, Rossi Federico, Cotana Franco. Environmental and energy evaluation of a flue gas valorization process by P2G integration. 12<sup>th</sup> SDEWES Conference Dubrovnik 2017, 3-8 ottobre 2017.

#### **Attività didattica, didattica integrativa e servizio agli studenti**

- TITOLARE DELL'INSEGNAMENTO: MODULO di Elementi di Fisica (5 CFU) - Dipartimento di Medicina Veterinaria - CORSO: Laurea triennale - L120 - Produzioni animali - SEDE: Perugia
- CLASSE: L-38 - LAUREE IN SCIENZE ZOOTECNICHE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI ANIMALI - D.M. 270 (dal 01-10-2015 al 30-09-2016)
- TITOLARE DELL'INSEGNAMENTO: MODULO di Elementi di Fisica Dipartimento di Medicina Veterinaria CORSO: Laurea triennale - L120 - Produzioni animali - SEDE: Perugia CLASSE: L-38 - LAUREE IN SCIENZE ZOOTECNICHE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI ANIMALI - D.M. 270 (dal 01-10-2016 al 30-09-2016)
- TITOLARE DELL'INSEGNAMENTO: MODULO di Elementi di Fisica Dipartimento di Medicina Veterinaria CORSO: Laurea triennale - L120 - Produzioni animali - SEDE: Perugia CLASSE: L-38 - LAUREE IN SCIENZE ZOOTECNICHE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI ANIMALI - D.M. 270 (dal 01-10-2017 ad oggi)
- Docente dei Corsi Introduttivi di Fisica per le matricole del Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali (Settembre 2015, Settembre 2016, Settembre 2017)
- Titolare dell'Insegnamento: "Energy storage: state of the art and in-lab experimental investigations" - Dottorato di Ricerca in Energia e Sviluppo sostenibile dell'Università degli Studi di Perugia – XXXI ciclo - Sede: CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento e sull'Ambiente "Mauro Felli" (dal 01-11-2015 al 31-10-2016)
- Titolare dell'Insegnamento: "Energy storage: state of the art and in-lab experimental investigations" Dottorato di Ricerca in Energia e Sviluppo sostenibile dell'Università degli Studi di Perugia - XXXII ciclo, anno accademico 2016/2017 - Sede: CIRIAF - Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento e sull'Ambiente "Mauro Felli" (dal 01-11-2016 al 01-06-2017)
- *Tutor Studenti di Dottorato in Energia e Sviluppo Sostenibile*, Università degli Studi di Perugia, Italy : Deepak Kumar Sharma (2017)
- *Tesi di Laurea Magistrale*  
Indagine sperimentale per la riproduzione di sedimenti geologici di idrati di metano (Experimental investigation for the reproduction of natural gas hydrate geological sediments) (Ingegneria Meccanica, Università degli Studi di Perugia, 2017)  
Valorizzazione della CO<sub>2</sub> nella produzione e stoccaggio dell'energia: opportunità del processo Sabatier (Ingegneria Meccanica, Università degli Studi di Perugia, 2016)  
Experimental simulation of methane recovery in hydrate-bearing sediments (Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Perugia/Warsaw University of Technology, 2016)  
Performance analysis of a small scale compressed air energy storage (CAES) prototype (Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Perugia/Warsaw University of Technology, 2016)
- *Tesi di Laurea Triennale*  
Upgrading del biogas: studio della tecnologia basata sui gas idrati (Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Perugia 2016)  
Sistemi avanzati di stoccaggio dell'energia ad aria compressa (CAES): utilizzo di materiali a

cambiamento di fase (PCM) per espansioni isoterme (Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Perugia, 2016)

#### **Attività editoriale e di revisione**

- Attività di peer-reviewing  
Elsevier – Applied Thermal Engineering, Urban Climate, Energy and Buildings, Sustainable cities and Society, The journal of Chemical Thermodynamics, Journal of Petroleum Science and Engineering, Applied Energy, Cold Regions Science and Technology, International Journal of Heat and Mass Transfer, Building and Environment, Journal of Natural Gas Science & Engineering  
MDPI - Sustainability, Applied Sciences, Energies, Remote sensing, Environments  
ACS Publications - Industrial & Engineering Chemistry Research  
ASA – Journal of Environmental Quality
- Membro dell'Editorial Board della rivista "The Open Petroleum Engineering Journal – Bentham Open"
- Esperto Scientifico per la valutazione di progetti di ricerca nominato da ANR Agence Nationale de la Recherche, Francia (2017)

#### **Partecipazione a comitati scientifici**

- Comitato Scientifico - 3rd SEE SDEWES Conference, 30 Giugno - 03 Luglio, 2018, Novi Sad, Serbia
- Comitato Scientifico – 13th SDEWES Conference, 30 Settembre – 04 ottobre, 2018, Palermo, Italy
- Membro del Comitato organizzativo del Convegno Nazionale CIRIAF
- Membro del Consiglio Scientifico del CIRIAF, Centro di Ricerca sull'Inquinamento e l'Ambiente e membro dell'Associazione Nazionale della Fisica Tecnica.

#### **Premi**

- Outstanding UHI Group of Researchers Award - 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Islands, Singapore, 30 May- 1 June 2016
- Best Poster Award per la presentazione poster dell'articolo : "Energy analysis of different chemical storage options for carbon recycling purposes" - 2nd South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems - SEE SDEWES - Piran, Slovenia (dal 15-06-2016 al 18-06-2016)

#### **Brevetti**

- Inventore designato per Brevetto per Modello di utilità N. 0000281961 avente per titolo: "SISTEMA DI ACCUMULO DI ENERGIA AD ARIA COMPRESSA (CAES - COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE) CON RECUPERO DI CALORE INTEGRATO AD UN IMPIANTO TURBOGAS PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA".

---

Dott.ssa Beatrice Castellani

*Beatrice Castellani*



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

Allegato N. 2 al punto  
dell'ordine del giorno N. 17

Relazione sull'attività da ricercatore di Luca Senni.

**Relazione tecnico-scientifica sull'attività di ricerca svolta da**  
**Luca Senni**  
**tra il 07.06.2016 e il 06.06.2018**

In adempimento agli obblighi previsti dall'articolo l'art. 1, comma 6, del contratto da ricercatore a tempo determinato ex art. 24, comma 3, della Legge 240/2010, il sottoscritto chiede al Consiglio del Dipartimento di Ingegneria di esprimere un giudizio sull'attività scientifica e didattica svolta nell'anno che va dal 07 giugno 2016 al 06 giugno 2018. A tal fine, allega una descrizione delle principali attività scientifiche e didattiche svolte nel periodo in oggetto.

In fede  
(Luca Senni)

---

Dott. Luca Senni  
Polo Scientifico-Didattico di Terni  
Strada di Pentima, 4, 05100, Terni  
Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria  
e-mail: luca.senni@unipg.it;  
Web site:  
<http://www.ing.unipg.it/it/aree/elettrotecnica>  
<http://www.gruppoelettronicita.it/?who=dettunita&id=22>



## **Sommario**

1. Informazioni personali
2. Introduzione
3. Attività didattica
  - a. Corsi per affidamento ufficiale
  - b. Tesi di Laurea
  - c. Altro
4. Attività di tutoraggio nuovi studenti
5. Pubblicazioni scientifiche
6. Attività scientifica: ricerca di base in laboratorio e sue applicazioni
7. Partecipazione a collaborazioni e progetti di ricerca



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

## 1. Informazioni Personali

Nome: Luca Senni

Data e luogo di nascita: Roma, 10 dicembre 1977

Indirizzo di lavoro: Polo Scientifico-Didattico di Terni, Strada di Pentima, 4, 05100, Terni

Telefono: +39 0744.492937 (ufficio),

E-mail: luca.senni@gmail.com (e-mail principale)

Siti internet: <http://www.ing.unipg.it/it/aree/elettrotecnica>,

<http://www.gruppoelettrotecnica.it/?who=dettunita&id=22>

Attualmente inquadrato nella posizione di Ricercatore a tempo determinato afferente al Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia, Polo Scientifico-Didattico di Terni, s.s.d. ING-IND/31 – Elettrotecnica.

## 2. Introduzione

L'attività di ricercatore svolta durante il periodo del contratto è stato il proseguimento di una attività di collaborazione iniziata negli anni precedenti con il gruppo di ricerca guidato dal Prof. Burrascano nella città di Terni. A grandi linee l'attenzione è stata rivolta, come indicato nello schema e dettagliato nel seguito:

**Attività Didattica:** Insegnamento di 'Laboratori 1, moduli di: LabView Academy e Laboratorio di Elettrotecnica', 'Circuiti per il modellamento di sistemi e processi'. Assistenza per tesi di laurea e dottorati di ricerca. Servizio di tutoraggio per gli studenti del triennio

Termografia

Ultrasuoni a contatto e air coupled

Tecniche magnetiche

Applicazioni nel controllo materiali compositi

**Luca Senni**

@

**Polo Scientifico-Didattico di Terni**

Tecniche interferometriche e segnali codificati per i controlli non distruttivi

Applicazioni nel controllo dei metalli e dei grandi fucinati

Camera iperspettrale, spettroscopia per immagini

Laser nel vicino infrarosso, tecniche di lock-in e ricostruzione immagini

Applicazioni nel controllo cibi

Applicazioni nel controllo dei materiali compositi

Publicazioni:

Autore di numerose pubblicazioni su importanti riviste internazionali, libri, partecipazione a congressi.

Convenzioni con aziende e progetti di ricerca

NDTonAIR European project  
AST-ThyssenKrupp  
SIEMENS AG



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

Per la **didattica** all'insegnamento del corso di **Laboratorio di Elettrotecnica presso il Polo di Terni**, alla cura degli **esami scritti dell'insegnamento di Elettrotecnica** tenuto dal Prof. Burrascano, **all'assistenza agli studenti** per chiarimenti sugli argomenti trattati nel corso, per **assistenza nello svolgimento delle Tesi di Laurea o di Dottorato**. Un'altra parte importante del lavoro con gli studenti riguarda l'attività di **tutoraggio per le matricole** e per gli studenti fino al terzo anno presso il Polo di Terni. Lo studente viene accolto e seguito nelle sue esigenze per agevolare il percorso accademico.

La partecipazione a importanti progetti di ricerca ha permesso la nascita di sinergie con le industrie locali e con altri gruppi di ricerca nazionali e internazionali. Tali attività sono inserite nei nostri filoni di ricerca e ci permettono di sviluppare gli hardware e i software necessari avendo il feedback diretto delle aziende interessate. Tali attività permettono inoltre di creare un legame diretto con le imprese del territorio e in molti casi coinvolge anche i nostri studenti, che si ritrovano a contatto diretto con il mondo del lavoro.

Per le **attività di ricerca** l'obiettivo principale è stato lo **sviluppo di tecniche diagnostiche non distruttive sui materiali**, in particolare lo sviluppo del progetto: "**Sistema di Imaging iperspettrale per tecniche avanzate di diagnostica non distruttiva sui materiali**". Questo implica l'applicazione di diverse tecniche fisiche (imaging iperspettrale, ultrasuoni, termografia, laser scanner multispettrale, correnti indotte, imaging magnetico, picchiattore per analisi acustiche), su materiali differenti (metalli, fucinati di grandi dimensioni, materiali compositi, *food* con e senza *packaging*, plastiche, inquinanti non metallici), con soluzioni hardware e software dedicate ad ogni applicazione. In particolare la mia attenzione è rivolta all'applicazione (generazione, interazione, rilevazione) di particolari segnali elettrici (Chirp lineare e non, sequenza di Galois, sequenza pseudo-random, MLS) o di tecniche di manipolazione del segnale (Lock-In) per l'incremento del rapporto segnale-rumore al fine di aumentare le capacità di ispezione di ciascuna tecnica in esame. **I risultati raggiunti sono stati verificati sperimentalmente sia in laboratorio che presso gli impianti industriali di importanti aziende, quali Società delle Fucine S.r.l.(ThissenKrupp Group), Colussi S.p.a., Fornaci DCB S.p.A., Gentilini S.r.l., Siemens AG.**

### 3. Attività didattica

Insegnamento di CIRCUITI PER IL MODELLAMENTO DI SISTEMI E PROCESSI [A000399] - Periodo: I semestre (4 CFU) per il corso di laurea in INGEGNERIA INDUSTRIALE [LM86]

Insegnamento di LABORATORI 1 – LABVIEW ACCADEMY (4 CFU) [L08B] per il corso di laurea di laurea in INGEGNERIA INDUSTRIALE (LM33)

Insegnamento di LABORATORI 1 – MODULO DI LABORATORIO DI ELETTRTECNICA (4 CFU) [L08B] per il corso di laurea di laurea in INGEGNERIA INDUSTRIALE (L-9)

- Assistenza agli studenti per chiarimenti sugli argomenti trattati nel corso.
- Assistenza agli studenti nello svolgimento delle Tesi di Laurea.
- Assistenza agli studenti per le attività di laboratorio.
- Partecipazione a sessioni di esame dei Corsi di Laboratorio di Elettrotecnica,



Elaborazione per la Diagnostica non Distruttiva dei Materiali, Elettrotecnica.

- Partecipazione a sessioni di esame di Laurea.
- Assistenza agli studenti nello svolgimento delle Tesi di Dottorato.

#### 4. Attività di tutoraggio per i nuovi studenti

Durante questo periodo ho potuto seguire le attività e gli avanzamenti delle matricole assegnatemi ad inizio anno per le attività di tutoraggio. Le comunicazioni avvengono principalmente per email e di persona, a scelta degli studenti. Le difficoltà riscontrate sono poche o nulle e hanno riguardato solamente qualche incomprensione dei regolamenti riguardanti gli esami e le propedeuticità degli stessi. Per gli anni futuri è previsto un incremento di questo tipo di attività, sarà pertanto richiesto agli studenti di presentarsi obbligatoriamente in taluni casi, per verificare l'andamento del cammino accademico.

#### 5. Pubblicazioni Scientifiche nel periodo di riferimento

- P. Burrascano; S. Laureti; L. Senni; M. Ricci, *Pulse-Compression in Nondestructive Testing applications: reduction of near sidelobes exploiting reactance transformation*, IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, identificativo (ISSN): Print ISSN: 1549-8328 - Online ISSN: 1558-0806 – DOI: 10.1109/TCSI.2018.2862868. DOCUMENT TYPE: Article.
- P. Burrascano, S. Laureti, L. Senni, M. Ricci, *Range Sidelobes Reduction for Pulse-Compression NDT based on Reactance Transformation*, (2018) 2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). ISBN: 978-1-5386-4881-0 / Electronic ISSN: 2379-447X. DOI: 10.1109/ISCAS.2018.8351657. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- S. Laureti, D.A. Hutchins, G. Silipigni, H. Malekmohammadi, L. Senni, M. Ricci, P. Burrascano, S. Sfarra, X. Maldague, *The use of pulse-compression thermography for detecting defects in paintings*, (2018) NDT and E. INTERNATIONAL 98 (2018), 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2018.05.003>. DOCUMENT TYPE: Article.
- S. Laureti, L. Senni, G. Silipigni, R. Tomasello, P. Burrascano, M. Ricci, *A comparative study between linear and non-linear frequency modulated pulse-compression thermography*, (2018) Applied Optics, vol. 57, Issue n.18, pp. D32-D39. <https://doi.org/10.1364/AO.57.000D32>. DOCUMENT TYPE: Article.
- F. Bonifazi, Pietro Burrascano, A. Di Schino, S. Mengaroni, F. Petrucci, M. Ricci, L. Senni, *Ultrasonic NDT of steel: effect of the grain size on the ultrasonic propagation and attenuation*, (2018) Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 53, 2, 2018, 346-353. DOCUMENT TYPE: Article.
- S. Laureti, M. Ricci, M. Mohammed, L. Senni, L.A.J. Davis, D.A. Hutchins, *Detection of rebars in concrete using advanced ultrasonic pulse compression techniques*, (2018) Ultrasonics, vol.85, pp. 31-38, ISSN 0041-624X, <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2017.12.010>. DOCUMENT TYPE: Article.
- L. Senni, P. Burrascano, M. Ricci, *Near-infrared non-destructive evaluation of food based on multi-frequency Lock-in detection*, (2017), 2017 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS). Electronic ISBN: 978-1-5090-5803-7, DOI: 10.1109/BIOCAS.2017.8325178. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- G. Silipigni, P. Burrascano, D.A. Hutchins, S. Laureti, R. Petrucci, L. Senni, L. Torre, and M. Ricci, *Optimization of the pulse-compression technique applied to the infrared thermography nondestructive evaluation*, (2017) NDT and E INTERNATIONAL, vol. 87, pp. 100\_110, 2017. DOI:10.1016/j.ndteint.2017.01.011. DOCUMENT TYPE: Article.
- M. Ricci, G. Silipigni, S. Laureti, L. Senni, R. Tomasello and P. Burrascano, *Optimal Design of Chirp Excitations for Pulse Compression Thermography*, (2017) 14th edition of the International Workshop on Advanced Infrared Technology and Applications, AITA 2017, September 27th - 29th, 2017, Québec City (Canada), pp191-194. ISBN 978-2-9809199-5-4 DOCUMENT TYPE: Conference Paper.



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

- P. Burrascano, S. Laureti, L. Senni, G. Silipigni, R. Tomasello, and M. Ricci, *Chirp design in a pulse compression procedure for the identification of non-linear systems*, (2017) SMACD 2017 - 14th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design, pp. 1\_4, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. ISBN:9781509050529 DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- P. Burrascano, M. Ricci, L. Senni, and S. Laureti, *Efficient modeling of hysteretic systems*, (2017) 2017 IEEE International Conference on Applied System Innovation: Applied System Innovation for Modern Technology, ICASI 2017, Proceedings pp. 1694\_1697, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. ISBN: 9781509048984, DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- M. Ricci, L. Senni, P. Burrascano, R. Borgna, S. Neri, and M. Calderini, *Optimizing ultrasonic forgings inspection by exploiting pulse-compression technique and multi-frequency AVG analysis*, (2017) 20th International Forgemaster meeting. Graz, Austria, 11-14 Settembre 2017. Forgemasters proceedings, pp. 215\_224. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- S. Neri, M. Ricci, P. Burrascano, L. Senni, A. Di Schino, M. Calderini, and S. Mengaroni, *Ultrasonic attenuation in a medium carbon forged component as a function of microstructure*, (2017) 20th International Forgemaster meeting. Graz, Austria, 11-14 Settembre 2017. Forgemasters proceedings, pp. 215\_224. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- L. Senni, M. Ricci, and P. Burrascano, *Food safety and quality assessment through near infrared laser imaging*, (2017) 3rd Agricultural and Biological Science Conference, Qingdao, China, 26-29 June 2017 - ABS 2017 - Conference proceedings, IOP. ISBN: 978-1-5108-4556-5. ISSN: 1755-1307, DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- S. Laureti, P. Burrascano, G. Silipigni, R. Tomasello, L. Senni, and M. Ricci, *High-resolution acoustic imaging at low frequencies using 3d-printed metamaterials*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- S. Laureti, P. Burrascano, G. Silipigni, R. Tomasello, L. Senni, and M. Ricci, *Ultrasonic NDT of highly attenuating materials using pulse compression*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- R. Tomasello, S. Laureti, G. Silipigni, L. Senni, M. Ricci, and P. Burrascano, *Micro magnetic study of microwave detector based on skyrmion and its electrical detection*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- M. Ricci, S. Laureti, G. Silipigni, L. Senni, R. Tomasello, and P. Burrascano, *Comparison of time and frequency domain features in swept frequency eddy current testing*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- G. Silipigni, S. Laureti, R. Tomasello, L. Senni, M. Ricci, and P. Burrascano, *Optimization of pulse compression thermography*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- P. Burrascano; S. Laureti; M. Ricci; L. Senni; G. Silipigni; R. Tomasello, *Reactance Transformation to Improve Range Resolution in Pulse-Compression Detection Systems*, (2017) 2017 40TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON TELECOMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING (TSP), Pages: 480-483, Accession Number: WOS:000425229000105, ISBN:978-1-5090-3982-1. Document Type: Proceedings Paper
- P. Burrascano, M. Ricci, L. Senni, R. Tomasello, and S. Laureti, *Improving range resolution in pulse-compression ultrasonic systems by optimal filtering*, (2017) IEEE International Conference on Applied System Innovation: Applied System Innovation for Modern Technology, ICASI 2017, Proceedings 2017 pp. 1690\_1693, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. ISBN: 9781509048984, DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- L. Senni, S. Laureti, M. Ricci, G. Silipigni, R. Tomasello, and P. Burrascano, *Near infrared laser imaging through various food samples*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- P. Burrascano, M. Ricci, L. Senni, R. Tomasello, D. A. Hutchins, S. Laureti, F. Piazza, S. Cecchi, and A. Terenzi, *Modeling non-linear systems by pulse compression techniques*, (2107) - ET2017 - XXXIII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Milano 29-30 Giugno 2017. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.





## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

- S. Laureti, L. Senni, G. Silipigni, M. Ricci, and P. Burrascano, *Ultrasonic NDT of thick attenuating polymer samples using pulse compression*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- G. Silipigni, L. Senni, S. Laureti, M. Ricci, and P. Burrascano, *The use of pulse-compression technique and low-power heating source in the thermography inspection of cfrp structures*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- M. Ricci, L. Senni, S. Laureti, G. Silipigni, and P. Burrascano, *Evaluation of the lift-off robustness of eddy current imaging techniques*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- P. Burrascano, D. A. David A. Hutchins, and L. Senni, *Modeling of non-linear systems by means of pulse compression techniques*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- L. Senni, P. Burrascano, and M. Ricci, *Multispectral laser imaging for advanced food analysis*, (2016) INFRARED PHYSICS and TECHNOLOGY, vol. 77, pp. 179\_192. DOI: 10.1016/j.infrared.2016.06.001. DOCUMENT TYPE: Article.
- P. Burrascano, M. Ricci, L. Senni, and G. Silipigni, *Tecniche di imaging magnetiche ed a correnti indotte per la diagnostica non distruttiva*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.
- L. Senni, P. Burrascano, and M. Ricci, *Multispectral laser imaging for advanced food analysis*, (2106) - ET2016 - XXXII Riunione Annuale dei Ricercatori di Elettrotecnica, Palermo 15-17 Giugno 2016. DOCUMENT TYPE: Conference Paper.

### 6. Attività di ricerca di base in laboratorio e sue applicazioni

#### - Camera iperspettrale, spettroscopia per immagini:

La tecnologia dell'imaging iperspettrale raccoglie ed elabora le informazioni provenienti da tutto lo spettro elettromagnetico. Proprio come l'occhio umano vede la luce visibile in tre bande (rosso, verde e blu), e divide lo spettro in un numero molto maggiore di bande. I sensori iperspettrali esaminano gli oggetti utilizzando una vasta porzione dello spettro elettromagnetico: alcuni lasciano 'impronte spettrali' uniche in tutto lo spettro elettromagnetico. Queste 'impronte digitali' sono conosciute come firme spettrali e consentono l'identificazione dei materiali che compongono l'oggetto che si sta esaminando. Si studiano oggi sensori e sistemi di elaborazione iperspettrali molto sofisticati che possono dare impulso in numerose applicazioni. Un esempio è la possibilità di determinare la composizione dei materiali utilizzando gli assorbimenti specifici dei composti, e l'alterazione degli stessi (degrado). Ulteriore aspetto di grande significatività è legato alla possibilità, oltre che di poter individuare la presenza o meno di discontinuità, anche di avere elementi di studio per analizzare la natura di tali discontinuità. A tal scopo è di cruciale importanza la scelta di un sensore che possa rilevare nella maniera più efficace non solo la temperatura dell'oggetto ma anche le bande di frequenza di emissione, permettendo così una completa caratterizzazione delle discontinuità. Tale analisi congiunta temperatura-frequenza è denominata imaging iperspettrale, ed è realizzata mediante apposite apparecchiature. Queste, nate inizialmente per applicazioni di natura militare, sono oggi passate ad una fascia di utilizzo che ne consente la possibile implementazione per scopi civili. Nel campo dei controlli sugli alimenti questa tecnica trova un posto rilevante in quanto permette la raccolta di un numero notevole di informazioni riguardanti i componenti chimici (quantità di grassi, zuccheri) così come possibili inquinanti non solidi la cui rilevazione mediante metodi chimici può altrimenti essere piuttosto laboriosa.

#### - Tecniche interferometriche e segnali codificati per i controlli non distruttivi ultrasonori:



L'uso degli ultrasuoni per la diagnostica non distruttiva (UT-NDT) in campo industriale gioca un ruolo di primaria importanza; nel caso in cui lo scopo dell'indagine sia il rilevamento di difettosità di piccole dimensioni, anche inferiori a 1 mm, oppure la detezione di anomalie in elementi di grandi dimensioni a grandi profondità (ad esempio fucinati per l'energia) si presentano effetti di cecità degli strumenti a causa dell'uso di hardware non idonei alle dimensioni dei difetti da analizzare o all'opacità del materiale dei componenti stessi. La tecnica generalmente usata è quella *Pulse-Echo (PuE)*, in cui per ovviare a tali limitazioni in genere sono necessari degli hardware con prestazioni molto elevate che permettano di trasferire segnali molto energetici sia in generazione che in acquisizione. Tale approccio, anche se permette di effettuare analisi accurate, sicuramente presenta degli svantaggi economici che spesso risultano incompatibili, a meno di alcune eccezioni, con il controllo industriale.

L'uso di segnali codificati come Chirp ed MLS, tipica della *Pulse Compression (PuC)*, permette un approccio differente a tale problematica infatti lo spettrogramma è il risultato di un processo deconvolutivo che vede eccitare il campione da analizzare con un segnale molto energetico che spalma il suo contributo energetico in un periodo temporale molto lungo, rispetto all'impulso tradizionalmente usato, andando a ridurre le caratteristiche degli amplificatori di segnale necessari, ma introducendo la necessità di avere elevati rate di generazione [100 M/s] ed elevati rate di acquisizione [100 M/s]. Orientandosi verso l'idea di poter ulteriormente ridurre le caratteristiche degli hardware in gioco il gruppo di Elettrotecnica operante a Terni ha perfezionato una tecnica di tipo interferometrico, FCWUT (Frequency Continuous wave Ultrasound Technique), che permette di ottenere delle informazioni sulle geometrie e sulle anomalie del campione sotto test (SUT) con l'utilizzo di segnali codificati, come Lin-C (Chirp Lineare) o Exp-C (Chirp Esponenziale). Le tecniche perfezionate esulano dall'approccio deconvolutivo del matched-filter e vanno a considerare gli effetti di interferenza tra il segnale di riferimento ed il segnale ottenuto in uscita dal sistema da analizzare, che nel caso degli ultrasuoni è composto da una sonda trasmittente (TX-P) ed una sonda ricevente (RX-P) accoppiate al SUT (Sample Under Test). L'ottimizzazione del sistema di misura passa attraverso alcuni passi fondamentali, quali: la scelta dei segnali di eccitazione (necessari elevati valori di B·T per avere alte risoluzioni), la scelta delle sonde ultrasonore idonee, dispositivi di misurazione e di eccitazione. Grande attenzione va posta poi nell'analisi del segnale risultante le cui caratteristiche lo rendono perfetto per una elaborazione con la *Chirp Zeta-Trasform (CZT)* che ne massimizza la risoluzione in modo da compensare gli effetti degli hardware con ridotte performance. Per i segnali si è scelto l'uso di segnali codificati di tipo chirp, le sonde generalmente usate in ambito industriale sono 2-5-10 Mhz, relativamente ai dispositivi si sta lavorando per integrare sia la generazione che il mixing del segnale in un unico dispositivo hardware ed acquisire il segnale con una scheda di acquisizione con una banda comparabile a quella del chirp inviato. Le applicazioni della FCWUT vedono grandi potenzialità in ambito industriale per il rilevamento di spessori con grande risoluzione, analisi di saldature su componenti metallici, verifica degli effetti di delaminazione nei materiali compositi e analisi di difettosità in generale; le minori performance degli hardware necessari permettono di mantenere contenuti i costi e le dimensioni di realizzazione di strumenti di misura ad hoc che implementino tale tecnica, favorendo così un ulteriore utilizzo delle tecniche di controllo della qualità della produzione ampliando così il settore industriali ad elevato contenuto tecnologico.

- Segnali per ultrasuoni a contatto/air coupled:

Tra i segnali adatti alle tecniche di *pulse compression* per applicazioni NDT con ultrasuoni, i Chirp sono tra i codici più utilizzati. Sono disponibili diverse tipologie con caratteristiche differenti: esistono chirp lineari, non lineari o esponenziali. In particolare in questo lavoro abbiamo utilizzato il Chirp lineare, un segnale armonico



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

dove la frequenza varia linearmente col tempo. La manipolazione di frequenza può essere crescente (up-chirp) oppure decrescente (down-chirp). La scelta di questo tipo di codice risiede nel fatto che i segnali modulati linearmente in frequenza offrono le migliori prestazioni per l'incremento del SNR e gli effetti di attenuazione. Nello specifico, le prove sono state eseguite generando un Chirp lineare con frequenza minima prossima ai 50 kHz fino ad una frequenza massima regolabile, passando per la frequenza centrale della banda del trasduttore. Questo filone di ricerca trova molto interesse da parte delle industrie in applicazioni di varia natura, in particolare sono state approfondite le possibilità di applicazione per l'ispezione ad ultrasuoni in fucinati ad elevata dissipazione (in collaborazione con Società delle Fucine): individuazione dei parametri di misura e messa a punto di una tecnica di ispezione ad ultrasuoni in fucinati di grandi dimensioni ad elevata dissipazione con realizzazione di hardware dedicato. L'obiettivo principale del progetto consiste nell'individuare una procedura che consenta di migliorare l'ispezione ultrasonora dei fucinati riuscendo ad individuare un minor minimo difetto rilevabile, rispetto alla tecnica *Pulse-Echo*. Il primo passo per raggiungere questo obiettivo riguarda l'incremento del rapporto segnale rumore rispetto alla tecnica convenzionale. Le due strade sulle quali abbiamo concentrato i nostri sforzi per riuscire ad incrementare tale rapporto sono: mediante un opportuno hardware (amplificatori in generazione/ricezione), e agendo semplicemente sul software sviluppandolo in modo tale da poter applicare le tecniche di *pulse compression*. Il proseguimento delle attività ha riguardato la messa a punto di un sistema unico di detezione – localizzazione – reportistica dei possibili difetti all'interno dei fucinati. Lo sviluppo porterà entro un paio di anni alla creazione di uno strumento unico che permetta l'analisi e l'individuazione del difetto, il posizionamento all'interno del fucinato, la referenziazione su di una immagine 2D, e la conseguente emissione di una report automatizzato.

Attualmente l'interessamento del colosso mondiale SIEMENS AG alle tematiche della pulse compression ha portato ad una importante collaborazione per la "Standardization of the Pulse-Compression Ultrasonic Method developed by the University of Perugia". Il progetto ha come obiettivo la standardizzazione del metodo sviluppato dal nostro gruppo di ricerca riguardante i metodi ultrasonori di rilevazione mediante tecniche di compressione dell'impulso. L'accordo, tuttora in corso, prevede quindi la definizione di procedure di misura standard da poter applicare al di fuori dell'ambito di ricerca in termini di segnali di eccitazione, procedure di elaborazione del segnale, tarature hardware, sviluppo software. La collaborazione comporta lo svolgimento di attività presso il Polo di Terni e presso i laboratori SIEMENS di Monaco di Baviera e di Berlino, dove la SIEMENS custodisce i campioni che allo stato dell'arte fanno da riferimento mondiale per le misurazioni mediante tecnica ad ultrasuoni non distruttiva.

### - Laser nel vicino infrarosso, tecniche di lock-in e ricostruzione immagini:

La spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) viene utilizzata per indagare in modo non distruttivo le proprietà chimico-fisiche dei materiali. Essa è un valido metodo per l'analisi qualitativa e quantitativa di molti prodotti nell'industria alimentare e presenta numerosi vantaggi rispetto alle metodiche chimiche tradizionali: è infatti piuttosto rapida, non è distruttiva e non inquina l'ambiente in quanto non prevede l'uso di solventi chimici o reagenti. Per questa ricerca è stato utilizzato un sistema laser nel vicino infrarosso per rilevare corpi estranei e per valutare la capacità di penetrazione del laser, avente diverse lunghezza d'onda e potenza, su alcuni prodotti alimentari e non solo. Le quattro lunghezze d'onda scelte sono tutte all'interno del range denominato comunemente vicino infrarosso (per la precisione 850, 1050, 1300, 1550 nm), e i laser utilizzati sono di bassa potenza. L'attraversamento di un materiale causerà necessariamente un brusco calo nell'ampiezza del segnale, che avrà intensità pari o inferiori al rumore misurato. Per riuscire a rilevare tali segnali sono state sviluppate delle tecniche avanzate di lock-in via software. La tecnica lock-in è utilizzata per rilevare e misurare segnali



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

molto piccoli, che possono essere rilevati anche se oscurati da un rumore migliaia di volte più grande. Lo scopo principale del lock-in è quello di respingere i segnali di rumore e individuare il componente ad una frequenza e fase specifica. Questa metodologia è basata su una tecnica nota come "rivelazione sensibile di fase", che richiede un riferimento di frequenza. Tipicamente un campione viene eccitato da un segnale a frequenza fissa ed il lock-in rileva la risposta dal campione alla frequenza di riferimento. Unici prerequisiti per l'utilizzo di questa tecnica sono la periodicità del segnale da misurare e la possibilità di disporre di un segnale sincrono con esso. Tale necessità non rappresenta affatto un limite, poiché nelle condizioni più comuni di misura è spesso lo stesso fenomeno fisico che genera il segnale da misurare ad essere modulato periodicamente. Con le informazioni rilevate puntualmente attraverso il campione e con l'aiuto di un movimentatore (plotter) che permette di eseguire una scansione dei campioni, è possibile infine ricostruire delle immagini dei campioni basate sui dati raccolti durante la misura, dal processo di misura si ottengono infatti quattro matrici che rappresentano ognuna i valori di potenza in uscita relativi ai quattro laser. Tramite l'elaborazione MATLAB è possibile estrapolare l'immagine bidimensionale del campione analizzato. Per facilitare ancora di più l'individuazione dei difetti è stata sviluppata un'analisi multi spettrale, assegnando a tre dei quattro laser un colore primario. Sommando su un'unica matrice i tre valori per ogni pixel si ottiene un'unica immagine RGB che permette di evidenziare nettamente l'eventuale difetto ed in alcuni casi di capire quale lunghezza d'onda ha maggiori valori di trasmissione. Su questo filone di ricerca è stata attivata una collaborazione con la società Biscotti P. Gentilini S.r.l. per lo "sviluppo di un'avanzata tecnica di diagnostica senza contatto a infrarossi per l'intercettazione di particelle solide estranee nei prodotti da forno e validazione prototipale piena scala con ispezione continua su linea tipo per fette biscottate". L'obiettivo dichiarato è testualmente: "Avviare un'attività di ricerca per definire una metodologia di ispezione capace di individuare nel prodotto 'fetta biscottata' la presenza di oggetti estranei in vetro, legno e plastica. Sarà realizzata un'apparecchiatura prototipale da laboratorio, validata da sperimentazioni sulla linea di produzione, adeguata per una efficace introduzione stabile della tecnologia in linea di produzione".

Per la detezione di inquinanti all'interno delle fette biscottate, la termografia permette una analisi d'insieme del campione, sfruttando sia in fase di eccitazione che di acquisizione dei dispositivi che permettono di 'vedere' il campione nel suo insieme: da una parte una lampada illumina una faccia della fetta biscottata, e dall'altra una termocamera con sensore da 320 x 256 pixels permette di acquisire l'intera immagine del campione (o di più campioni contemporaneamente). Il sistema è interfacciato e pilotato mediante PC, con software appositamente sviluppato su piattaforma LabView per la gestione dei segnali di eccitazione e delle immagini in acquisizione. Con la consegna del rapporto finale si è conclusa positivamente l'attività di ricerca lasciando presso lo stabilimento della Biscotti P. Gentilini S.r.l. di Roma una strumentazione prototipale che permette l'acquisizione delle immagini e la successiva elaborazione inducendo il blocco della linea di produzione qualora si riscontri la presenza di difettosità non previste all'interno dei prodotti analizzati.

### - Termografia:

Tutti i corpi emettono radiazione elettromagnetica in dipendenza dalla propria temperatura; dalla misura della radiazione emessa da un corpo può quindi essere ricavata la sua temperatura senza alcun contatto. La termografia sfrutta la capacità di alcuni dispositivi di rivelare l'intensità della radiazione nella zona termica dello spettro elettromagnetico dell'infrarosso ( $0,75 \mu\text{m} - 1000 \mu\text{m}$ ). Nell'approssimazione che un corpo reale sia un perfetto corpo nero, cioè un perfetto emettitore di radiazione, è quindi possibile dedurre la sua temperatura dalla misura della radiazione emessa. Fondamentalmente, la termocamera rileva la radiazione elettromagnetica emessa da ogni punto dell'oggetto e la rappresenta in un'immagine. La termografia infrarossa



è quindi una tecnica di misura non invasiva per immagini della temperatura superficiale dei corpi. Per l'adattamento di questa tecnologia alle esigenze più difficili sono state sviluppate diverse tecniche avanzate utilizzo: termografia attiva (consiste nell'analisi delle immagini acquisite in seguito all'eccitazione del campione mediante una sorgente esterna capace di generare una differenza di temperatura, questa può essere di natura ottica, meccanica, induttiva). Termografia impulsata/Lock-In Thermography/ Step Heating Thermography, riguarda particolari forme di eccitazione del campione (che può essere un singolo impulso o una serie nota) e manipolazione del segnale (come visto nel caso delle tecniche di Lock-In).

L'utilizzo della termografia con eccitazioni di tipo ottico mediante sequenze pseudo ortogonale viene sperimentata per l'analisi dei difetti dei laminati in materiale composito in collaborazione con il gruppo di scienza dei materiali del Polo Scientifico-Didattico di Terni. Su questo filone di ricerca è stata attivata una collaborazione con la società Fornaci DCB – Pierino Branella - S.p.A per la detezione mediante tecniche diagnostiche non distruttive delle 'filature' nei laterizi ottenuti mediante il processo per estrusione, e il controllo del livello di riempimento con materiali termo-isolanti dei laterizi finiti. Questa attività di ricerca si è conclusa con la consegna del rapporto finale contenente la descrizione degli obiettivi raggiunti durante il progetto di ricerca, ovvero la determinazione di un sistema che mediante l'utilizzo di sonde ad ultrasuoni *air coupled* permette la valutazione in continuo del grado di riempimento di laterizi con materiali termicamente isolanti (segatura o simili), e di un altro sistema operante mediante l'analisi di immagini termografiche raccolte all'uscita dell'estrusore dei laterizi (con temperature attorno ai 100° C) che permette l'individuazione delle cosiddette 'filature', tipici difetti insiti nel processo dell'estrusione e che determina lo scarto del prodotto in quanto non raggiunge le caratteristiche richieste.

## 7. Partecipazione a Progetti di ricerca

Alcune delle attività svolte e descritte nella prima parte del presente documento sono state portate avanti nell'ambito di collaborazioni all'interno di progetti che coinvolgono diversi gruppi di ricerca universitari e importanti aziende italiane. Tali collaborazioni sono necessarie per la comprensione delle problematiche reali delle imprese.

Ruolo svolto: Responsabile scientifico
Titolo: Sviluppo di sensoristica elettromagnetica e relative procedure di misura per il monitoraggio superficiale di variazioni microstrutturali e di stress meccanico in acciai e della loro relazione con il "bruise noise".
Ente/Istituzione finanziatrice: Gruppo ThyssenKrupp
Riferimenti: Contratto per ricerca applicata tra Polo Scientifico didattico di Terni e Acciai Speciali Terni (ThyssenKrupp). CONVENZIONE AST17LS.
Periodo di attività: dal 01-07-2017 al 06/06/2018
Finalità del progetto: Scopo dell'attività è la messa a punto di un modello numerico finalizzato a verificare l'esistenza ed a caratterizzare la correlazione tra caratteristiche microstrutturali, stress superficiale e proprietà elettriche e magnetiche misurabili tramite varie tecniche diagnostiche non distruttive quali: Eddy Current, Magnetic Barkausen Noise, Incremental Permeability, etc.
Risultati ottenuti: Il progetto ha raggiunto gli obiettivi prefissati.

Ruolo svolto: Responsabile scientifico
Titolo: Realizzazione di un apparato pre-competitivo e sviluppo del relativo software di gestione e archiviazione dati per l'ispezione dei fucinati tramite integrazione di: (I) un sistema per il controllo non distruttivo dei prodotti



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

tramite ultrasuoni e di (II) un sistema di localizzazione ultrasonoro della posizione dei punti di misura sulla superficie del fucinato'
Ente/Istituzione finanziatrice: AST (Acciai Speciali Terni) - Gruppo ThyssenKrupp
Riferimento: Contratto per Ricerca applicata tra Società delle Fucine S.R.L. e Polo Scientifico Didattico di Terni-Università degli Studi di Perugia, come da delibera n. 3/1 del 22/04/2015 del Consiglio di Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Perugia. CONVENZIONE CVZ FUCI15MR.
Periodo di attività: dal 01-04-2015 al 01-07-2017
Finalità del progetto: Validazione della tecnica di ispezione ultrasonora per fucinati sviluppata dall'Università basata sull'utilizzo della <b>tecnica della compressione d'impulso con analisi multifrequenza</b> con clienti SDF di provata autorevolezza (SIEMENS) in grado di valutare le caratteristiche del metodo e dello strumento proposto.
Risultati ottenuti: La tecnica sviluppata permette di utilizzare impulsi a voltaggi circa dieci volte inferiori a quelli degli strumenti tradizionali, ottenendo poi risultati migliori in quanto a Minimo Difetto Rilevabile sull'asse e a dimensioni dei difetti effettivamente rilevabili. - l'utilizzo di segnali di ampiezza minore semplifica molto l'elettronica utilizzata e favorisce il risparmio di energia. - Le innovazioni software introdotte permettono inoltre di personalizzare ulteriormente il sistema secondo le esigenze che possono presentarsi, e di avere a disposizione i dati che possono essere rielaborati estraendo i parametri cercati.

Ruolo svolto: Partecipante
Titolo: "Standardization of the Pulse-Compression Ultrasonic Method developed by the University for application in routinely manual or automatic inspections of forgings performed by Siemens"
Ente/Istituzione finanziatrice: 'SIEMENS Aktiengesellschaft, Munich, Germany'
Importo totale finanziamento: 50 K€
Importo finanziamento per Unità Operativa: 50 K€
Riferimento: Contratto per Ricerca applicata tra il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia e SIEMENS AG, come da ordine di pagamento n. 9701157518 del 23/03/2015. CONVENZIONE SIEMENS15PB.
Periodo di attività: dal 01-01-2015 al 30-07-2017
Finalità del progetto: Standardizzazione delle tecniche di misura ultrasonora su fucinati mediante tecniche di compressione d'impulso e verifica su campioni SIEMENS. Realizzazione di un sistema HW/SW custom per poter confrontare le varie tecniche di misura attualmente esistenti.
Risultati ottenuti: Tutti gli obiettivi prefissati nelle finalità del progetto sono stati raggiunti

Ruolo svolto: partecipante - Ricercatore membro del gruppo coordinatore
Titolo: "NDTonAIR" project (Training Network in Non-Destructive Testing and Structural Health Monitoring of Aircraft structures).
Ente/Istituzione finanziatrice: Comunità Europea – H2020
Nominativo coordinatore del progetto: Prof. Pietro Burrascano
Riferimenti: European Union's Horizon 2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No.722134 - under the action: H2020-MSCA-ITN-2016- GRANT 722134.
Periodo di attività dal 01/01/2016 - ancora in corso
Finalità del progetto: Realize a European Network of Researchers from both Academia and Industry to consolidate and innovate current NDT and SHM techniques for Aircraft inspection by (1) investigating new physical phenomena and sensors; (2) developing analytical and numerical models to correlate the results of inspection with material properties; (3) quantifying NDT techniques through their probability of detecting reference defects; (4) developing procedures for the automatic detection and classification of defects; (5) transferring these results to industry.
Altre informazioni: Il progetto coinvolge 11 partner (UNIVERSITY OF PERUGIA, Perugia, Italy; BRUSSELS AIRLINES, Zaventem, Belgium; CEA-LIST, Saclay, France; FRAUNHOFER IKTS, Dresden, Germany; KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, Kaunas, Lithuania; KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN, Leuven, Belgium; UNIVERSITE DE NANTES, Nantes, France; UNIVERSITY OF NEWCASTLE, Newcastle, UK; RECENDT, Linz, Austria; TWI Ltd, Cambridge, UK; THE



## UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

POLO SCIENTIFICO DIDATTICO DI TERNI

UNIVERSITY OF WARWICK, Coventry, UK) beneficiari e 8 partners di eventi di training e secondment (UNIVERSITA' DELLA CALABRIA, Rende, Italy; UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE, Cassino, Italy; FH OÖ Forschung & Entwicklung (University of Applied Science, Upper Austria), Austria; JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT, Linz, Austria; COTESA, Mittweida, Germany; MDP, Terni, Italy; SIEMENS, Munich, Germany; X-PHASE, Sesto Fiorentino, Italy).

In Fede  
Luca Senni

## ATTIVITA' SCIENTIFICA E DIDATTICA DELL'ING. CRISTIANO TOMASSONI NEL TRIENNIO NOV. 2012 - NOV. 2015

### ATTIVITA' SCIENTIFICA

#### Filtri a microonde

I filtri a microonde sono delle componenti fondamentali dei sistemi di telecomunicazione. Fin dalla nascita di questi sistemi si è sempre cercato di diminuirne peso ed ingombro e nel contempo aumentarne le prestazioni. In applicazioni aereospaziali questo problema è di capitale importanza. Per tali applicazioni infatti le prestazioni sono un aspetto molto rilevante, come lo è d'altronde anche la necessità di riduzione di peso ed ingombro proprio di quelle componenti che devono essere montate su mezzi adibiti al volo.

Guardando ad un sistema di ricetrasmisione, salta subito all'occhio che l'ingombro e peso maggiore sono rappresentate dai filtri a microonde. Se quindi si vuole ridurre ingombro e peso della circuiteria del ricevitore e del trasmettitore, questo lo si deve fare soprattutto riducendo peso ed ingombro dei filtri. In questi ultimi anni molti sforzi sono stati dedicati a questo scopo. Questo è stato anche il principale filone di ricerca dell'Ing. Tomassoni, che ha affrontato questo tema applicandolo a varie tecnologie.

#### Filtri TM

I filtri TM dual-mode sono stati introdotti qualche anno fa dall' Ing. Tomassoni, l'Ing. Bastioli e il Prof. Sorrentino in un articolo che è valso agli autori il Microwave Prize (un premio molto prestigioso conferito agli autori del miglior articolo dell'anno nel settore delle microonde fra quelli pubblicati su tutte le riviste dell' IEEE). Tali filtri sono in tecnologia a guida d'onda e sfruttano i modi TM (Trasversi Magnetici) invece dei classici modi TE (Trasversi Elettrici). A differenza dei modi  $TE_{m,n,k}$ , i  $TM_{m,n,k}$  possono avere il terzo indice nullo, questo in pratica significa che la frequenza di risonanza non dipende dalla lunghezza del risonatore. Sfruttando questa proprietà si possono fare filtri molto compatti. La ricerca relativa ai filtri TM è continuata anche in questo triennio. In particolare si è cercato di migliorare le prestazioni dei filtri TM in termini di fuoribanda, aumentando la banda libera da spurie. In [3c] viene mostrato come con il simultaneo utilizzo di diverse strategie si riesca ad ottenere un aumento del 370% dello stoppa-banda libero da spurie. In particolare sono state messe a punto 3 diverse strategie: la prima consiste nell'utilizzare risonatori a sezione circolare che garantiscono maggiore separazione fra le frequenze di risonanza dei modi di ordine superiore, così garantendo l'allontanamento di quelle frequenze spurie dovute al risonatore. La seconda strategia consiste invece nell'utilizzo di slot multiple (nell'esempio mostrato in [3c] vengono considerate slot triple). Le slot multiple permettono di utilizzare aperture più strette rispetto alla singola slot mantenendo gli stessi livelli di accoppiamento. Il vantaggio nel nostro caso è che aperture più strette consentono di aumentare la frequenza delle spurie dovute alle slot. La terza strategia infine consiste nell'usare due slot: una posta al centro del risonatore e l'altra in posizione laterale. Questo consente di mantenere le aperture strette anche nel caso di filtri a larga banda dove sono necessari accoppiamenti maggiori.



### *Filtri dielettrici*

I Filtri dielettrici sono una categoria di filtri che utilizzano del materiale dielettrico. Nuovi materiali ceramici ad alta permittività e basse perdite hanno permesso la costruzione di filtri molto compatti e con basse perdite ohmiche. Vari esempi si possono trovare in letteratura. La novità della ricerca dell'Ing. Tomassoni consiste nel fatto che il materiale dielettrico è stato utilizzato per ridurre le dimensioni di filtri TM. In particolare in [1] dei dielettrici di forma cilindrica sono stati inseriti nelle cavità TM. L'alta costante dielettrica permette una drastica riduzione delle dimensioni delle cavità, tanto che il filtro non può più essere alimentato tramite una guida come accade nei normali filtri TM, ma deve essere alimentato da un coassiale, poiché che la guida di alimentazione, per lavorare nella banda del filtro, dovrebbe essere troppo grande rispetto al filtro stesso.

Un'altra tipologia di filtro dielettrico è quella proposta in [3] e [2c], dove dielettrici cilindrici ad altra permittività vengono utilizzati direttamente in una guida propagante. Il modo classico di utilizzare dielettrici in guida è quello di inserirli in guide sotto cutoff. L'idea su cui si basa invece questo filtro è quella di utilizzare guide in propagazione. I vantaggi principali sono due: il primo è quello di poter ottenere filtri a banda più larga di quelli generalmente ottenuti con la tecnica classica. Infatti, una limitazione dei filtri dielettrici è la loro intrinseca banda stretta. Tipicamente la loro banda frazionaria è minore dell' 1%. Un altro vantaggio è invece relativo alla possibilità di inserire zeri in trasmissione mantenendo una geometria in-line. Tipicamente infatti i filtri con zeri in trasmissione si ottengono ripiegando la struttura. Molto spesso però le strutture ripiegate non sono ben viste dai sistemisti che hanno problemi nel collocarle all'interno dei loro sistemi. Ottenere quindi delle strutture non ripiegate che abbiano alte prestazioni in termini di selettività grazie alla presenza degli zeri in trasmissione è una cosa che risulta di particolare interesse.

### *Filtri Dual-Band*

I filtri Dual-Band (e multi-band) stanno incrementando la loro popolarità grazie alla loro capacità di ridurre la complessità dei sistemi di telecomunicazione. Infatti, nei sistemi dove è presente più di una banda, questi filtri consentono di diminuire il numero totale di filtri del sistema. In [4] è stata dimostrata la possibilità di ottenere filtri dual-band anche con risonatori TM dual-mode. In questo caso ciascuno dei modi del risonatore dual-band viene utilizzato per una diversa banda passante del filtro. I vantaggi della tecnologia da noi proposta risiedono nel fatto che si ottengono filtri molto compatti con zeri in trasmissione la cui posizione può essere facilmente controllata.

### *Filtri in tecnologia Substrate Integrated Waveguide (SIW)*

L'idea di base della tecnologia SIW è quella di avere (almeno in parte) i vantaggi della guida d'onda unita ai vantaggi dell'aver una tecnologia integrata. Quello che si fa è riprodurre la geometria di una guida rettangolare utilizzando come faccia superiore e inferiore della guida i due piani di massa superiore ed inferiore di un substrato dielettrico. Come pareti laterali invece vengono utilizzati dei post che connettono elettricamente il substrato superiore a quello inferiore. Se i post sono sufficientemente vicini fra loro, la fila di post si comporta similmente ad una parete metallica continua. Uno dei vantaggi di questa tecnologia rispetto alla classica tecnologia a microstriscia è che non presenta perdite per radiazione.

In [4c] e [5c] sono stati proposti dei filtri composti da risonatori a forma di funghetti inglobati in una guida SIW. Questi funghetti vengono ottenuti utilizzando una guida SIW composta di due strati dielettrici. Il funghetto viene ottenuto facendo una piazzola metallica fra i due strati che rappresenta il cappello del funghetto. Il gambo del funghetto è invece ottenuto con un via hole sullo strato dielettrico inferiore che collega elettricamente il cappello del fungo al piano metallico inferiore. Così facendo si ottengono filtri molto compatti che in pratica sono la versione integrata di quelli introdotti in [2]. Un ulteriore vantaggio è quello di ottenere zeri in trasmissione conservando una geometria in-line.

## **PREMI E RICONOSCIMENTI**

Premio per il miglior articolo alla IEEE Mediterranean Microwave Symposium 2015.

## **ATTIVITA' DI REVISIONE E ORGANIZZAZIONE**

L'ing. Tomassoni è revisore di varie riviste, tra cui:

IEEE Transaction on Microwave Theory and Technique

IEEE Microwave and Wireless Components Letters

IET Microwaves, Antennas & Propagation

Journal of Electromagnetic Waves and Applications (JEMWA)

International Journal of Antennas and Propagation (hindawi)

Progress in Electromagnetic Research (PIER)

Membro del 'panel of reviewers' per la European Microwave Conference.

Membro del 'Technical Program Committee' della 5th International IEEE Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (IEEE COMCAS 2015)

## **ATTIVITA' DIDATTICA**

**Docente dei corsi:**

**Sistemi wireless a Microonde e RF** (9 crediti, secondo semestre) nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia (a.a. 2012/2013).

**Sistemi wireless a Microonde e RF** (9 crediti, secondo semestre) nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia (a.a. 2013/2014).

**Sistemi wireless a Microonde e RF** (9 crediti, secondo semestre) nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia (a.a. 2014/2015).

**Sistemi wireless a Microonde e RF** (9 crediti, secondo semestre) nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica e delle Telecomunicazioni, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Perugia (a.a. 2015/2016).

Ha tenuto un seminario in lingua inglese dal titolo: 'FILTER FROM SCRATCH' all'Università di Pavia il 18 dicembre del 2014.

Nel triennio ha seguito come relatore e corelatore tesi di laurea di Primo Livello e secondo livello. Inoltre, ha tenuto seminari ed ha svolto attività didattiche per i corsi di **Antenne e progetto di circuiti a radiofrequenza** della laurea magistrale in Ing. Elettronica e delle TLC e nel corso di **campi EM** della laurea di primo livello.

## CONTRATTI COMMERCIALI

Responsabilità scientifica di un contratto commerciale riguardante lo studio di antenne con riflettori multibanda ellittici.

## PUBBLICAZIONI

### Riviste internazionali

- [1] Pelliccia, L., Cacciamani, F., Tomassoni, C., Sorrentino, R. "Ultra-compact high-performance filters based on TM dual-mode dielectric-loaded cavities". (2013) *International Journal of Microwave and Wireless*, December 2013, Pages 1-9, doi: 10.1017/S1759078713001001
- [2] Tomassoni, C., Sorrentino, R. "A new class of pseudoelliptic waveguide filters using dual-post resonators." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Volume 61, Issue 6, 2013, Pages 2332-2339 doi: 10.1109/TMTT.2013.2258171
- [3] Cristiano Tomassoni, Simone Bastioli, and Richard V. Snyder, "Propagating Waveguide Filters Using Dielectric Resonators," (2015) *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* (accettato in settembre 2015, pubblicazione programmata per dicembre 2015)

- [4] Nocella, V., Pelliccia, L., Tomassoni, C., Sorrentino, R. "Miniaturized Dual-Band Waveguide Filter Using TM Dielectric-Loaded Dual-Mode Cavities", *EEE Microwave and Wireless Components Letters* (accettato ottobre 2015, pubblicazione programmata per inizio 2016)

## Conferenze internazionali

- [1c] Nocella, V. ; Tomassoni, C. ; Sorrentino, R. ; Pelliccia, L. "Dual-band filters based on TM dual-mode cavities", *Microwave Conference (EuMC), 2014 44th European*, 6-9 Oct. 2014. DOI: 10.1109/EuMC.2014.6986399
- [2c] Tomassoni, C ; Bastioli, S. ; Snyder, R.V. "Pseudo-elliptic in-line Filters with Dielectric Resonators in Propagating Waveguide", *IEEE MTT-S International Microwave Symposium, IMS 2015; Phoenix, Arizona (USA)*. 17-22 May 2015.
- [3c] C. Tomassoni, M. Dionigi, and R. Sorrentino, "Strategies for the improvement of the out of band behavior of TM dual-mode filters," in *Proc. IEEE 1st Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Leveraging Better Tomorrow (RTSI)*, Sep. 2015, pp. 90–93.
- [4c] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, and L. Perregrini, "Quasi-Elliptic SIW Band-Pass Filter Based on Mushroom-Shaped Resonators," *45th European Microwave Conference (EuMC2015)*, Paris, France, Sept. 7– 10, 2015.
- [5c] C. Tomassoni, L. Silvestri, M. Bozzi, L. Perregrini, "Novel substrate integrated waveguide filter based on mushroom resonators", *Microwave Symposium (MMS), 2015 IEEE 15th Mediterranean*, Lecce, Italy, 30 Nov - 2 Dec. 2015

FIRMA

(Cristiano Tomassoni)



## **Al Consiglio del Dipartimento di Ingegneria**

### **Oggetto: Richiesta di un posto di Ricercatore tempo determinato ex art. 24, comma 3, lettera a) – SSD ING-INF/02**

Il sottoscritto Paolo Mezzanotte, in qualità di Professore Associato per esigenze di ricerca/didattica pone all'attenzione del Consiglio del Dipartimento la necessità di chiedere al Consiglio di Amministrazione l'autorizzazione alla copertura di un posto di ricercatore tempo determinato **tempo pieno** ex art. 24, comma 3, lettera a) – SC-09/F1 SSD ING-INF/02 per un periodo di tre anni, **eventualmente prorogabile per ulteriori due**, al fine di poter realizzare il progetto di ricerca "**Sensori senza fili energeticamente autonomi a basso impatto ambientale e sistemi elettronici operanti a RF e onde millimetriche, per applicazioni di nuova generazione**"

Il costo complessivo del ricercatore a tempo determinato pari ad € 154.000,00 verrà coperto con i fondi esterni **Costi Operativi - quota di competenza per altri finanziamenti competitivi da MIUR - ENIACFEA** per € 101000,00 nel capitolo **CA 07.70,01.01.03** e con i fondi esterni **Costi Operativi - quota di competenza per altri finanziamenti competitivi da MIUR – ENLIGHT17LR** per € 53000,00 nel capitolo **CA 07.70,01.01.03**.

Nel rispetto del Regolamento per l'assunzione di ricercatori a tempo determinato ai sensi della Legge 30.12.2010 n. 240 si forniscono di seguito le seguenti informazioni:

**A) SETTORE CONCORSUALE:** 09/F1

**B) Profilo:** SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE: ING-INF/02

**C) ATTIVITA' DI RICERCA:**

- Titolo del progetto in italiano:

**Sensori senza fili energeticamente autonomi a basso impatto ambientale e sistemi elettronici operanti a RF e onde millimetriche, per applicazioni di nuova generazione**

- Titolo del progetto in inglese:

**Low-environmental-impact autonomous wireless sensing and electronic systems operating at RF and mm-waves for next generation applications**

- Descrizione dell'attività di ricerca in italiano:

Il progetto riguarda lo sviluppo di sistemi elettronici a Radio Frequenza (RF), compatibili con le applicazioni emergenti di rilevamento distribuito, Internet delle Cose e Internet dello Spazio. La ricerca si focalizzerà su diversi aspetti dei suddetti sistemi:

-frequenza operativa: sfruttamento delle potenzialità associate alle bande 5G recentemente rilasciate;

-approvvigionamento energetico: sfruttamento di fonti di energia alternative, con lo scopo di rimuovere le batterie tradizionali dai sensori senza fili di nuova generazione;

-paradigmi di progetto: sviluppo di architetture innovative, in grado di abilitare sistemi complessi a basso costo e basso consumo energetico;

-progetto a livello circuitale: sviluppo e caratterizzazione di componenti a RF, come antenne, filtri, sensori e modulatori;

-prototipazione: adozione di materiali e tecnologie di fabbricazione non-convenzionali, che possano aprire la strada a circuiti flessibili e/o a basso impatto ambientale.

- Descrizione dell'attività di ricerca in inglese:

The proposed project regards the development of Radio-Frequency (RF) electronic systems compatible with the new emerging applications of distributed sensing, Internet of Things and Internet of Space. The research will focus on different aspects of the system development:

- operating frequency: explore the potentiality of new released 5G bands;
- power supply: adoption of energy harvesting techniques, aimed at removing traditional batteries from next-generation transponders;
- design paradigms: development of innovative architectures, enabling low-cost and low-power systems and easy management of multiple transponders;
- circuit-level design: development and characterization of RF components, such as antennas, filters, combiners, sensors and modulators;
- prototyping: adoption of unconventional materials and fabrication technologies, opening the door to low-environmental-impact transponders (the so-called "green electronics") and conformable electronics.

Docente referente: Prof. Paolo Mezzanotte

**D) ATTIVITA' DIDATTICA, DIDATTICA INTEGRATIVA E SERVIZIO AGLI STUDENTI:** 350 ore annue (regime a tempo pieno) prevalentemente nell'ambito del SSD di cui alla lett. B), di cui non più di 30 ore per attività di didattica ufficiale\*;

**E)** Sede di servizio: Dipartimento di Ingegneria

**F)** Lingua straniera: Inglese

**G)** Numero massimo di pubblicazioni: 15

**H) REQUISITI DI AMMISSIONE ALLA VALUTAZIONE COMPARATIVA SONO:**

- titolo di dottore di ricerca in: Ingegneria Industriale e dell'Informazione o titolo equivalente;
- esperienza maturata nel campo della ricerca, comprovante il possesso di solide competenze di base nel settore scientifico-disciplinare ING-INF02.

Prof. 

\* per l'attività di didattica, di didattica integrativa e di servizio agli studenti che il ricercatore dovrà svolgere dovrà essere specificato il monte ore massimo di impiego del ricercatore in attività didattica ufficiale, che dovrà essere indicato nel bando e nel successivo contratto ai sensi dell'art. 2 – comma 7 – del “Regolamento sull'impegno didattico dei professori e ricercatori universitari (L. 240/2010, art. 6 c. 2 e 3), sulla verifica dell'effettivo svolgimento dell'attività didattica (L. 240/2010, art. 6 c. 73) e sulla programmazione didattica” (emanato con D.R. n. 152 del 8.2.2012).

-prototipazione: adozione di materiali e tecnologie di fabbricazione non-convenzionali, che possano aprire la strada a circuiti flessibili e/o a basso impatto ambientale.

- Descrizione dell'attività di ricerca in inglese:

The proposed project regards the development of Radio-Frequency (RF) electronic systems compatible with the new emerging applications of distributed sensing, Internet of Things and Internet of Space. The research will focus on different aspects of the system development:

- operating frequency: explore the potentiality of new released 5G bands;
- power supply: adoption of energy harvesting techniques, aimed at removing traditional batteries from next-generation transponders;
- design paradigms: development of innovative architectures, enabling low-cost and low-power systems and easy management of multiple transponders;
- circuit-level design: development and characterization of RF components, such as antennas, filters, combiners, sensors and modulators;
- prototyping: adoption of unconventional materials and fabrication technologies, opening the door to low-environmental-impact transponders (the so-called "green electronics") and conformable electronics.

Docente referente: Prof. Paolo Mezzanotte

**D) ATTIVITA' DIDATTICA, DIDATTICA INTEGRATIVA E SERVIZIO AGLI STUDENTI:** 350 ore annue (regime a tempo pieno) prevalentemente nell'ambito del SSD di cui alla lett. B), di cui non più di 30 ore per attività di didattica ufficiale\*;

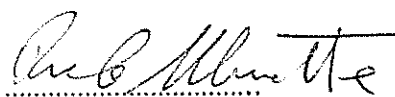
**E)** Sede di servizio: Dipartimento di Ingegneria

**F)** Lingua straniera: Inglese

**G)** Numero massimo di pubblicazioni: 15

**H) REQUISITI DI AMMISSIONE ALLA VALUTAZIONE COMPARATIVA SONO:**

- titolo di dottore di ricerca in: Ingegneria Industriale e dell'Informazione o titolo equivalente;
- esperienza maturata nel campo della ricerca, comprovante il possesso di solide competenze di base nel settore scientifico-disciplinare ING-INF02.

Prof. 

\* per l'attività di didattica, di didattica integrativa e di servizio agli studenti che il ricercatore dovrà svolgere dovrà essere specificato il monte ore massimo di impiego del ricercatore in attività didattica ufficiale, che dovrà essere indicato nel bando e nel successivo contratto ai sensi dell'art. 2 – comma 7 – del “Regolamento sull'impegno didattico dei professori e ricercatori universitari (L. 240/2010, art. 6 c. 2 e 3), sulla verifica dell'effettivo svolgimento dell'attività didattica (L. 240/2010, art. 6 c. 73) e sulla programmazione didattica” (emanato con D.R. n. 152 del 8.2.2012).

CORTE DEI CONTI



0003595-08/02/2013-SCCLA-Y31PREV-A



14 GEN. 2013

368

+ *Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca*  
*Direzione Generale per il Coordinamento e lo Sviluppo della Ricerca*

Decreto n. *1000/Ric.*

IL DIRETTORE

Corte dei Conti  
UFFICIO DI CONTROLLO sugli ATTI  
del MIUR, del MIBAC  
del MIN SALUTE e del MIN LAVORO  
*Diret. Ministero*  
18 MAR 2013  
Reg. 3 Foglio 187  
Dott.ssa Orietta MARTYRANA

**VISTO** il Decreto-Legge 16 maggio 2008, n. 85 recante: "Disposizioni urgenti per l'adeguamento delle strutture di Governo in applicazione dell'articolo 1, commi 376 e 377, della Legge 24 dicembre 2007, n. 244", pubblicato nella G.U. n. 114 del 16 maggio 2008, convertito con modificazioni nella legge 14 luglio 2008, n. 121 pubblicata nella G.U. n. 164 del 15 luglio 2008;

**VISTO** il decreto legislativo del 27 luglio 1999, n. 297: "Riordino della disciplina e snellimento delle procedure per il sostegno della ricerca scientifica e tecnologica, per la diffusione delle tecnologie, per la mobilità dei ricercatori", e in particolare gli articoli 5 e 7 che prevedono l'istituzione di un Comitato, per gli adempimenti ivi previsti, e l'istituzione del Fondo Agevolazioni alla Ricerca;

**VISTO** il decreto ministeriale 8 agosto 2000 n. 593, recante: "Modalità procedurali per la concessione delle agevolazioni previste dal decreto legislativo 27 luglio 1999, n. 297 e in particolare le domande presentate ai sensi dell'articolo 7 che disciplina la presentazione e selezione di progetti di ricerca;

**VISTO** il Decreto Ministeriale 2 gennaio 2008 n. 4, recante: "Adeguamento delle disposizioni del Decreto Ministeriale 8 agosto 2000 n. 593 ("Modalità procedurali per la concessione delle agevolazioni previste dal D. Lgs. 27 luglio 1999, n. 297") alla Disciplina Comunitaria sugli Aiuti di Stato alla Ricerca, Sviluppo ed Innovazione di cui alla Comunicazione 2006/C 323/01"

**VISTE** le "Procedure operative per la valutazione ed il finanziamento dei progetti selezionati dalle JTI ARTEMIS ed ENIAC e dagli art. 169 AAL ed Eurostars" del 28 agosto 2008 ed in particolare le modalità e le percentuali di finanziamento ivi previste.

**VISTO** il Regolamento (CE) n. 72/2008 del Consiglio dell'Unione Europea del 20 dicembre 2007 relativo alla costituzione dell'«Impresa comune ENIAC»;

**VISTA** La Decisione adottata congiuntamente dal Consiglio e dal Parlamento Europeo n. 742/2008/CE del 09 luglio 2008 relativa alla partecipazione della Comunità ad un programma di ricerca e sviluppo avviato da vari Stati membri per il miglioramento della

IL DIRIGENTE  
Dott.ssa Maria Uccellatore



qualità di vita degli anziani attraverso l'uso di nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione (Programma AAL)

**TENUTO CONTO** dell'approvazione della lista dei progetti selezionati nel Bando Internazionale AAL- 2010 - 2011 del Programma AAL e del Programma ENIAC;

**VISTO** il decreto ministeriale n. 625 Ric. del 22 ottobre 2009, di nomina del Comitato, così come previsto dall'art.7 del predetto decreto legislativo e successive modifiche ed integrazioni;

**VISTE** le domande presentate ai sensi dell'art. 7 del D.M. 8 agosto 2000 n. 593 dai proponenti italiani partecipanti ai progetti internazionali, AAL e ENIAC e da queste iniziative selezionati ed ammessi a negoziazione, e **VISTI** i relativi esiti istruttori;

**VISTA** la direttiva del Ministro dell'11 giugno 2009 prot.n. 5364/GM per la ripartizione del Fondo di cui all'art. 5 del D.Lgs.27 luglio 1999 n. 297;

**TENUTO CONTO** della ripartizione delle disponibilità del Fondo per le Agevolazioni alla Ricerca degli anni 2007-2008, 2009, 2010-2011 di cui ai Decreti Direttoriali, rispettivamente, n. 560 del 2 ottobre 2009 , n. 19 del 15 febbraio 2010 e n. 332 del 10 giugno 2011.

**TENUTO CONTO** delle proposte formulate dal Comitato nella riunione del 16 ottobre 2012 riportate nel relativo verbale;

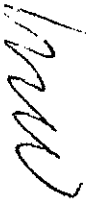
**CONSIDERATO** che per i progetti proposti per il finanziamento nelle predette riunioni esiste o è in corso di acquisizione la certificazione di cui al DPR del 3 giugno 1998 n. 252;

## **D E C R E T A**

### **Art. 1**

I progetti di ricerca AAL-VIRGILIUS; ENIAC ARTEMOS; ENIAC ENLIGHT; sono ammessi agli interventi previsti dalle leggi citate nelle premesse, nella forma, misura, modalità e condizioni indicate nella scheda allegata al presente decreto (allegato 1).

IL DIRIGENTE  
Dott.ssa Maria Uccellatore



**Art. 2**

1. Gli interventi di cui al precedente articolo 1 sono subordinati all'acquisizione della certificazione antimafia di cui al DPR 3 giugno 1998 n. 252.
2. Ai sensi del comma 35 dell'art. 5 del D.M. 8 agosto 2000, n. 593, è data facoltà al soggetto proponente di richiedere una anticipazione per un importo massimo del 30% dell'intervento concesso. Ove detta anticipazione sia concessa a soggetti privati la stessa dovrà essere garantita da fideiussione bancaria o polizza assicurativa di pari importo.
3. Il Ministero, con successiva comunicazione, fornirà alla banca, ai fini della stipula del contratto di finanziamento, la ripartizione per ciascun soggetto proponente del costo ammesso e della relativa quota di contributo.
4. Le date di inizio e di fine delle attività progettuali potranno essere modificate secondo quanto stabilito con la Circolare MIUR n. 5172 del 6 agosto 2009.

**Art. 3**

Le risorse necessarie per gli interventi di cui all'art. 1 del presente decreto sono determinate complessivamente in euro 1.843.452,83 nella forma di contributo nella spesa e graveranno sulle disponibilità del Fondo Agevolazioni per la Ricerca per l'anno 2007-2008, per l'anno 2009 e per l'anno 2010 - 2011.

Il presente decreto sarà sottoposto agli organi di controllo ai sensi delle vigenti disposizioni e sarà pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

Roma, 28 DIC. 2012

IL DIRETTORE GENERALE

(Dott. Emanuele FIDORA)

Ministero dell'Economia e delle Finanze  
Dipartimento della Ragione e del Bilancio dello Stato  
DIREZIONE ADIR

Via ... 74 ex art. 5, comma 2, del D.M. 123/2011  
CAP 7320

F. 23-01-2013

DIRETTORE

IL DIRIGENTE R

Dott. Fabrizio ...

IL DIRIGENTE  
Dott.ssa Maria Uccellatore

## Allegato 1

Schede dettagliate progetti ammessi al finanziamento

AAL-VIRGILIUS	pag. 5
ENIAC – ARTEMOS	pag. 6
ENIAC – ENLIGHT	pag. 7

IL DIRIGENTE  
Dot.ssa Maria Uccellatore



**Sezione A - Generalità del Progetto**

• Protocollo N. 218 del 30/09/2012 Comitato del 16/10/2012

• Progetto di Ricerca

Titolo: **AAL – VIRGILIUS: A Guide to Elders' Well Being**

Inizio: 01/06/2012

Durata Mesi: 24 mesi

L'ammissibilità dei costi è dal novantesimo giorno successivo il 30/09/2011, data di protocollo della domanda

• Ragione Sociale/Denominazione Ditta

TELESPAZIO S.p.a.

ROMA

• Costo Totale ammesso	Euro 1.124.250,00
- di cui Attività di Ricerca Industriale	Euro 897.760,66
- di cui Attività di Sviluppo Precompetitivo	Euro 226.489,34
al netto di recuperi pari a	Euro 0,00

**Sezione B - Imputazione territoriale costi ammessi del Progetto**

	Ricerca Industriale	Sviluppo Precompetitivo	Totale
Eleggibile lettera a)	0,00	0,00	0,00
Eleggibile lettera c)	0,00	0,00	0,00
Elegg. Ob.2/Phasing Out	0,00	0,00	0,00
Non Eleggibile	897.760,66	226.489,34	1.124.250,00
Extra UE	0,00	0,00	0,00
Totale	897.760,66	226.489,34	1.124.250,00

**Sezione C - Forma e Misura dell'Intervento del Progetto**

• Agevolazioni deliberate nella forma di Contributo alla spesa pari a :

- Attività di ricerca industriale	50,0 % dei costi ammissibili
- Attività di Sviluppo sperimentale	25,0 % dei costi ammissibili

• Agevolazioni totali deliberate

- Contributo nella Spesa fino a Euro 505.502,67

**Sezione D - Condizioni Specifiche**

**Sezione A - Generalità del Progetto**

- Protocollo N.8 del 10/01/2011 Comitato del 16/10/2012
- Progetto di Ricerca  
Titolo: **ENIAC – ARTEMOS: Agile RF Transceivers and Front-Ends for Future Smart Multi-Standard Communications Applications.**

Inizio: 01/01/2011

Durata Mesi: 36 mesi

L'ammissibilità dei costi è dal novantesimo giorno successivo il 30/07/2010, data di scadenza del bando internazionale

- Ragione Sociale/Denominazione Ditte:

THALES ITALIA S.p.a.	MILANO
ART S.r.l	AREZZO
Università di Perugia	PERUGIA

- Costo Totale ammesso Euro 2.731.266,24
- di cui Attività di Ricerca Industriale Euro 2.431.266,24
- di cui Attività di Sviluppo Precompetitivo Euro 300.000,00
- al netto di recuperi pari a Euro 0,00

**Sezione B - Imputazione territoriale costi ammessi del Progetto**

	Ricerca Industriale	Sviluppo Precompetitivo	Totale
Eleggibile lettera a)	0,00	0,00	0,00
Eleggibile lettera c)	0,00	0,00	0,00
Elegg. Ob.2/ Phasing Out	0,00	0,00	0,00
Non Eleggibile	2.431.266,24	300.000,00	2.731.266,24
Extra UE	0,00	0,00	0,00
Totale	2.431.266,24	300.000,00	2.731.266,24

**Sezione C - Forma e Misura dell'Intervento del Progetto**

- Agevolazioni deliberate nella forma di Contributo alla spesa pari a:
  - Attività di ricerca industriale 33,3 % dei costi ammissibili
  - Attività di Sviluppo sperimentale 8,3 % dei costi ammissibili
- Agevolazioni totali deliberate
- Contributo nella Spesa fino a Euro 834.511,66

**Sezione D - Condizioni Specifiche**

La stipula del contratto di finanziamento è subordinata al preventivo apporto da parte dei soci di ART Srl di mezzi freschi per almeno € 533.140,00 da effettuarsi sotto forma di aumento del capitale ovvero di finanziamento infruttifero dei soci, in questo secondo caso con il contestuale impegno da parte dei soci a non chiederne la restituzione fino all'accertata conclusione di entrambi i progetti ENIAC ARTEMOS e ENIAC ENLIGHT. Detto apporto di mezzi freschi per almeno € 533.140,00 copre entrambi i progetti ENIAC ARTEMOS e ENIAC ENLIGHT partecipati da ART Srl.

IL DIRIGENTE  
Dott.ssa Maria Uccellatore

**Sezione A - Generalità del Progetto**

• Protocollo N. 6 del 10/01/2011

Comitato del 16/10/2012

• Progetto di Ricerca

Titolo: **ENIAC – ENLIGHT: Energy Efficient and Intelligent Lighting System**

Inizio: 01/06/2011

Durata Mesi: 36 mesi

L'ammissibilità dei costi è dal novantesimo giorno successivo il 30/07/2010, data di scadenza del bando internazionale

• Ragione Sociale/Denominazione Ditte

ENEL Distribuzione S.p.a.	ROMA
ART S.r.l.	AREZZO
Università di Perugia	PERUGIA

• Costo Totale ammesso	Euro	1.665.491,00
- di cui Attività di Ricerca Industriale	Euro	1.460.811,00
- di cui Attività di Sviluppo Precompetitivo	Euro	204.680,00
al netto di recuperi pari a	Euro	0,00

**Sezione B - Imputazione territoriale costi ammessi del Progetto**

	Ricerca Industriale	Sviluppo Precompetitivo	Totale
Eleggibile lettera a)	0,00	0,00	0,00
Eleggibile lettera c)	0,00	0,00	0,00
Elegg.Ob.2/Phasing Out	0,00	0,00	0,00
Non Eleggibile	1.460.811,00	204.680,00	1.665.491,00
Extra UE	0,00	0,00	0,00
Totale	1.460.811,00	204.680,00	1.665.491,00

**Sezione C - Forma e Misura dell'Intervento del Progetto**

• Agevolazioni deliberate nella forma di Contributo alla spesa pari a:

- Attività di ricerca industriale	33,3 % dei costi ammissibili
- Attività di Sviluppo sperimentale	8,3 % dei costi ammissibili

• Agevolazioni totali deliberate

- Contributo nella Spesa fino a Euro 503.438,50

**Sezione D - Condizioni Specifiche**

La stipula del contratto di finanziamento è subordinata al preventivo apporto da parte dei soci di ART Srl di mezzi freschi per almeno € 533.140,00 da effettuarsi sotto forma di aumento del capitale ovvero di finanziamento infruttifero dei soci, in questo secondo caso con il contestuale impegno da parte dei soci a non chiederne la restituzione fino all'accertata conclusione di entrambi i progetti ENIAC ARTEMOS e ENIAC ENLIGHT. Detto apporto di mezzi freschi per almeno € 533.140,00 copre entrambi i progetti ENIAC ARTEMOS e ENIAC ENLIGHT partecipati da ART Srl.