SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

L'anno duemilaquattordici, addì **23 settembre** alle ore 15.30, a seguito di regolare convocazione trasmessa con nota prot. n. 53294 del 18 settembre 2014, nell'Aula Organi Collegiali si é riunito il Senato Accademico per l'esame e la discussione degli argomenti iscritti al seguente ordine del giorno:

……o m i s s i s ……

Sono presenti: il Rettore, prof. Luigi Frati, ed i componenti del Senato Accademico: prof. Antonello Folco Biagini, prof. Stefano Biagioni, prof.ssa Maria Rosaria Torrisi, prof.ssa Emma Baumgartner, prof. Davide Antonio Ragozzino (entra alle ore 16.55), prof.ssa Alessandra Zicari, prof. Giorgio Graziani, prof. Stefano Catucci, prof.ssa Rita Asquini, prof.ssa Stefania Portoghesi Tuzi, prof.ssa Beatrice Alfonzetti, prof.ssa Matilde Mastrangelo, prof. Alessandro Saggioro, prof. Giorgio Piras, prof. Emanuele Caglioti, prof.ssa Maria Grazia Betti, prof. Felice Cerreto, prof. Giorgio De Toma, prof.ssa Susanna Morano, prof. Marco Biffoni, prof. Giuseppe Santoro Passarelli, prof. Augusto D'Angelo, prof.ssa Paola Panarese, i Rappresentanti del personale: Beniamino Altezza, Tiziana Germani, Pietro Maioli, Roberto Ligia, Carlo D'Addio e i Rappresentanti degli studenti: Maria Gabriella Condello, Manuel Santu, Valeria Roscioli, Stefano Capodieci, Pierleone Lucatelli e Diana Armento (entra alle ore 16.25).

Assistono: il Direttore Generale, Carlo Musto D'Amore, che assume le funzioni di Segretario, i Presidi: prof. Giuseppe Ciccarone, prof. Giorgio Spangher, prof. Fabrizio Vestroni, prof. Renato Masiani, prof. Marco Listanti, prof. Roberto Nicolai, prof. Vincenzo Nesi, prof. Cristiano Violani, prof. Giuseppe Venanzoni, prof. Eugenio Gaudio e il Prorettore prof. Federico Masini.

Il Presidente, constatata l'esistenza del numero legale, dichiara l'adunanza validamente costituita ed apre la seduta.

……o m i s s i s ……

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Senato Accademico

Seduta del

23 SET. 2014

Rinnovo Centri Interdipartimentali ai sensi dell'art.10 del Regolamento – Tipo dei Centri Interdipartimentali e dell'art. 15 comma 3 dello Statuto della "Sapienza":
Centro di Ricerca Aerospaziale Sapienza (CRAS);
Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC)

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
Settore Strutture Decentrate e Commissioni
Il Capo Settore
Dott.ssa Anna Maria Colagiovanni

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
UFFICIO
AFFARI SOCIALI E STRUTTURE DECENTRATE
IL CAPO UFFICIO
(Dr.ssa Giovanna LUCIANO)

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
IL DIRETTORE
Dott. Andrea Puttinati

Il Presidente sottopone al Senato Accademico la seguente relazione predisposta dal Settore Strutture Decentrate e Commissioni, Ufficio Affari Sociali e Strutture Decentrate dell'Area Affari Istituzionali.

Si ricorda che l'art. 10, c. 1 del Regolamento-tipo dei Centri interdipartimentali, dispone la durata dei Centri di norma pari ad anni 3.

L'art. 10, c. 2 del Regolamento in parola prevede, inoltre, che alla scadenza dei suddetti anni, il rinnovo è disposto previa delibera del Senato Accademico e del Consiglio di Amministrazione di norma per ulteriori tre anni, a seguito di apposita istanza corredata da idonea documentazione, presentata dal Centro interessato.

Si specifica, altresì, che ai sensi dell'art. 10, c. 3 del predetto Regolamento-tipo, la mancata richiesta di rinnovo o la mancata approvazione entro tre mesi dalla scadenza comporterebbe la decadenza automatica del Centro.

Allo stato, in relazione alle date delle originarie delibere di approvazione di detti Centri da parte degli Organi deliberanti, nell'anno in corso sono previsti tre periodi-tranche nei quali si concentrano le relative scadenze di rinnovo: luglio 2014 - ottobre 2014 - dicembre 2014, per un totale di 23 Centri in scadenza nel 2014.

Ai fini dell'istruttoria amministrativa, l'Area Affari Istituzionali ha fissato il termine utile ultimo del 30.06.2014 per la presentazione della richiesta di rinnovo da parte dei Centri la cui scadenza è prevista per luglio 2014.

Ciò premesso, si rende noto che sono pervenute all'Amministrazione le richieste di rinnovo dei seguenti Centri:

- Centro Ricerca Aerospaziale SAPIENZA (CRAS) - richiesta di rinnovo e trasmissione documentazione pervenuta con nota prot. n. 26706 del 7.05.2014;

- Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC) - richiesta di rinnovo e trasmissione documentazione pervenuta con nota prot. n. 29611 del 20.05.2014.

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Senato Accademico

Seduta del

23 SET. 2014

Le citate istanze presentate dai suddetti Centri sono state sottoposte all'esame della Commissione Centri e Consorzi che, nella seduta dell'8.07.2014, ha espresso parere favorevole per il rinnovo, per altri tre anni, dei Centri in parola.

Infine, il Consiglio di Amministrazione, con delibera n. 223/14 del 15.07.2014, ha approvato il rinnovo dei summenzionati Centri Interdipartimentali per un ulteriore triennio.

Il Presidente invita il Senato Accademico a deliberare in merito.

Allegati parte integrante:

- richiesta di rinnovo prot. n. 26706 del 7.05.2014 del Centro Ricerca Aerospaziale SAPIENZA (CRAS);
- richiesta di rinnovo prot. n. 29611 del 20.05.2014 del Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC).

Allegato in visione:

- verbale della Commissione Centri e Consorzi dell'8.07.2014.

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
Settore Strutture Decentrate e Commissioni
Il Capo Settore
Dott.ssa Anna Maria Collegiovanni

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
UFFICIO
AFFARI SOCIALI E STRUTTURE DECENTRATE
IL CAPO UFFICIO
(Dr.ssa Giovanna LUCIANO)

AREA AFFARI ISTITUZIONALI
IL DIRETTORE
Dott. Andrea Butignani

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Senato Accademico

Seduta del

23 SET. 2014

DELIBERAZIONE N. 413/14

IL SENATO ACCADEMICO

VISTO lo Statuto d'Ateneo, emanato con D.R. n. 3689 del 29.10.2012, ed in particolare l'art. 15 c.3;

VISTI i Regolamenti-tipo dei Centri Interdipartimentali di Ricerca, di Servizi e di Ricerca e Servizi emanati rispettivamente con DD.RR. n. 1017, n. 1018 e n. 1019 del 28.03.2012, ed in particolare l'art. 10 dei predetti Regolamenti relativo al rinnovo di detti Centri;

VISTE le richieste di rinnovo presentate dal Centro di Ricerca Aerospaziale SAPIENZA (CRAS) e Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC);

CONSIDERATO il parere favorevole espresso dalla Commissione Mista Centri e Consorzi, in data 08.07.2014 per il rinnovo dei citati Centri, per un ulteriore triennio;

VISTA la delibera del 15.07.2014 (n. 223/14) del Consiglio di Amministrazione con la quale è stato approvato il rinnovo del Centro di Ricerca Aerospaziale SAPIENZA (CRAS) e del Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC) per un ulteriore triennio;

TENUTO CONTO di quanto emerso nel corso del dibattito;

con voto unanime

DELIBERA

il rinnovo dei seguenti Centri interdipartimentali per un ulteriore triennio:

- **Centro Ricerca Aerospaziale SAPIENZA (CRAS)**
- **Centro di Ricerca di Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico (CISTeC).**

Letto e approvato seduta stante per la sola parte dispositiva.

IL SEGRETARIO
Carlo Musto D'Amore

IL PRESIDENTE
Luigi Frati

15.1

ARSI
8/5
Dott.ssa Luciano

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

12-5
Dott.ssa Colapietro

CRAS - "Centro Ricerca Aerospaziale della Sapienza"
Il Direttore

Prot.: 11/2014
Del 24/04/2014
Pos. Tit. I/1

Università degli Studi di Roma
"LA SAPIENZA"
Amministrazione Centrale

ARRIVO
prot. n. 0026706
del 07/05/2014
classif. VI/7

Al Settore Strutture Decentrate e Commissioni,
Area Affari internazionali
SEDE

OGGETTO: Rinnovo CENTRO RICERCA AEROSPAZIALE SAPIENZA ai sensi dell'art.10 del Regolamento- Tipo dei Centri interdipartimentali e dell'art.15 comma 3 dello Statuto della "Sapienza"

A chi di competenza

facendo seguito alla circolare del 18 marzo u.s., in cui si indica la procedura per la verifica e conferma dei Centri di Ricerca Interdipartimentali, invio in allegato la documentazione per la proposta di conferma del CRAS, Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza.

Il CRAS, che attualmente dirigo, si occupa dal 2008 di tematiche relative alle scienze e l'ingegneria aeronautica e spaziale, con una caratterizzazione fortemente interdisciplinare ed avvalendosi del contributo di un ampio numero di docenti della Sapienza.

Resto in attesa di un riscontro e sono a disposizione per ogni eventuale chiarimento.

Cordiali saluti.

Roma,lì 24/04/2014

IL Direttore

Prof. Marcello Onofri

CRAS - Via Eudossiana,16 - 00184 ROMA Tel (+39) 06 44585896 Fax (+39) 06 483729 http://w3.uniroma1.it/CRAS/

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

CRAS
Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza

CRAS
Centro di Ricerca Aerospaziale della Sapienza

1. SCOPI E MOTIVAZIONI DEL CRAS

La Sapienza vanta una lunga tradizione da protagonista delle attività aerospaziali internazionali, iniziate negli anni 60 quando grazie all'iniziativa di un gruppo di docenti guidati dal Prof. Broglio l'Italia divenne il terzo paese al mondo, dopo Stati Uniti e Russia, capace di lanciare in orbita un satellite scientifico.

Oggi operano in questo settore oltre 100 docenti di ruolo, che a Sapienza svolgono attività di ricerca in tutti i campi di interesse dell'aerospazio, spesso con risultati d'eccellenza, riconosciuta a livello internazionale. Questa associazione di numeri e risultati non ha pari in nessuna altra università europea.

I dipartimenti interessati sono 9, con una conseguente frammentazione delle iniziative e della visibilità complessiva di questo grande patrimonio scientifico della Sapienza.

La nascita del Centro di Ricerca Aerospaziale della Sapienza (CRAS), istituito nel Giugno 2008, è stata quindi essenzialmente motivata non dalla volontà di sovrapporsi o sostituire i dipartimenti coinvolti, ma dallo scopo di coordinare queste attività, realizzando opportune sinergie e fornendo una visibilità forte ed unitaria al settore.

Nel triennio in considerazione l'azione sviluppata del CRAS ha confermato la correttezza di questa impostazione e mostrato coerenza con gli scopi prefissi. E' stato infatti possibile sviluppare studi e presentare richieste di finanziamento per ricerca di più ampio respiro rispetto a quelle svolte nei singoli Dipartimenti o dal singolo docente.

Nel campo delle **relazioni con enti industriali** oltre alle collaborazioni attivate a livello nazionale, significativo è l'Accordo Quadro sottoscritto con EADS-Astrium, che fornirà ai nostri ricercatori l'opportunità di inserimento di importanti progetti europei.

Il Centro Ricerca Aerospaziale attua la propria mission ispirandosi a tre fondamentali principi:

- Competenza tecnico-scientifica attraverso la quale fornisce un valido e necessario supporto specialistico alle attività aerospaziale delle istituzioni e/o aziende del settore;
- Autonomia gestionale e competenza pubblica che costituisce la garanzia per tutti della valenza professionale e della scientificità metodologica delle proposte di ricerca avanzate dai docenti del Centro;
- Multireferenzialità che rappresenta la capacità di sapersi rapportare, integrandosi, comunicando e interagendo contemporaneamente con aziende, le istituzioni e gli operatori del settore.

In questo senso va l'intenzione di prevedere nella riorganizzazione delle strutture di governo del Centro un comitato consultivo di indirizzo tecnologico, aperto alla partecipazione delle industrie, delle agenzie governative e del mondo delle applicazioni.

Un quadro sintetico delle attività in corso e della struttura operativa proposta è riportato qui nel seguito.

2. LA STRUTTURA ORGANIZZATIVA

A seguito delle procedure di conferma del Centro promosse dai Dipartimenti interessati hanno confermato l'afferenza al CRAS circa 90 docenti che operano nelle seguenti aree tematiche: **Cosmologia osservativa, Fisica delle Astroparticelle, Fisica dell'Atmosfera, Osservazione del Sistema Solare con Sensori radar avanzati, Missioni Spaziali, Impianti Aerospaziali, Costruzioni e Strutture Aerospaziali, Dinamica delle Strutture e Acustica, Aerodinamica, Gasdinamica e Ipersonica, Fluidodinamica e Combustione, Meccanica e macchine, Endoreattori a propellenti liquidi, Endoreattori a propellente solido, Meccanica del Volo, Sistemi di controllo del traffico aereo, marittimo e terrestre, Chimica, Materiali innovativi, Compatibilità Elettromagnetica, Nanotecnologie Industriali, Elettromagnetismo applicato all'aerospazio, Elettronica per Sistemi e Ambiente, Sistemi e reti di Telecomunicazione, Robotica, Robotica Mobile, Sistemi di elaborazione ad alte prestazioni ed in tempo reale, Wireless Sensor networks, Visione Artificiale, Sistemi Software Distribuiti, Sistemi di Controllo, Applicazioni satellitari per topografia e ambiente, Telerilevamento, Sistemi Radar per l'Osservazione della terra, Effetti biologici in ambiente spaziale, Microgravità, Telemedicina.**
Il CRAS è una struttura interdipartimentale di coordinamento delle attività di ricerca che i docenti svolgono prevalentemente nei propri dipartimenti di appartenenza. Allo stato attuale i dipartimenti coinvolti sono **nove**, mentre altri due non hanno ancora espresso la loro opinione circa l'adesione. La partecipazione al Centro consente di operare in forma coordinata e sinergica, oltre a conferire una visibilità che va oltre i confini del singolo dipartimento, ma si giova della più alta rappresentatività fornita dalla Sapienza.

Componenti Comitato Direttivo. Al momento della adesione alla proposta di conferma del CRAS i Dipartimenti interessati hanno indicato i seguenti docenti come membri del Comitato Direttivo del CRAS:

Dipartimento di Fisica: **Paolo De Bernardis e Silvia Masi**
Dipartimento di Informatica e Sistemistica: **Alessandro De Luca e Daniele Nardi**
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni:
Tullio Bucciarelli e Nazzareno Pierdicca
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale: **Giorgio Graziani e Marcello Onofri** Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale: **Maria Marsella e Francesco Cioffi** Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica: **Walter Lacarbonara** e **Giuseppe Ruta** Dipartimento di Medicina Sperimentale: **Mariano Bizzarri**
Dipartimento di Medicina molecolare e clinica: **Maria Rosaria Torrisi**
Dipartimento di Chimica: **Aldo Laganà**

Sede Al momento non si ritiene indispensabile trasferire dai Dipartimenti al Centro ulteriori spazi oltre a quello attualmente usato dall'amministrazione CRAS.

3. RELAZIONE SULLO STATO DEI PROGRAMMI DI RICERCA ATTIVATI NEGLI ULTIMI 3 ANNI

Di seguito vengono riportati i programmi di ricerca in essere presso il Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza. Il quadro complessivo di questi programmi mostra la vitalità del Centro Ricerca Aerospaziale, che si pone come interlocutore nel settore Aerospaziale.

Le difficoltà del periodo che si sta affrontando in Italia, non ha toccato se non in minima parte il CRAS che ha visto ricevere apprezzamenti sempre maggiori sia in Italia che all'estero. Alcuni dei docenti e ricercatori afferenti al centro hanno ricevuto importanti riconoscimenti e menzioni dovute a scoperte scientifiche fatte nell'ambito dei programmi di ricerca nazionali ed internazionali di cui il CRAS è capo fila.

Le fonti di finanziamento, considerato che per i Centri non è prevista la dotazione ordinaria, sono state solo quelle legate ai rapporti industriali ed alla partecipazione a bandi Regionali, Nazionale ed Internazionali. Il CRAS ha partecipato a procedure concorsuali internazionali proposte da ESA, Commissione Europea, CNES nonché, a livello nazionale, da ASI, CIRA e per grandi strutture di ricerca finanziate dal nostro Ateneo. Numerosi anche i contratti stipulati con aziende private, prevalentemente operanti nel settore aerospaziale.

Questa partecipazione ha portato nel periodo dal settembre 2008 anno di istituzione ad oggi l'acquisizione da parte del Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza dei seguenti contratti:

1. Bridging high strength and dissipation in carbon nanotube composites
2. Fuel cell-supercapacitor hybrid system for unmanned devices
3. Simulation models for solid rocket motor (SRM) ignition transient
4. Icaro
5. Debris Removal By Means of Robotic Arms
6. Studio e implementazione di tecniche fisiche/informatiche per lo sviluppo di software e hardware per applicazioni di imaging biomedicale
7. FLPP IXV PHASE C2 - CFD ACTIVITY
8. CONTRACT No IXV-SC-UNIROMA-1138
9. Hyprob-2 (CFD Analyses on Combustion for LRE and on Methane Cooling System
10. VEGA_EP
11. Missione ESA/BepiColombo: attività legate all'esperimento di radio scienza
12. Missione NASA/Juno: attività legate all'esperimento di radio scienza
13. RadioMetoP: progetto di ricerca per l'ottimizzazione delle performances di un link in

banda Ka con l'utilizzo di previsioni meteorologiche

14. Missione ESA/JUICE: attività legate all'esperimento di radio scienza
15. MEMIT – ASI
16. CNES no. 93333/00

La disponibilità finanziaria dei contratti supera i 5 milioni di euro spalmati negli anni di attività.

Di seguito sono riportate le relazioni scientifiche dei singoli contratti.

Relazione scientifica sull'attività del Prof. Walter Lacarbonara

Progetti di ricerca

1. Prof. Walter Lacarbonara Principal Investigator di Air Force Office of Scientific Research (AFOSR) Grant FA9550-14-1-0082 dal titolo Bridging high strength and dissipation in carbon nanotube composites, European Office of Aerospace Research and Development (EOARD-AFOSR), 2014-2017.

2. Prof. Walter Lacarbonara Co-Principal Investigator del Defense Fundamental and Specialized International Collaborative Grant finanziato dall'Agency for Defense Development in South-Korea dal titolo Fuel cell-supercapacitor hybrid system for unmanned devices, Institute of Advanced Technologies (TP) e Inha University, Incheon (Corea del Sud), 2009-2012.

3. Prof. Walter Lacarbonara Co-Principal Investigator del National Science Foundation Grant (USA) dal titolo Efficient reduced-order modelling tools for super-long-span bridges aeroelastic predictions, in collaborazione con Clarkson University (USA), ANSYS Inc. (USA), COWI (Allan Larsen), Lingby (Danimarca), 2010-2013.

4. Prof. Walter Lacarbonara Co-Principal Investigator del National Science Foundation Grant dal titolo Ultrafast and robust, resettable threshold sensors based on discontinuity-induced nonlinearities, in collaborazione con University of Illinois at Urbana-Champaign (USA) e Royal Institute of Technology, Stoccoloma (Svezia), 2009-2012.

Il progetto n. 1 dell'Air Force Office of Scientific Research, recentemente notificato per il triennio 2014-2017, riguarda lo sviluppo di supercompositi a base di nanotubi di carbonio ad elevata resistenza e smorzamento.

Il progetto n.2 è stato completato nel 2013 ed ha portato allo sviluppo di un prototipo di un nuovo sistema di alimentazione di UAV basato su una combinazione ibrida di fuel cells con un supercapacitore a nanotubi di carbonio. Il sistema proposto, nell'ambito di un lavoro multidisciplinare di un team internazionale costituito dal University of Inha (Corea del Sud), Sapienza e l'Istituto di Tecnologie Avanzate (ITA), è stato validato attraverso voli dimostrativi di UAV. I risultati ottenuti sono stati riportati dalle TV sudcoreane tra le notizie tecnologiche di rilievo mentre gran parte dei risultati scientifici sono stati pubblicati in riviste internazionali.

I progetti n. 3 e 4 sono stati finanziati dalla National Science Foundation in collaborazione con due università americane ed hanno riguardato lo sviluppo di modelli ridotti per l'aerodinamica nonlineare di ponti sospesi e lo sviluppo di sensori di switch ultraveloci basati sull'impiego di discontinutià in sistemi meccanici.

Progetto CRAS : ESTEC/CONTRACT NO. 22711/09/NL/RA "SIMULATION MODELS FOR SOLID ROCKET MOTOR (SRM) IGNITION TRANSIENT (IT)"

Responsabile Scientifico CRAS : Prof. M. Di Giacinto

Personale coinvolto: Prof. M. Di Giacinto, Prof. B. Favini & Ing. E. Cavallini

Durata: 2010-2012

Descrizione del Progetto:

Questo report presenta un breve riassunto delle attività eseguite nell'ambito del contratto "Simulation models for solid rocket motor (SRM) ignition transient (IT)" ESTEC/Contract No. 22711/09/NL/RA.
Le attività di ricerca hanno riguardato la modellistica e simulazione numerica della balistica di endoreattori a propellente solido, come descritto brevemente nel seguito.
In primo luogo, è stato effettuata un'analisi accurata e approfondita della letteratura scientifica riguardante la modellistica e la simulazione numerica della balistica interna di endoreattori a propellente solido durante il transitorio di accensione. L'analisi dello stato dell'arte ha avuto lo scopo di presentare e analizzare tutte le attività di ricerca applicata alla propulsione a solido presentate in letteratura, sia sperimentali che di simulazione numerica, riguardante il transitorio di accensione di endoreattori.
Successivamente, è stato presentato un modello di simulazione numerica del transitorio di accensione sviluppato a partire dal 2001 all'interno del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale (precedentemente Dipartimento di Meccanica e Aeronautica), chiamato SPIT (Solid Propellant rocket motor Ignition Transient). Tale modello è stato ampiamente validato nell'ambito del programma di sviluppo del lanciatore Europeo VEGA ed è ufficialmente riconosciuto come tool di simulazione numerica del transitorio di accensione degli stadi a propellente solido del lanciatore. Nell'ambito del progetto CRAS, SPIT viene descritto in termini di modelli matematico-fisici utilizzati e casi di verifica e validazione di interesse applicativo.
In seguito, il tool SPIT è stato sviluppato per poter considerare l'accoppiamento durante la fase di accensione di un endoreattore tra la balistica interna del motore e la risposta strutturale dei componenti del motore stesso. L'estensione del tool SPIT, chiamato SPIT FSI (Fluid Structure Interaction) è stato verificato e validato mediante diversi test case e l'effetto di accoppiamento tra campo di moto e risposta strutturale del motore durante il transitorio di accensione è stato studiato per due casi di interesse applicativo legati al lanciatore Europeo VEGA.
Infine, è stata effettuata un'analisi approfondita e dettagliata degli effetti sul transitorio di accensione dei principali parametri di design del motore per due casi di riferimento e interesse applicativo: un booster di dimensioni e design simile ai booster del lanciatore Ariane 5 e un endoreattore di medie dimensioni per applicazione stadio/strap-on booster.

Progetto CRAS: PROGETTO ICARO – POR FILAS – PRIME CONTRACTOR AERO SEKUR SPA "ICARO : I Carichi Aerostatici: Recupero e Operabilità" WP 5 – Progetto Esperimenti Ablativi

Responsabile Scientifico CRAS: Prof. F. Nasuti

Personale coinvolto: Prof. F. Nasuti, Ing. D. Bianchi

Durata: 2011-2012 (18 mesi)

Descrizione del Progetto:

La società Aero Sekur Spa ha acquisito un Contratto di Ricerca Industriale e Sviluppo Sperimentale nell'ambito dei POR-FESR Lazio denominato "Progetto ICARO" (CUP – Codice Unico di Progetto – F17I10000110007) e descritto nel formulario inviato a FILAS dalla società Aero Sekur Spa in data 31/07/2009. La Aero Sekur Spa, nell'ambito di tale progetto, ha affidato al CRAS una attività costituita dalla definizione di Scenario, Vincoli, Requisiti e Simulazione Aerotermica per il sottoprogetto "Progetto Esperimento Ablativi". Il contratto, attivato a Maggio 2011, ha avuto una durata complessiva di 18 mesi. I lavori relativi all'attività sono stati svolti interamente presso il CRAS. L'ammontare delle spese a carico della società Aero Sekur Spa per l'esecuzione delle attività oggetto del contratto è fissato in totale a 40.000,00 Euro (quarantamila/00) oltre l'IVA di legge.

Il progetto ICARO è articolato in 4 sotto-progetti (WP):

WP 2 – Metodologia parametrica per la progettazione di paracadute

Al fine di ottenere un design ottimale del paracadute per ciascuna classe di carico, Aero Sekur propone l'implementazione di una metodologia di progettazione parametrica che, a partire dai requisiti di carico e di interfaccia, consenta di definire completamente e in maniera automatica la

configurazione del paracadute, fino ad arrivare ai disegni costruttivi.

WP 3 – Progettazione sistema di rilascio del carico

E' questo il cuore del progetto, che consiste nella progettazione (pr preliminare, analisi, pr definitiva, attività di breadbording, mfg e test) di un sistema automatico di rilascio del paracadute, incluso localizzatore, all'arrivo del payload a terra. L'approccio che si adotterà sarà quello di realizzare un COTS, da commercializzare, basato su tecnologie innovative quali quelle delle SMA.

WP 4 – Trade-off tecnologico per sistemi pallone a camera chiusa

Studio finalizzato all'individuazione delle tecnologie abilitanti per la progettazione e realizzazione di palloni stratosferici a camera chiusa, basando lo studio stesso sull'esperienza maturata nell'ambito delle strutture gonfiabili e dei relativi sistemi di gonfiaggio. Tale studio prevederà anche un'esecuzione di un progetto preliminare, fino ad arrivare all'emissione di disegni ingegneristici, e la stesura di un piano di progettazione, sviluppo e qualifica, da implementare in una eventuale fase successiva.

WP 5 – Progetto Esperimento Ablativi

Attività incentrate sulla definizione di un esperimento da pallone stratosferico, per dimostrare la fattibilità

dell'utilizzo di tali sistemi di test come fasi di validazione di sistemi di applicazione spaziale di più ampio respiro. Si definirà un esperimento il cui scopo sarà quello di validare la protezione termica per rientro atmosferico di un payload configurato come una capsula rivestita di materiale ablativo.

L'attività affidata al CRAS nell'ambito del progetto ICARO è il WP 5 – Progetto Esperimento Ablativi. Con riferimento a quest'ultima attività di ricerca, è stato definito il progetto di un esperimento da pallone stratosferico, per dimostrare la fattibilità dell'utilizzo di tali sistemi di test come fasi di validazione di sistemi di applicazione spaziale di più ampio respiro. In particolare, è stato definito un esperimento il cui scopo è quello di validare i materiali ablativi usati per la protezione termica dei moduli spaziali di rientro atmosferico (scudo termico). L'esperimento è costituito da un sistema propulsivo (endoreattore a propellente solido) del peso di circa 200 kg che, raggiunta la quota di 42 km sopra il livello del mare mediante il pallone aerostatico, sarà lanciato verso il basso. Tale sistema di propulsione consentirà il raggiungimento di velocità di volo superiori a Mach 4. La combinazione di pressione dinamica e velocità, a questo punto dell'esperimento, sarà tale da generare flussi termici dell'ordine di qualche megawatt per metro quadro (MW/m2), sufficienti a generare l'effetto di ablazione sui materiali con i quali verrà ricoperto il naso del razzo stesso. In questa fase di verifica e ottimizzazione delle potenzialità di esperimenti da pallone, l'esperimento ha solo carattere di simulazione. A valle dall'analisi dei risultati ottenuti e del confronto degli stessi con la comunità scientifica internazionale – oggetto dell'attivazione della Rete di Collaborazione e Cooperazione definita contestualmente allo svolgersi del Progetto ICARO – è prevista l'implementazione dell'esperimento: sarà cura interesse di Aero Sekur l'identificazione di fonti di finanziamento appropriate allo scopo.

L'esperimento è stato simulato mediante un codice di calcolo sviluppato dal CRAS in grado di descrivere l'andamento del campo termico entro il materiale durante il transitorio del rientro atmosferico, includendo nell'analisi lo studio dei complessi effetti dell'ablazione e dei processi di degradazione superficiali (ossidazione, sublimazione, vaporizzazione, fusione) e sub-superficiali (pirolisi, coking). La problematica dello scambio termico nelle applicazioni spaziali ed in particolare nell'ambito del rientro atmosferico rappresenta uno dei fattori che condizionano maggiormente la progettazione e la manutenzione delle strutture. All'interno di questo vasto settore tecnologico, nell'attività affidata al CRAS, è stato analizzato il campo delle protezioni termiche ablative (TPS: Thermal Protection Systems) e la simulazione del loro comportamento in condizioni di rientro atmosferico ad alta velocità. Lo scudo termico di un velivolo di rientro atmosferico viene esposto, anche se per un breve periodo di tempo, a condizioni termiche tali da rendere inevitabile l'utilizzo di un sistema di protezione per i componenti strutturali. Nel caso di brevi tempi di esposizione a condizioni termiche critiche il sistema di protezione è realizzato interponendo, tra il flusso e la struttura sottostante, un isolante termico; in questo caso si parla di sistemi di protezione termica passivi. Tali sistemi sono spesso impiegati nei veicoli ipersonici riutilizzabili (Space Shuttle) ed in generale in ambienti operativi ad alte quote (bassa pressione) dovei flussi termici o la durata del riscaldamento sono insufficienti a causare la vaporizzazione ablazione) o la fusione del materiale superficiale in quantità significative. Tuttavia anche l'isolante può, in certe situazioni, non sopravvivere alle condizioni a cui è sottoposto e consumarsi in modo considerevole. In questo caso si parla di protezioni termiche attive, intendendo con tale denominazione che il deterioramento e consumo del materiale contribuisce (assorbendo parte del flusso termico verso la parete) a mantenere la temperatura dei materiali strutturali a livelli accettabili. Una protezione termica attiva è quindi in grado di limitare la temperatura dei componenti strutturali sottostanti non solo grazie al suo potere isolante ma anche grazie ad una serie di fenomeni termo-chimici in grado di assorbire calore (fusione, vaporizzazione, pirolisi); inoltre, i gas prodotti da tali processi vengono immessi nello strato limite generando una significativa riduzione del riscaldamento aerodinamico (il cosiddetto "Blockage Effect"). Le protezioni termiche attive possono essere di tipo "*charring*" oppure di tipo "*non-charring*". Nelle protezioni termiche di tipo "*non-charring*" (grafite, carbon-carbon, SiC) il materiale perde massa solo attraverso il meccanismo di ablazione/erosione. Altre protezioni termiche, tra

cui le resine fenoliche e plastiche, rientrano invece nella categoria "*charring*"; tali materiali, quando vengono scaldati, manifestano una serie di reazioni chimiche in profondità che generano prodotti gassosi (fenomeno di pirolisi). Al termine di queste reazioni ciò che rimane del materiale è un residuo poroso carbonizzato, denominato "*char*". Anche il char è destinato a consumarsi e ciò avviene secondo differenti modalità (erosione termo-chimica o meccanica) proprio come nel caso dei materiali di tipo "non-*charring*".

Il WP "Progetto Esperimento Ablativi" affidato al CRAS è stato suddiviso in due sotto-pacchetti:

1. **WP61000: Definizione Scenario, Vincoli e Requisiti**

L'attività di questo sotto-pacchetto di lavoro ha previsto: i) presentazione di concetti introduttivi riguardanti i flussi di calore alle alte velocità e descrizione del funzionamento di una protezione termo-ablativa; ii) analisi e dettaglio del modello teorico (descrizione del problema, equazioni di bilancio, condizioni al contorno) con il quale possono essere simulati i fenomeni termo-ablativi; iii) descrizione del modello numerico (schema alle differenze finite) sviluppato per integrare numericamente il sistema di equazioni; iv) proprietà termo-ablative (conducibilità termica, calore specifico, proprietà dei gas di pirolisi, tabelle di ablazione termo-chimica) dei seguenti materiali

considerati nello studio: grafite, carbon-carbon (fibre di carbonio in una matrice di carbonio) fra i materiali di tipo "non-*charring*", e carbon-phenolic (fibre di carbonio in una matrice di resina fenolica), silica-phenolic (fibre di vetro in una matrice di resina fenolica) fra i materiali di tipo "*charring*". v) analisi del comportamento dei materiali selezionati ottenuti dalla simulazione dell'evoluzione della protezione termica considerando diverse quote (bassa quota 5 km, e alta quota 30 km) e diverse velocità di volo e condizioni di flusso supersonico (Mach 2, 3, 6) e flusso ipersonico (Mach 10).

Lo studio della "Definizione Scenario, Vincoli e Requisiti" ha mostrato che è necessario il raggiungimento di un flusso termico dell'ordine di 0.5 – 1.0 MW/m2 per attivare in maniera significativa il processo di pirolisi della resina (per materiali di tipo "*charring*") mentre, per avere anche recessione termochimica (per materiali di tipo "non-*charring*"), è necessario il raggiungimento di temperature di parete di almeno 1500 K e flussi termici superiori a 1.0 MW/m2. Inoltre, poiché il flusso termico è strettamente legato alla velocità di volo, un altro criterio per definire una condizione minima per l'attivazione dei processi ablativi può essere definito in termini di del Mach di volo, che deve essere almeno superiore a 3 per generare flussi termici tali da attivare in maniera significativa processi di ablazione termochimica (pirolisi e erosione chimica).

WP63000: Simulazione Aerotermica

L'attività di questo di questo sotto-pacchetto di lavoro ha previsto la simulazione aerotermica completa della protezione termica (scudo termico) installata sul naso dell'endoreattore lanciato dal pallone sonda a partire da una quota di 42 km. Tale simulazione è stata condotta per ognuno dei materiali definiti e caratterizzati nel sotto-pacchetti di lavoro WP61000. La traiettoria di rientro (diagramma quota – tempo e velocità – tempo) è stata definita dalla società Aero Sekur Spa e passata al CRAS per l'analisi aerotermica. A partire dalla traiettoria fornita è stato calcolato il numero di Mach, le grandezze di ristagno, il flusso termico e l'entalpia di recupero. La traiettoria fornita ha un picco di velocità pari a Mach 2.3 a circa 65 secondi dal lancio ad una quota di circa 20 km sul livello del mare. Il picco di flusso termico è raggiunto poco dopo, a circa 70 secondi dal lancio e ad una quota di 17 km ed è pari a 0.06 MW/m2. La combinazione di Mach e flusso di calore, come previsto dall'attività condotta nel WP61000, non è sufficiente a garantire un riscaldamento del materiale tale da attivare in maniera significativa processi di ablazione superficiale e/o sub-superficiale. In particolare, la temperatura massima raggiunta dallo scudo termico è inferiore ai 400 K per i materiali carbon-phenolic e silica-phenolic e inferiore ai 350 K per i materiali grafite e carbon-carbon, a causa della loro maggiore diffusività termica rispetto ai primi. La

condizione di flusso termico è stata quindi trovata insufficiente per innescare i processi ablativi e infatti, solo nella fase della traiettoria dove viene raggiunto il picco del flusso termico, si raggiunge un livello di temperatura tale da iniziare ad attivare il processo di pirolisi. Tuttavia, il flusso termico declina rapidamente a causa del rallentamento del corpo e ciò interrompe il processo di pirolisi. Lo studio condotto ha dimostrato quindi che la traiettoria definita da Aero Sekur è insufficiente, in termini di velocità e flussi termici raggiunti, ad attivare significativi processi di pirolisi. La quota di volo di 42 km, da cui viene lanciato il razzo a partire dal pallone stratosferico, è considerata sufficiente al raggiungimento di velocità abbastanza elevate purché si adotti un sistema propulsivo adeguato in grado di accelerare il velivolo in tempi brevi (10-20 secondi) e a velocità almeno 3-4 volte superiori alla velocità del suono.

L'attività si è conclusa nel Settembre del 2012.

Relazione attività di Ricerca del Centro Ricerche Aerospaziali Sapienza finanziata da EADS-ASTRIUM

Titolo:

Debris Removal by means of Robotic Arms

L'attività di ricerca finanziata da EADS-Astrium si colloca nell'ambito dello studio della rimozione di detriti spaziali di grandi dimensioni mediante l'utilizzo di bracci robotici.
Il gruppo di studio che si sta occupando di queste attivita' e' composto da: Paolo Gasbarri, Giovanni Palemerini, Marco Sabatini, Leonard Felicetti, Andrea Pisculli.
Lo studio, che si sviluppa in 18 mesi, ha portato allo stato attuale alla stesura di tre reports inviati ad ASTRIUM a luglio 2013 e gennaio 2014.
Di seguito vengono riportati i titoli e i relativi sommari in essi contenuti:

Report #1: Mission Scenario Definition:
This document represents the first deliverable relevant to the study contract on "Debris Removal by means of Robotic Arms" awarded by Astrium ST to a CRAS/Sapienza Università di Roma team. The aim of the report will be to provide a mission scenario definition, including both the goals and the environmental conditions as well as the technological aspects (based on equipment that has already flown), to help in the following phases of the study. In the following, after a short reminder of the goals assessed in the proposal, the focus will be on the end effector and of the motors to be used for designing the robotic arm. In fact, the leading idea of the study, as suggested by EADS-Astrium, is to start from the end effector needed to operate on the debris, and to back-up to the arm design and eventually to the requirements and manoeuvres for the definition of the mother platform (this loop will be then iterated to attain a satisfying mission design). To this aim, the first writing of this report focuses on the end effector (shortly defined as "hand") and on the motors (to be used to move the different links of the robotic arm), which are the initial inputs for this loop.

Report #2: Investigation of a Single-hand, Single-arm Space Manipulator Deployment, Grasping and Post Grasping Maneuver.

This document, in the frame of the study contract "Debris Removal by means of Robotic Arms", reports the results of the study of a single space manipulator grasping an Ariane H10 stage by means of a single clamping mechanism. The aim is to present, by means of these results, the approach followed for simulating the overall grasping mission and the performance obtained for the configuration adopted. Different end-effectors and different configurations for the manipulators will be the objective of the study of additional reports. The study is organized following the mission designed timeline, which has been defined according to four different phases. These phases are characterized by different tasks and requirements. The chaser satellite is modeled as a rectangular box, called Service Module Platform, or SMP in the following, which hosts the manipulator. The manipulator itself is designed in this first study as a scaled version of the Space Shuttle Robotic Manipulator (SSRMS), with an end effector specifically designed for the purpose. The aim is to obtain information about the required joint motor torques, and information about the contact dynamics in terms of forces and torques, that from the end effector are transferred back to the manipulator.

Report #3:Investigation of a Two-arms Space Manipulator Deployment, Grasping and Post Grasping Maneuver

This document, in the frame of the study contract "Debris Removal by means of Robotic Arms", starts from the comments that have been made upon the former report "Investigation of a Single-hand, Single-arm Space Manipulator Deployment, Grasping and Post Grasping Maneuver". The goal is to develop a different platform and manipulator for the chaser, with the same task of grasping and de-orbiting a H10 stage. In particular, (1) a smaller chaser has been selected; and (2) a two arms configuration has been chosen instead of the single arm one, for increasing the possibility to resist the external torques generated when the de-orbit thruster of the chaser is activated. The design and the simulated behavior of this improved grasping system is detailed in this document, including the relative kinematics, the identification of a suitable clamping interface, the evaluation of the control forces and torques to complete the maneuvers, the attitude issues as well as the application of the de-orbit thrust. Even though the numerical results of this draft report are relevant only to the mission of this two arms configurations, two additional configurations (three arms and one arm with docking ring) will be presented here. These alternate configurations will be next developed to complete the part of the study concerning the "chaser strategy", i.e. the strategy which consists in a single on-orbit servicing vehicle de-orbiting multiple H10 stages.

Attualmente è in fase di completamento lo studio del sistema di rimozione dello stadio H10 mediante l'utilizzo di una piattaforma con tre bracci robotici.

Contratto di ricerca : **Studio e implementazione di tecniche fisiche/informatiche per lo sviluppo di software e hardware per applicazioni di imaging biomedicale**

Nome azienda : **METALTRONICA S.p.A.** via delle monachelle, 66 - Pomezia (RM)

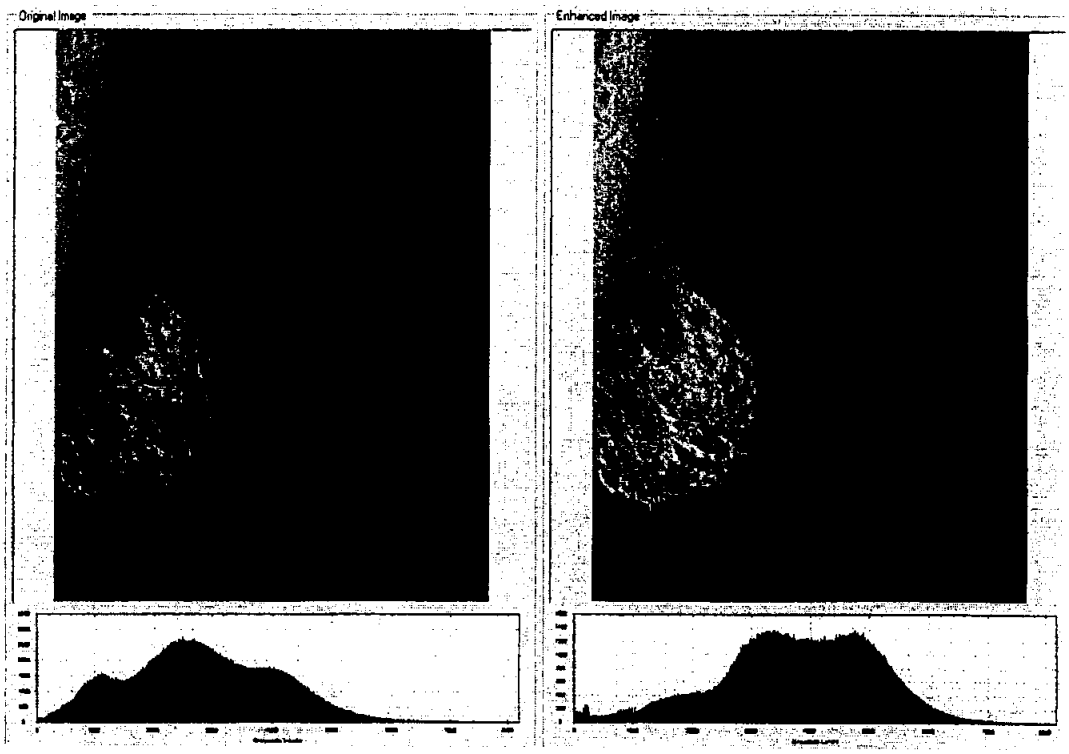
Stato del programma : iniziato il 1° luglio 2009 - completato con successo il 31-12-2011

Nell'ambito del progetto finanziato dalla società Metaltronica è stato sviluppato un Sistema HW/SW per la elaborazione delle immagini mammografiche (raggi X) prodotto da una apparato radiologico di acquisizione sviluppato dalla stessa società. Il sistema è stato inizialmente sviluppato a livello di prototipo su Personal Computer e, successivamente, è stato realizzato in base alla tecnologia GPU (Graphic Processing Unit) multiprocessore. In esso sono state trasferite tecniche SW di elaborazione già sviluppate in ambito spaziale per la interpretazione delle immagini satellitari di Osservazione della Terra.

Descrizione del risultato dell'attività di ricerca svolta dal CRAS per METALTRONICA :

Elaborazione veloce per l'intensificazione del contrasto di immagini biomedicali

Si tratta di un software basato su un algoritmo non-lineare di elaborazione di immagini che consente di esaltare localmente il contrasto dei pixel adiacenti in modo tale da far risaltare dettagli significativi per fini diagnostici-medici, particolarmente per le applicazioni di Mammografia a Raggi X, applicabile ad ogni altro metodo di diagnostica per immagini : Tomosintesi, Tomografia, Ultrasonografia.



Come si evince dal confronto (concorrenza a SX, software_CRAS a DX) l'istogramma dell'immagine risulta assai piu' ampio ed uniforme, ovvero migliora sensibilmente lo sfruttamento della dinamica dei pixel ai fini specifici della visualizzazione dei particolari locali dell'immagine diagnostica-medica.

Relazione sui risultati delle ricerche in termini di pubblicazioni, brevetti e traslazione dei risultati delle ricerche, eventualmente applicati al sistema produttivo :

Il sistema sviluppato è stato sottoposto ad un regime contrattuale di riservatezza (la Metaltronica è titolare della proprietà industriale dei risultati e non intende proporre pubblicazioni e/o brevetti).

Il sistema è validato sotto il profilo clinico-diagnostico a partire dal 2011 ed è stato operativamente integrato nei mammografi digitali prodotti e commercializzati dalla Società Metaltronica. Grazie a tale sviluppo la Metaltronica ha potuto realizzare un prodotto finito, svincolandosi dalle licenze relative al SW di elaborazione che, in precedenza, venivano acquisite da Aziende di altri paesi.

Il progetto ha costituito quindi un significativo esempio di trasferimento di tecnologie spaziali in altri ambiti, contribuendo all'incremento di competitività di una azienda nazionale.

Nome programma di ricerca : FLPP IXV PHASE C2 - CFD ACTIVITY
Responsabile: Marcello Onofri,
Persone coinvolte nel programma: Marcello Onofri, Renato Paciorri, Daniele Cardillo (assegnista di ricerca)
Status: programma completato (2010-2011)

Scopo:
Questo programma si inserisce in un contesto internazionale che vede coinvolto oltre al CRAS impostanti industrie aerospaziali, Centri di ricerca ed Università europee nello sviluppo della capsula sperimentale IXV dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) che dovrebbe volare per la prima volta nel corso del 2014. Lo sviluppo della capsula IXV nel contesto del programma FLPP dell'ESA punta a sviluppare le capacita' europee nel campo del sistemi di rientro riutilizzabili che potranno essere utilizzate nello sviluppo di futuri sistemi di trasporto spaziale.
Lo scopo del presente programma di ricerca e' la modellizzazione, la simulazioni numerica e l'analisi dei flussi di rientro in atmosfera nelle condizioni più estreme attorno della capsula sperimentale IXV. In particolare nel corso di questo programma l'attenzione e' stata posta alla modellizzazione dei fenomeni termochimici ed di diffusione molecolare presenti in modo rilevante nei flussi di rientro e tali da condizionare pesantemente il flusso termico sulla parete della capsula. A tal fine sono state calcolate ed analizzate oltre 40 soluzioni numeriche per effettuare un'analisi di sensibilità rispetto ai modelli termochimici e delle proprietà di diffusione molecolare disponibili in letteratura.

Risultati:
Le soluzioni numeriche, dopo un accurato controllo sono state conferite nel database aerotermodinamico della capsula IXV. Con i fondi messi a disposizione dal progetto è stato finanziato un assegno di ricerca della durata di un anno. I risultati ottenuti sono stati inseriti in alcuni articoli di riviste internazionali e in alcune memorie presentate a congressi internazionali.

Nome programma di ricerca : CONTRACT No IXV-SC-UNIROMA-1138
Responsabile: Marcello Onofri,
Persone coinvolte nel programma: Marcello Onofri, Renato Paciorri, D
Status: programma in corso di completamente (2012-2014)

Scopo:
Questo programma si inserisce in un contesto internazionale che vede coinvolto oltre al CRAS importanti industrie aerospaziali, Centri di ricerca ed Università europee nello sviluppo della capsula sperimentale IXV dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) che dovrebbe volare per la prima volta nel corso del 2014. Lo sviluppo della capsula IXV nel contesto del programma FLPP dell'ESA punta a sviluppare le capacita' europee nel campo del sistemi di rientro riutilizzabili che potranno essere utilizzate nello sviluppo di futuri sistemi di trasporto spaziale.
Lo scopo del presente programma di ricerca e' la modellizzazione, la simulazioni numerica e l'analisi dei flussi di rientro in atmosfera nelle condizioni più estreme attorno della capsula sperimentale IXV . In particolare nel corso di questo programma l'attenzione e' stata posta alla modellizzazione dei fenomeni di ionizzazione ed agli effetti della forte rarefazione presente nelle prime fasi del rientro. A tal fine sono state calcolate ed analizzate oltre 10 soluzioni numeriche per effettuare un'analisi del livello di ionizzazione attorno alla capsula e degli effetti rarefazione.

Risultati:
Le soluzioni numeriche, dopo un accurato controllo sono state conferite nel database aerotermodinamico della capsula IXV. I risultati ottenuti sono stati inseriti in alcuni articoli di riviste internazionali e in alcune memorie presentate a congressi internazionali.

Titolo Progetto: Hyprob-2 (CFD Analyses on Combustion for LRE and on Methane Cooling System)

Ente Finanziatore: CIRA (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali)

Durata del Progetto: 18/05/2012 – 15/01/2014

Stato: Concluso

Responsabile (Project Manager): Prof. Marcello Onofri

Personale partecipante: Prof. Francesco Creta, Prof. Francesco Nasuti, Prof. Mauro Valorani, Marco Pizzarelli, Barbara Betti, Giovanna Gargiulo, Annafederica Urbano

Descrizione dell'Attività: Tale programma di ricerca è inserito all'interno del progetto nazionale HYPROB, volto alla progettazione e conseguente acquisizione di tecnologie relative alla propulsione per endoreattori a propellenti liquidi alimentati a metano-ossigeno. All'interno di tale progetto il CRAS ha fornito supporto scientifico al CIRA soprattutto per quanto riguarda la messa a punto di codici numerici atti alla descrizione dei fenomeni fluidodinamici che interessano tali apparati propulsivi. In particolare, il lavoro svolto nella presente convenzione è stato suddiviso in due parti: 1) CFD analyses on combustion for LRE; 2) CFD analyses on methane cooling systems. La prima parte è stata rivolta alla simulazione numerica e conseguente descrizione e comprensione del flusso chimicamente reagente all'interno delle camere di combustione progettate da CIRA all'interno del progetto HYPROB. Queste sono: una camera a singolo iniettore per studiare le caratteristiche basilari della fiamma di metano-ossigeno a pressione supercritica e una camera calorimetrica a 18 iniettori per avere una stima del carico termico sulle pareti del propulsore. Gli studi di fluidodinamica numerica eseguiti dal CRAS all'interno di questa attività hanno permesso di comprendere i principali processi e parametri che regolano il miscelamento dei reagenti freschi e la consequente fiamma, quali la sua lunghezza, stabilità e ancoraggio. Tali studi hanno inoltre permesso di verificare che il carico termico sulle pareti del propulsore progettato da CIRA sia sostenibile per i materiali impiegati. La seconda parte del lavoro ha riguardato lo studio numerico della fluidodinamica all'interno dei condotti di raffreddamento alimentati a metano. Tale studio è stato eseguito con due diversi modelli di calcolo: uno accurato ma computazionalmente oneroso ed uno semplificato e ma meno accurato. Le soluzioni numeriche ottenute con il primo modello hanno permesso di calibrare il secondo modello per aumentarne l'accuratezza. Ciò ha quindi permesso di esaminare molteplici soluzioni al variare dei principali parametri che caratterizzano un sistema di raffreddamento: temperatura e pressione del refrigerante, portata, quantità di calore assorbito e rugosità delle superfici del canale. In particolare, due diverse geometrie sono state considerate per tale studio: un singolo canale di raffreddamento riscaldato attraverso resistenza elettrica e il sistema di raffreddamento della camera di spinta del motore in scala reale.

Titolo Progetto: VEGA_EP

Durata del Progetto: 12 mesi (a partire da Aprile 2014)

Ente Finanziatore: ASI (Agenzia Spaziale Italiana), MAE (Ministero Affari Esteri)

Responsabile Scientifico: Prof. Marcello Onofri

Ricercatori: Marco Pizzarelli, Mauro Federici

Descrizione dell'Attività: Lo scopo della ricerca è valutare la possibilità di immettere in orbita satelliti sia scientifici che commerciali tramite utilizzo della propulsione elettrica. In particolare, si fa riferimento all'attuale configurazione del lanciatore europeo VEGA che immette satelliti in orbita bassa, fino 1500 kg di carico utile a 700 km di quota. Tale prestazione è attualmente ottenuta per mezzo della propulsione chimica, implementata sia sul lanciatore VEGA che sulla piattaforma del satellite. Si vuole, all'interno di tale studio, verificare se l'utilizzo della propulsione elettrica, dopo il rilascio del satellite in orbita bassa da parte del lanciatore, permette di raggiungere orbite che nella configurazione attuale non possono essere raggiunte. In particolare, studi preliminari hanno mostrato che la propulsione elettrica può permettere di raggiungere orbite MEO (e.g., sistema satellitare GALILEO) e GEO (orbita tipica per telecomunicazioni). L'utilizzo di propulsori elettrici da integrare nel satellite comporta, a fronte della loro alta efficienza (con impulsi specifici fino a 5000s), un tempo di trasferimento orbitale piuttosto elevato (anche 12 mesi) che potrebbe non essere sostenibile da parte dei committenti e un peso aggiuntivo, soprattutto legato all'impianto di generazione di potenza per il propulsore, che andrà a ridurre il carico utile. Pertanto, tale studio non indaga solo la fattibilità di immettere satelliti in orbite attualmente proibite per il lanciatore VEGA, ma anche l'ottimizzazione dei tempi di trasferimento orbitale e del carico utile immesso in orbita MEO o GEO, al fine di capire quanto commercialmente appetibile sia tale soluzione tecnologica. Inoltre, per rendere tale studio più attinente alla realtà, all'interno di tale progetto è stata attivata una collaborazione con il "Technion Isreali Institute of Technology" di Tel Aviv (Israele) che fornirà i dati sperimentali sulle prestazioni del propulsore CAMILA ad effetto Hall sviluppato presso i loro laboratori.

Relazione Attività di Ricerca svolte presso il CRAS dal Laboratorio di Radio Scienza.

Responsabile delle attività: Prof. Luciano Iess

Programmi di Ricerca:

- **missione ESA/BepiColombo: attività legate all'esperimento di radio scienza**
- **missione NASA/Juno: attività legate all'esperimento di radio scienza**
- **RadioMetoP: progetto di ricerca per l'ottimizzazione delle performances di un link in banda Ka con l'utilizzo di previsioni meteorologiche**
- **missione ESA/JUICE: attività legate all'esperimento di radio scienza**

BepiColombo

BepiColombo è la prima missione europea per l'esplorazione del pianeta Mercurio. Il prof. Iess è il PI (Principal Investigator) dell'esperimento MORE (Mercury Orbiter Radio-science Experiment). Gli obiettivi principali dell'esperimento possono essere suddivisi in tre aree principali: gravità, rotazione e relatività. Per la parte di gravità, utilizzando i dati di tracking, si vuole misurare la struttura globale del campo gravitazionale e le anomalie gravitazionali locali con un'accuratezza tale da permettere di vincolare il modello della struttura interna del pianeta, del mantello e dell'interfaccia crosta-mantello. L'esperimento di rotazione ha l'obiettivo di misurare lo stato rotazionale di Mercurio, con un'accuratezza che permetta di ottenere informazioni sulla dimensione e lo stato fisico del nucleo del pianeta. Infine l'esperimento di relatività ha lo scopo di stimare i parametri post-Newtoniani, per testare le teorie di relatività.

L'intera sonda BepiColombo è attualmente in fase di integrazione. Per quanto riguarda l'esperimento MORE sono stati sviluppati diversi software per l'analisi dei dati, allo scopo di confermare le accuratezze raggiungibili e di valutare gli impatti di eventuali modifiche sul design della sonda, sulla sua traiettoria e sulle operazioni.

Per l'esperimento di rotazione è stato sviluppato un software che permette di simulare le misure della telecamera ad alta definizione e di determinare lo stato rotazionale di Mercurio. Di particolare interesse è l'analisi dell'impatto di un errore nell'orientazione della sonda sulle accuratezze con cui si determinano i parametri di rotazione; per questo studio è stato sviluppato un software dedicato. Per l'esperimento di relatività, si vogliono utilizzare le potenzialità del software di propagazione e determinazione orbitale del JPL "MONTE" (Mission analysis and Operational Navigation Toolkit Environment), che non include tuttavia la possibilità di stimare i Parametri Post-Newtoniani. Si sta quindi implementando un plug-in che ne estenda la funzionalità e permetta il suo utilizzo per l'esperimento. In maniera analoga, si stanno sviluppando dei codici per utilizzare i programmi di

determinazione orbitale del JPL, ODP (Orbit Determination Program) e MONTE per l'esperimento di gravità, con un approccio multiarco per l'analisi dei dati di tracking e dei dati aggiuntivi forniti da altri esperimenti a bordo della sonda. In particolare, i dati dell'accelerometro ISA (Italian Spring Accelerometer), a bordo della missione BepiColombo, sono fondamentali per l'esperimento di radio scienza, perché permettono di rimuovere le accelerazioni non gravitazionali subite dalla sonda. Si sta sviluppando un software che permetta di inserire le letture nell'accelerometro nel programma di determinazione orbitale, funzionalità non presente in ODP e MONTE. Si è anche realizzato un codice per inserire le osservabili di crossover laser altimetrici nella determinazione orbitale, utilizzando i dati forniti da BELA (BEpicolombo Laser Altimeter), il laser altimetro a bordo di BepiColombo. Infine, di particolare interesse per la stima di tutti i parametri di modello, è stata la realizzazione del codice multiarco che permette di combinare l'informazione contenuta nelle osservabili appartenenti ad archi diversi di traiettoria, migliorando così la stima dei parametri globali del modello, quelli comuni a tutti gli archi.

I risultati ottenuti fino adesso sono stati presentati ai Progess Meeting dell'esperimento MORE con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e l'European Space Agency (ESA), nonché alle riunioni programmatiche e scientifiche di BepiColombo.

Juno

Juno è la seconda missione del programma NASA New Frontiers ed è interamente dedicata allo studio del pianeta Giove. Il prof. Iess condivide con il team scientifico del NASA Jet Propulsion Laboratory (NASA-JPL) e del California Institute of Technology la responsabilità dell'esperimento di gravità. L'obiettivo principale dell'esperimento è la determinazione del campo di gravità gioviano, per studiarne la struttura interna e la dinamica delle masse atmosferiche attraverso l'individuazione di anomalie gravitazionali su scala sia globale sia locale. L'esperimento permetterà inoltre di determinare la risposta dinamica del pianeta alle sollecitazioni mareali dei satelliti. E' stata inoltre proposta la misura del momento angolare di Giove attraverso la determinazione dell'effetto di Lense-Thirring (effetto relativistico di trascinamento dei sistemi inerziali). L'esperimento si basa sull'analisi dei dati di tracking della sonda, per stimare i coefficienti caratteristici del campo di gravità e della risposta mareale di Giove. La misura è resa possibile grazie al trasponder in banda Ka installato a bordo della sonda e realizzato da Thales Alenia Space - Italia. Per la determinazione orbitale e la stima dei parametri del campo di gravità è in uso il codice MONTE (Mission analysis and Operational Navigation Toolkit Environment) sviluppato al JPL per la navigazione di sonde interplanetarie. Lo stesso codice includerà a breve la dinamica dovuta all'effetto di Lense-Thirring.

Il nostro contributo è stato finora determinante per la definizione degli obiettivi dell'esperimento, in quanto sono state individuate delle criticità dovute alla geometria orbitale dapprima non considerate in fase di pianificazione dell'esperimento. Al fine di garantire una buona riuscita dell'esperimento è stata pianificata un' estesa campagna di simulazioni in collaborazione col team scientifico del Weizmann Institute of Science di Tel Aviv (Israele), in modo da definire in maniera univoca le capacità dell'esperimento e ricercare eventuali possibilità di integrazione tra i modelli geofisici più probabili e la analisi dei dati.

E' stato inoltre sviluppato un codice plug-in per la stima del momento angolare di Giove attraverso una linearizzazione della dinamica di Lense-Thirring.

RadioMetOP

RadioMetOP (Radio Metorological Operations Planner at Ka band) è uno studio commissionato da ESA, con lo scopo di quantificare il vantaggio ottenibile, in termini di volume di dati ricevuti da una sonda interplanetaria operante in banda Ka, attraverso l'utilizzo di previsioni metorologiche. In particolare, la missione BepiColombo è utilizzata come riferimento per lo studio.

Il PI (Principal Investigator) del progetto è il Prof. Iess, il quale coordina le attività scientifiche e rappresenta l'interfaccia con il cliente. Il team di lavoro del CRAS provvede allo sviluppo dei modelli di radiopropagazione e all'implementazione di un nuovo tool di ottimizzazione dei link in banda Ka, per la pianificazione delle operazioni, ed è affiancato da due sottocontraenti, Arpsoft S.r.l. e Himet S.r.l. Arpsoft si occupa dell'adattamento del tool utilizzato per la pianificazione delle operazioni di ESOC, della fornitura dei dati di elevazione e visibilità della sonda BepiColombo e del calcolo dei volumi di dati per la missione stessa, ottenuti con il tool di ESOC modificato. Himet provvede alla fornitura delle previsioni meteorologiche simulate necessarie allo studio, attraverso l'uso dei propri modelli.

Il KO (Kick Off) del progetto è avvenuto a Marzo 2013 e le attività sono state monitorate regolarmente da parte del cliente, attraverso Progress Meetings a cadenza mensile.

La Mid Term Review da parte del cliente è stata superata con successo a Ottobre 2013, attraverso la consegna della documentazione di progetto prevista da contratto.

Nel corso del progetto i risultati intermedi sono stati presentati al "8th European Conference on Antennas and Propagation" (EuCAP 2014) e al "6th ESA International Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications" (TTC 2013).

La Final Review è prevista per Aprile 2014, quando saranno presentati i risultati delle simulazioni sul volume di dati simulato per la missione BepiColombo, allo scopo di mostrare i miglioramenti attesi grazie all'uso delle previsioni meteorologiche; saranno inoltre consegnate le versioni finali dei documenti di progetto e il software di ESOC modificato.

JUICE

JUICE (JUpiter ICy moons Explorer) è il nome di una missione di classe L dell'ESA il cui obiettivo scientifico è lo studio dettagliato delle lune galileiane e del complesso sistema gioviano. La missione è stata selezionata nel Maggio 2012, a cui ha fatto seguito nel Luglio 2012 l'Announcement of Opportunity (AO) per la selezione del payload scientifico. Il prof. Iess e il suo team hanno risposto all'AO fornendo tutta la documentazione richiesta, tra cui i risultati delle simulazioni numeriche per l'esperimento di gravità. Le due unità costituenti l'esperimento di radio scienza (chiamato 3GM), un transponder in banda Ka (KaT) e un oscillatore ultra stabile (USO), sono state infine selezionate per il model payload scientifico della sonda. Il prof. Iess in qualità di PI (Principal Investigator) dell'esperimento è il responsabile e coordinatore delle attività scientifiche/programmatiche del progetto. Ad Aprile 2013 si è svolto il Kick Off meeting ufficiale con l'ESA che ha sancito l'inizio della fase A dello sviluppo dello strumento di radio scienza.

A dicembre 2013 si è svolto ad ESTEC l'Instrument Preliminary Requirement Review (IPRR) per monitorare lo stato di avanzamento del progetto. Sebbene l'Industrial Prime Contractor per lo sviluppo del KaT sia ancora in fase di definizione formale, l'unità è considerata ricorrente dalla missione BepiColombo. Il design e lo sviluppo dello USO sono stati affidati ad AccuBeat, una società privata israeliana con competenze tecniche e tecnologiche adeguate allo sviluppo dell'unità. Non avendo esperienze dirette precedenti all'interno di missioni di esplorazione spaziale, AccuBeat viene costantemente supportata dal team del prof. Iess per le attività di interfaccia con il progetto e la stesura della documentazione tecnica e programmatica richiesta.

A Gennaio 2013 si è svolto il co-location meeting con l'ESA da cui sono scaturite una serie di attività (raffinamento del design delle unità, analisi scientifiche, update della documentazione, ecc...) che il team 3GM sta tuttora portando avanti.

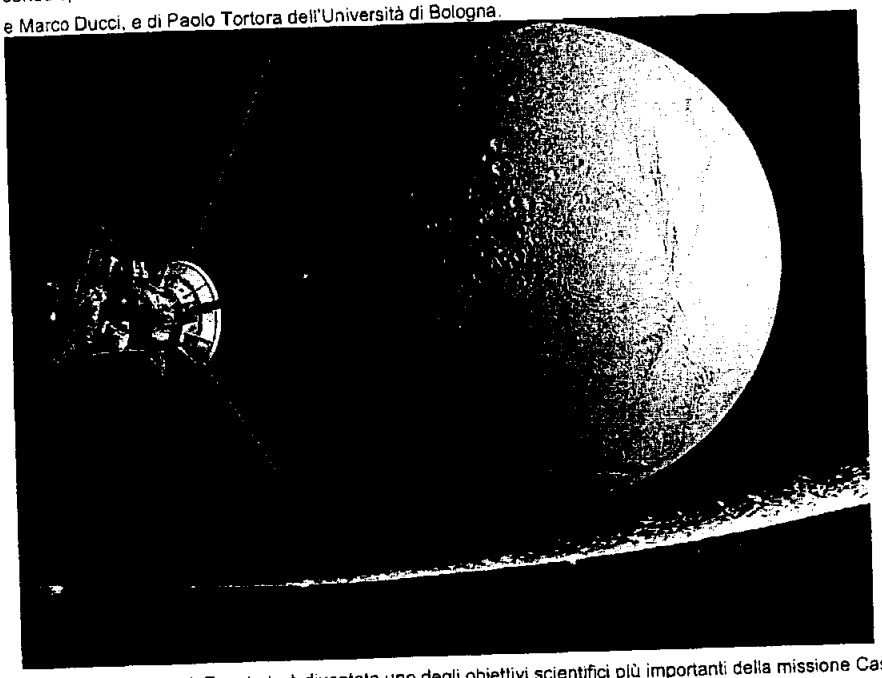
Ad Aprile 2012 la Dott.ssa Parisi ha partecipato all'EGU di Vienna mostrando i risultati preliminari dell'esperimento di gravità del satellite galileiano Ganimede. La stessa ha presentato i risultati ottenibili anche per gli altri due satelliti Europa e Callisto all'ISSFD di Pasadena (Ott. - Nov. 2012). Le simulazioni sono state in seguito ripetute dopo aver ottenuto dal progetto le nuove traiettorie orbitali della sonda. La Dott.ssa Parisi mostrerà i nuovi risultati all'EGU di Vienna (Apr. – Mag. 2014).

Roccia e acqua nel cuore di Encelado, la luna di Saturno

Scoperto sotto i ghiacci del satellite un oceano sotterraneo dai fondali rocciosi, probabile sede di reazioni chimiche ricche e complesse. I risultati della ricerca, coordinata dal prof. **Luciano Iess**, sono stati pubblicati il 4 aprile su ***Science***.

Encelado, una piccola luna ghiacciata di Saturno (raggio 250 km), nasconde un'estesa riserva di acqua sotterranea. L'individuazione di un nucleo roccioso sui fondali potrebbe determinare le condizioni ambientali per lo sviluppo di un ambiente probiotico

A questa conclusione sono giunti ricercatori italiani e americani, analizzando la gravità e la topografia del satellite, misurate dalla sonda spaziale Cassini, guidati da **Luciano Iess**, del **Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza** con la collaborazione di Marzia Parisi e Marco Ducci, e di Paolo Tortora dell'Università di Bologna.



La struttura interna di Encelado è diventata uno degli obiettivi scientifici più importanti della missione Cassini dopo la scoperta di getti d'acqua ricca di sali, emessi da lunghe fratture (dette tiger stripes, graffi di tigre) presenti nella regione polare meridionale, sotto la spinta di maree provocate dalla forza gravitazionale di Saturno.

Lo studio pubblicato su Science ha fornito l'estensione e la geometria della riserva d'acqua sotterranea che verosimilmente alimenta i geyser: un vero e proprio oceano regionale a 30-40 km di profondità sotto la superficie della calotta polare meridionale del satellite; una massa d'acqua assai vasta (pari all'incirca a 250 volte il lago di Garda) che si potrebbe estendere dal polo sud a latitudini di circa 50° S per una profondità stimata di 8 km.

A queste conclusioni si è giunti stimando il campo di gravità di Encelado durante tre passaggi ravvicinati della sonda Cassini sopra le calotte polari.

Le misure indicano una anomalia gravitazionale negativa al polo sud che tuttavia non è così spiccata quanto ci si attenderebbe dalla profonda depressione, rilevata dalla telecamera di bordo. Da qui la conclusione che in profondità debba trovarsi materiale più denso di quello esistente in superficie: acqua liquida, appunto, più densa rispetto al ghiaccio del 7%.

Il valore aggiunto della ricerca sta nell'aver dimostrato che in luoghi del tutto inattesi del sistema solare possano esistere ambienti potenzialmente ospitali alla vita. Il fondale del bacino di acqua liquida è costituito quasi certamente su una base di rocce (silicati), ed è la sede ideale di reazioni chimiche ricche e complesse, di grande interesse per l'astrobiologia.

Contratto: **CNES no. 93333/00**

Durata: 3 anni (dal 01/2010 al 12/2012)

Il contratto CNES no. 93333/00 ha riguardato lo studio del deployment ottimale di una formazione di due satelliti in orbita altamente ellittica.

L'ottimizzazione di tale missione è resa particolarmente complicata dalla presenza di importanti forze perturbative (non trascurabili a causa dell'elevata eccentricità delle orbite in esame), e della contemporanea presenza di due spacecraft che devono operare in modo cooperativo per minimizzare il consumo di propellente complessivo necessario al deployment.

Nel corso di questo contratto sono stati prodotti 6 report a scadenza semestrale. Infine, è stato consegnato il codice numerico in linguaggio FORTRAN 90/95 per l'ottimizzazione della missione, in grado di gestire due spacecraft che manovrano simultaneamente in modo cooperativo, nel rispetto dei vincoli considerati (fra cui il rispetto di una distanza minima fra gli spacecraft per evitare collisioni), comprensivo di un dettagliato manuale di utilizzo ed una collezione di script per l'analisi dei risultati (post-processing).

Contratto MEMIT - ASI

Il progetto "MEMIT - MEMS MIcroThruster" finanziato dall'agenzia spaziale italiana ASI si propone di realizzare un micropropulsore a gas freddo per controllo di assetto di microsatelliti e cubesat. Caratteristiche fondamentali sono l'elevato grado di integrazione del propulsore con il resto del satellite , il ridotto peso, l'elevata affidabilità e il basso costo del propulsore. Per assicurare un elevato grado di integrazione e un peso ridotto, l'ugello e la valvola del micropropulsore saranno realizzate mediante tecniche di lavorazione MEMS all'interno del laboratorio di Nanotecnologie dell'Università di Roma "La Sapienza". Questi componenti innovativi verranno alimentati mediante un sistema a gas in pressione con regolatore realizzato con componenti COTS a basso costo. Il funzionamento del micropropulsore verrà verificato in laboratorio mediante test di spinta nel vuoto e in orbita come carico utile secondario del Cubesat universitario URSA MAIOR all'interno del progetto QB50 finanziato dalla Comunità Europea (7° Programma Quadro) coordinato dal Von Karman Institute of Fluid Dynamics.

Il progetto QB50 prevede il lancio di 50 Cubesat da 2 unità e 3 unità che ospitano a bordo un set di sensori standard per la misurazione in situ di alcune caratteristiche dell'atmosfera in modo da fornire una base di dati dettagliata nel tempo e nello spazio delle caratteristiche di interesse della fascia di termosfera e stratosfera che i cubesat attraverseranno durante i 3 mesi di missione decandendo da un'orbita di 300 km. All'interno di questo progetto, il cubesat Ursa Maior è stato selezionato come candidato composto da 3 unità con la possibilità di ospitare a bordo oltre al set di sensori standard un esperimento secondario per la dimostrazione in orbita di tecnologie innovative (IOD). Il funzionamento del micropropulsore verrà provato in orbita mettendo in rotazione il satellite sull'asse di maggiore inerzia fino ad una velocità di rotazione individuabile dal sistema di bordo come "non accidentale". Il test verrà ripetuto per 10 volte in modo da collezionare un numero sufficiente di misure di spinta per poter caratterizzare il micropropulsore e garantirne la ripetibilità delle prestazioni.

In questo quadro si inserisce la necessità di bandire 2 borse di studio rivolte a studenti che si occupino del supporto alla progettazione, realizzazione e integrazione e test dei componenti MEMS del micropropulsore e del Cubesat Ursa Maior a bordo del quale verrà ospitato l'esperimento MEMIT.

MEMIT

Il progetto MEMIT finanziato da ASI prevede la copertura economica delle attività legate alla realizzazione e al test in orbita del micropropulsore a bordo del cubesat e consiste in 100k€ in 24 mesi di cui 40k€ sono a copertura del contributo al lancio dovuto al VKI per la partecipazione al progetto QB50.

2. RELAZIONE SUI RISULTATI DELLE RICERCHE IN TERMINI DI PUBBLICAZIONI, BREVETTI E TRASLAZIONE DEI RISULTATI EVENTUALMENTE APPLICATI AL SISTEMA PRODUTTIVO E DEI SERVIZI BEGLI ULTIMI TRE ANNI.

Nome programma di ricerca : FLPP IXV PHASE C2 - CFD ACTIVITY

Risultati:
Le soluzioni numeriche, dopo un accurato controllo sono state conferite nel database aerotermodinamico della capsula IXV. Con i fondi messi a disposizione dal progetto è stato finanziato un assegno di ricerca della durata di un anno. I risultati ottenuti sono stati inseriti in alcuni articoli di riviste internazionali e in alcune memorie presentate a congressi internazionali.

A. Bonfiglioli, M. Grottadaurea, R. Paciorri, F. Sabetta (2013). An unstructured, three-dimensional, shock-fitting solver for hypersonic flows. COMPUTERS & FLUIDS, vol. 73, p. 162-174, ISSN: 0045-7930

Aldo Bonfiglioli, Renato Paciorri, Andrea Di Mascio (2012). The Role of Mesh Generation, Adaptation, and Refinement on the Computation of Flows Featuring Strong Shocks. MODELLING AND SIMULATION IN ENGINEERING, vol. 2012, p. 1-15, ISSN: 1687-5591

M. Onofri, R. Paciorri, R. Pepe, A. Bonfiglioli, A. D'Angola, G. Colonna (2013). A new computational technique for re-entry flow calculations based upon a shock-fitting technique for unstructured grids. In: Proceedings of 4th International ARA days. Arcachon - France, 2013, May 27

ONOFRI M, R. PACIORRI, CARDILLO D, GROTTADAUREA M. AND BONFIGLIOLI A (2011). Numerical Simulations of flows past IXV re-entry vehicle at CRAS. In: -. Proceedings of 3rd international ARA days. Arcachon - France, 2011, May 2-4

BONFIGLIOLI A, GROTTADAUREA M, PACIORRI R, ONOFRI M, BIANCHI D (2011). Numerical simulation of hypersonic flows past three-dimensional blunt bodies through an unstructured shock-fitting solver. In: Proceedings of 17th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference. Francisco, California, USA, Apr. 11-14, 2011

Bonfiglioli, M. Grottadaurea, R. Paciorri, F. Sabetta, D. Bianchi, M. Onofri (2011). Numerical simulation of hypersonic flows past three-dimensional blunt bodies through an

unstructured shock-fitting solver. In: -. 17th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies Conference (2011). AIAA PAPER, vol. 2, p. 1091-1120, Red Hook, NY 12571:Curran Associates, Inc. (Aug 2011), ISBN: 9781617829734, ISSN: 0146-3705, San Francisco, California, USA, 11-14 aprile 2011

BONFIGLIOLI A, GROTTADAUREA M, R. PACIORRI, SABETTA F (2010). An unstructured, three-dimensional, shock-fitting solver for hypersonic flows. In: -. 40th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit Online proceedings. AIAA PAPER, RESTON:AIAA, ISSN: 0146-3705, Chicago, Illinois - USA, 28 Jun - 1 Jul 2010

Nome programma di ricerca : CONTRACT No IXV-SC-UNIROMA-1138

Le soluzioni numeriche, dopo un accurato controllo sono state conferite nel database aerotermodinamico della capsula IXV. I risultati ottenuti sono stati inseriti in alcuni articoli di riviste internazionali e in alcune memorie presentate a congressi internazionali.

A. Bonfiglioli, M. Grottadaurea, R. Paciorri, F. Sabetta (2013). An unstructured, three-dimensional, shock-fitting solver for hypersonic flows. COMPUTERS & FLUIDS, vol. 73, p. 162-174, ISSN: 0045-7930

Aldo Bonfiglioli, Renato Paciorri, Andrea Di Mascio (2012). The Role of Mesh Generation, Adaptation, and Refinement on the Computation of Flows Featuring Strong Shocks. MODELLING AND SIMULATION IN ENGINEERING, vol. 2012, p. 1-15, ISSN: 1687-5591

M. Onofri, R. Paciorri, R. Pepe, A. Bonfiglioli, A. D'Angola, G. Colonna (2013). A new computational technique for re-entry flow calculations based upon a shock-fitting technique for unstructured grids. In: Proceedings of 4th International ARA days. Arcachon - France, 2013, May 27

Nome programma di ricerca : Hyprob-2 (CFD Analyses on Combustion for LRE and on Methane Cooling System)

M. Pizzarelli, F. Nasuti, M. Onofri, P. Roncioni, R. Votta, F. Battista, "Supercritical Methane Heat Transfer Modeling in Rocket Engine Cooling Channels", Proceedings of 49th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint PropulsionConference, July 14 - 17, 2013, San Jose, CA

M. Pizzarelli, F. Nasuti, M. Onofri, P. Roncioni, R. Votta, F. Battista, "Heat Transfer Modeling for Supercritical Methane Flowing in Rocket Engine Cooling Channels", submitted to Applied Themal Engineering, 2014

M. Pizzarelli, B. Betti, F. Nasuti, D. Ricci, P. Roncioni , F. Battista, V. Salvatore, "Cooling Channel Analysis of a LOX/LCH4 Rocket Engine Demonstrator", Abstract submitted to 50th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint PropulsionConference, 2014.

R. Votta, F. Battista, A. Gianvito, A. Smoraldi, V. Salvatore, M. Pizzarelli, G. Leccese, F. Nasuti S. Shark, R. Feddema, S. Meyer, "Experimental Investigation on Methane in Transcritical Conditions", Abstract submitted to 50th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint PropulsionConference, 2014.

Progetti di ricerca

1. Principal Investigator di Air Force Office of Scientific Research (AFOSR) Grant FA9550-14-1-0082 dal titolo Bridging high strength and dissipation in carbon nanotube composites, European Office of Aerospace Research and Development (EOARD-AFOSR), 2014-2017.

2. Co-Principal Investigator del Defense Fundamental and Specialized International Collaborative Grant finanziato dall'Agency for Defense Development in South-Korea dal titolo Fuel cell-supercapacitor hybrid system for unmanned devices, Institute of Advanced Technologies (TP) e Inha University, Incheon (Corea del Sud), 2009-2012.

3. Co-Principal Investigator del National Science Foundation Grant (USA) dal titolo Efficient reduced-order modelling tools for super-long-span bridges aeroelastic predictions, in collaborazione con Clarkson University (USA), ANSYS Inc. (USA), COWI (Allan Larsen), Lingby (Danimarca), 2010-2013.

4. Co-Principal Investigator del National Science Foundation Grant dal titolo Ultrafast and robust, resettable threshold sensors based on discontinuity-induced nonlinearities, in collaborazione con University of Illinois at Urbana-Champaign (USA) e Royal Institute of Technology, Stoccoloma (Svezia), 2009-2012.

5. **Pubblicazioni e brevetti**

6. **Brevetti**

7. Dispositivo isteretico a massa accordata (TMD) per il controllo passivo delle vibrazioni meccaniche (2011) Sapienza Università di Roma, No. RM2011A000434 (10.8.2011). Hysteretic tuned-mass damper device (TMD) for passive control of mechanical vibrations, PCT/IT2012/000253 (09.08.2012), WO/2013/042152 (28.3.2013) http://patentscope.wipo.int.

8. Shape memory and steel wire ropes (2013), Sapienza Università di Roma. patent disclosure.

9. **Monografie**

10. Nonlinear Structural Mechanics. Theory, Dynamical Phenomena, and Modeling. Springer, New York, 2013, ISBN 978-1-4419-1275-6, DOI 10.1007/978-1-4419-1276-3 (http://springer.com/978-1-4419-1275-6), ***nomination Springer per il Texty Award 2013***.

11. **Riviste Internazionali**

12. G. Formica, W. Lacarbonara, R. Alessi (2010) Vibrations of carbon nanotube-reinforced composites, Journal of Sound and Vibration 329 :1875-1889

13. W. Lacarbonara, M. Cetraro (2011) Flutter control of a lifting surface via visco-hysteretic vibration absorbers,International Journal of Aeronautical and Space Sciences 12 (4): 331-345.

14. W. Lacarbonara, S. S. Antman (2012) Parametric instabilities of the radial motions of nonlinearly viscoelastic shells subject to pulsating pressures, International Journal of

Non-Linear Mechanics 47 :461-472.

15. G. Formica, A. Arena, W. Lacarbonara, H. Dankowicz (2013) Coupling FEM with parameter continuation for analysis of bifurcations of periodic responses in nonlinear structures. Journal of Computational and Nonlinear Dynamics 8, 021013.

16. W. Lacarbonara, H. Arvin, F. Bakhtiari-Nejad (2012) A geometrically exact approach to the overall dynamics of rotating blades. Part I: Linear modal properties. Nonlinear Dynamics 70 :659-675.

17. H. Arvin, W. Lacarbonara, F. Bakhtiari-Nejad (2012) A geometrically exact approach to the overall dynamics of rotating blades. Part II: Nonlinear normal modes in flapping. Nonlinear Dynamics 70:2279-2301.

18. G. Formica, W. Lacarbonara (2012) Debonding model of carbon nanotubes in a nanostructured composite. Composite Structures 96 :514-525.

19. A. Arena, W. Lacarbonara (2012) Nonlinear parametric modeling of suspension bridges under aeroelastic forces: torsional divergence and flutter. Nonlinear Dynamics 70:2487-2510.

20. H. Arvin, W. Lacarbonara (2014) A fully nonlinear dynamic formulation for rotating composite beams: nonlinear normal modes in flapping. Composite Structures 109:93-105.

21. Lacarbonara W. (2012) Nonlinear dynamics enabled systems design and control. Journal of Physics: Conf. Ser. 382 , 012001 (8 pp.).

22. G. Formica, W. Lacarbonara, M. Talò (2014) Nonlinear modeling of carbon nanotube composites dissipation due to interfacial stick-slip. International Journal of Plasticity 53:148-163.

23. A. Arena, W. Lacarbonara, P. Marzocca (2013) Nonlinear aeroelastic formulation and post-flutter analysis of flexible high-aspect-ratio wings, AIAA Journal of Aircraft 50:1748-1764

24. \http://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/1.C032145.

25. A. Casalotti, W. Lacarbonara, A. Arena (2013) Mitigation of wind-excited oscillations in suspension bridges by hysteretic tuned mass dampers. Engineering Structures, in press.

26. H. Y. Farsani, D. T. Valentine, A. Arena. W. Lacarbonara, P. Marzocca (2013) Indicial functions in the aeroelasticity of bridge decks. Journal of Fluids and Structures , in press.

27. M. Pasquali, W. Lacarbonara, P. Marzocca (2013) Detection of nonlinearities in plates via higher-order spectra: numerical and experimental studies. Journal of Vibration and Acoustics, accettato.

Atti di Congressi Nazionali ed Internazionali (con recensioni)

28. Nonlinear dynamic stall flutter for flexible high-aspect ratio wings, (con A. Arena, P. Marzocca), 7th European Nonlinear Dynamics Conference (ENOC 2011), Roma, 24-29 luglio 2011.

29. System identification of plates using higher-order spectra: numerical and experimental investigations, (con M. Pasquali, P. Marzocca), Paper No. 945175, 52nd AIAA/ASME/ASCE\VAHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Denver, CO, USA, 4-7 aprile 2011.

30. Nonlinear aeroelastic formulation for flexible high-aspect ratio wings via geometrically exact approach, (con A. Arena, P. Marzocca), Paper No. 937605, 52nd AIAA/ASME/ASCE\VAHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Denver, CO, USA, 4-7 aprile 2011.

31. Advanced system identification of plates using a higher-order spectral approach: theory and experiment, (con M. Pasquali, P. Marzocca), Paper no. DETC2011-47975, 2011 ASME IDETC , Washington DC USA, 28-31 agosto 2011.

32. Nonlinear finite element-based path following of periodic solutions, (con A. Arena, G. Formica, H. Dankowicz), Paper no. DETC2011-48681, 2011 ASME IDETC , Washington DC USA, 28-31 agosto 2011.

33. Nonlinear post-flutter analysis for flexible high-aspect-ratio wings, (con A. Arena, P. Marzocca), 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference, Honolulu, USA, 23-27 aprile 2012.

34. Design and analysis of a microelectromechanical device capable of testing theoretical models of impact at the microscale (con J. Sanders, H. Dankowicz), Paper no. DETC2012/DFD-70889, 2012 ASME IDETC , 12-15 agosto 2012, Chicago, IL, USA.

35. Unsteady aerodynamic modeling and flutter analysis of long-span suspension bridges, Paper no. DETC2012/VIB-70289, 2012 ASME IDETC,12-15 agosto 2012, Chicago, IL, USA.

36. Post-flutter bifurcation behavior in long-span suspension bridges (con A. Arena, P. Marzocca), Paper no. DETC2013-12429, 2013 ASME IDETC/CIE, 4-7 agosto 2013, Portland, OR, USA.

37. Nonlinear vibrations of magnetically levitated rotating rings (con A. Arena, S. S. Antman), Paper no. DETC2014-34969, 2014 ASME IDETC/CIE , 17-20 agosto, 2014, Buffalo, NY, USA.

38. A local ultrasonic approach to delamination detection in composite structures (con M. Pasquali), Paper no. DETC2014-35309, 2014 ASME IDETC/CIE , 17-20 agosto, 2014, Buffalo, NY, USA.

39. A new vibration absorber based on the hysteresis of NiTiNOl and steel wire ropes assembly (con B. Carboni), 2nd International Conference on Structural Nonlinear Dynamics and Diagnosis (CSNDD 2014), Agadir, Morocco, 19-21 maggio, 2014.

40. A numerical and experimental study of the modal curvature method for damage detection in thin structures (con F. Mosti, G. Quaranta), 7th European Workshop on Structural Health Monitoring , Nantes, Francia, 8-11 luglio, 2014.

Atti di Congressi Nazionali ed Internazionali (senza recensioni)

41. Hysteresis-based nonlinear vibration absorbers, (con N. Carpineto, F. Vestroni), Thirteenth Conference on Nonlinear Vibrations, Dynamics, and Mulitbody Systems, Virginia Tech, Blacksburg, VA, USA, 23-27 maggio 2010.

42. Geometrically exact plate models for system identification via Higher-Order Spectra extracted from nonlinear dynamic responses, (con M. Pasquali e P. Marzocca), Workshop on Structural Health Monitoring and Control, Amman, Jordan, 20-23 giugno 2010.

43. On the hysteretic properties of debonding nanostructured materials, (con G. Formica), Proc. of XX AIMETA Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Bologna, 12-15 settembre 2011.

44. General-purpose finite element-based path following of nonlinear dynamical systems, (con G. Formica, A. Arena, H. Dankowicz), Proc. of XX AIMETA Congress of Theoretical and Applied Mechanics , Bologna, 12-15 settembre 2011.

45. A geometrically exact approach to the dynamics of composite rotating blades (con H. Arvin, F. Bakhtiari-Nejad), Proc. of 16th International Conference on Composite Structures ICCS/16, University of Porto, Porto, Portugal, 28-30 giugno 2011.

46. Robustness assessment of a new ultrasonic-based SHM procedure via a BRIG approach: a numerical study, (con M. Pasquali, C. J. Stull, G. Park, C.R. Farrar), CSNDD 2012 International Conference on Structural Nonlinear Dynamics and Diagnosis, Marrakech, Marocco, 30 aprile-2 maggio 2012.

47. On the reliability of a PCA-based method for structural diagnosis in bridge structures with environmental disturbances (con G. Quaranta, B. Carboni), CSNDD 2012 International Conference on Structural Nonlinear Dynamics and Diagnosis, Marrakech, Marocco, 30 aprile-2 maggio 2012.

48. Modeling of hysteresis due carbon nanotube-matrix interaction in nanocomposites, (con M. Talò, G. Formica), First International Conference on Mechanics of Nano, Micro and Macro Composite Structures, Politecnico di Torino, 18-20 giugno 2012.

49. Debonding-induced fatigue life of a carbon-nanotube supercapacitor, (con G. Formica),First International Conference on Mechanics of Nano, Micro and Macro Composite Structures, Politecnico di Torino, June 18-20 2012.

50. An ultrasonic SHM technique for delamination detection in composite structures (con M. Pasquali, C. R. Farrar), First International Conference on Mechanics of Nano, Micro and

Macro Composite Structures, Politecnico di Torino, 18-20 giugno 2012.

51. A new ultrasonic wave-based SHM procedure for delamination detection in composite structures (con M. Pasquali, C. R. Farrar), First International Conference on Advances in Structural Health Management and Composite Structures, The Engineering Institute, Jeonju, South Korea, 29-31 agosto 2012.

52. Flutter suppression in long-span suspension bridges by arrays of hysteretic tuned mass dampers (con A. Casalotti, A. Arena), Proc. of XXI AIMETA Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Torino, 17-20 settembre 2013.

53. Hysteretic equivalent continuum model of nanocomposites with interfacial stick-slip (con G. Formica, M. Talò), Proc. of XXI AIMETA Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Torino, 17-20 settembre 2013.

54. Nonlinear vibration of parametrically forced elastic rings (con A. Arena, S. S. Antman), Proc. Of XXI AIMETA Congress of Theoretical and Applied Mechanics, Torino, 17-20 settembre 2013.

Rapporti di Ricerca

55. Simulazioni agli elementi finiti del dirigibile MAAT nell'ascensione verso la stratosfera. Progetto Europeo MAAT (Multibody Advanced Airship for Transport).

Progetto CRAS : ESTEC/CONTRACT NO. 22711/09/NL/RA "SIMULATION MODELS FOR SOLID ROCKET MOTOR (SRM) IGNITION TRANSIENT (IT)"

Pubblicazioni relative al Progetto:

1. "PARAMETRIC STUDY OF DESIGN OPTIONS AFFECTING SOLID ROCKET MOTOR START-UP AND ONSET OF PRESSURE OSCILLATIONS" , M. Di Giacinto, E. Cavallini, B. Favini and J. Steelant, 5th European Conference for Aeronautics and Space Sciences (EUCASS 2013), Munich, Germany, 1 - 5 July 2013 - ISBN: 978-84-941531-0-5.
2. "A SIMPLIFIED COUPLED STRUCTURAL-FLOWFIELD ANALYSIS OF SOLID ROCKET MOTORS IGNITION TRANSIENT", E. Cavallini, B. Favini, F. Serraglia, M. Di Giacinto and J. Steelant, ESA SP-692 - 7th European Symposium on Aerothermodynamics for Space Vehicles, 9th - 12th May 2011, Brugge, Belgium.
3. "IMPROVEMENTS TOWARDS SRM IGNITION TRANSIENTS", E. Cavallini, B. Favini, and M. Di Giacinto. Final Report of ESTEC/Contract N. 22711/09/NL/RA "Simulation Models for Solid Rocket Motor (SRM) Ignition Transient (IT)", Department of Mechanical and Aerospace Engineering- Sapienza University of Rome, 2012.
4. "SIMULATION MODELS FOR SOLID ROCKET MOTOR IGNITION TRANSIENT ",E. Cavallini, B. Favini, and M. Di Giacinto. Executive Summary Report of ESTEC/Contract N. 22711/09/NL/RA "Simulation Models for Solid Rocket Motor (SRM) Ignition Transient (IT)", Department of Mechanical and Aerospace Engineering - Sapienza University of Rome, 2012.

Contratto di ricerca : Studio e implementazione di tecniche fisiche/informatiche per lo sviluppo di software e hardware per applicazioni di imaging biomedicale

Il sistema sviluppato è stato sottoposto ad un regime contrattuale di riservatezza (la Metaltronica è titolare della proprietà industriale dei risultati e non intende proporre pubblicazioni e/o brevetti).

Il sistema è validato sotto il profilo clinico-diagnostico a partire dal 2011 ed è stato operativamente integrato nei mammografi digitali prodotti e commercializzati dalla Società Metaltronica. Grazie a tale sviluppo la Metaltronica ha potuto realizzare un prodotto finito, svincolandosi dalle licenze relative al SW di elaborazione che, in precedenza, venivano acquisite da Aziende di altri paesi.

Il progetto ha costituito quindi un significativo esempio di trasferimento di tecnologie spaziali in altri ambiti, contribuendo all'incremento di competitività di una azienda nazionale.

ELENCO DEI FINANZIAMENTI OTTENUTI DA ISTITUZIONI PUBBLICHE E PRIVATE, ITALIANE ED ESTERE NEGLI ULTIMI TRE ANNI.

Codice Progetto 000203_13_AR__IESS_JUICE
PARTECIPAZIONE ITALIANA ALL AFASE A/B1 DELLA MISSIONE JUICE
LO STUDIO DI FASE A/B1 PER LA REALIZZAZIONE DEL PAYLOAD DELLA
Importo Progetto **€ 302.535,00**

Codice Progetto M_000203_10_AR__IESS
RADIOSCIENZA PER BEPI COLOMBO
Importo progetto **€ 3.755.402,00**

Codice Progetto M_000203_11_AR__CORSI
POSEIDONE
Importo Progetto **€ 97.000,00**

Codice Progetto 000203_14_AR__NASUT_MEMIT
MEMIT:MEMS MICROTHRUSTER
Importo Progetto € 100.000,00 **€ 100.000,00**

Codice Progetto M_000203_10_PNT_ONOFR_03
IXV PROJECT PHASE C2- FLPP PERIOD 2 STEP 1
Importo Progetto **€ 250.000,00**

Codice Progetto M_000203_11_PNT_NASUT
ICARO
Importo Progetto € 48.400,00 **€ 48.400,00**

Codice Progetto M_000203_12_PNT_ONOFR_01
HYPROB ACQU-1680/CIRA-P0-11-1136
Importo Progetto **€ 190.000,00**

Codice Progetto M_000203_12_PNT_ONOFR_02
IXV IFE WALL CATALYST EXPERIMENT CATE
Importo Progetto **€ 69.336,00**

Codice Progetto 000203_13_PNT_GASB
DEBRIS REMOVAL BY MEANS OF ROBITOCS ARMS
Importo Progetto **€ 85.000,00**

Codice Progetto 000203_13_PNT_IESS
IMPROVING DATA RETURN IN KA BAND BY USE OF WEATHER FORECAST
Importo Progetto **€ 19.198,00**

Codice Progetto 000203_13_PNT_MASTR

OPTIMAL PLACEMENT OF STRUCTURAL SENSORS FOR THE EXPERIMENTAL - BASED SYSTEM IDENTIFICATION OF LAUNCH VEHICLES DYNAMICS
Importo Progetto **€ 50.000,00**

TOTALE Importo contratti **€ 4.966.871,00**

RELAZIONE IN MERITO ALLA SITUAZIONE FINANZIARIA DEGLI ULTIMI TRE ANNI, AL FINE DI VERIFICARE L'EQUILIBRIO ECONOMICO FINANZIARIO.

	Accertate per anno
2011	1.830.758,97
2012	1.522.644,17
2013	1.452.705,78

Dalla tabella si può evincere come la continuità di azione e permanenza istituzionale del CRAS dal punto di vista economico sia assolutamente sostenibile per i prossimi anni.

Infatti dalla tabella si può evincere come il CRAS si sia stabilizzato nella sua capacità di reperimento fondi per la ricerca, grazie sia alla più marcata visibilità ottenuta dalla Sapienza in campo aerospaziale , e anche grazie alla sempre più marcata interdisciplinarità delle ricerche effettuate dai docenti afferenti.

Dall'altra parte si deve anche segnalare che i fondi finora resisi disponibili siano solo la metà degli importi contrattuali sottoscritti. Questi fondi sommati a quelli di nuovo reperimento permettono di prevedere un'azione finanziariamente consolidata del CRAS almeno per il prossimo triennio. Infatti si può vedere nei dati suesposti come vi sia una capacità di progettuale di circa 5.000.000,00.

Per quanto riguarda invece la **capacità di spesa il Centro si è** assestato su quanto scritto nella precedente relazione , anche in presenza di personale che opera ad interim. Questo dimostra una notevole dinamicità dell'attività di ricerca ed un'ottima capacità della struttura amministrativa di seguirne l'evoluzione.

Università degli Studi di Roma "La Sapienza" CRAS
Centro Ricerca Aerospaziale Sapienza
Via Eudossiana 18 - 00184 ROMA
Tel (+39) 06 44585883 Fax (+39) 0644585882
http://webcras.ing.uniroma1.it/cras/

21/5 URG
Dott.ssa Lucisano
26.5.

ARSI

UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA"
CISTeC
Centro di Ricerca
Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico

Università degli Studi di Roma
"LA SAPIENZA"
Amministrazione Centrale
ARRIVO
prot. n. 0029611
del 20/05/2014
class. VI/7

Prot.n. 5/2014

Roma, 07.05.2014

Area Affari Istituzionali
Settore Strutture Decentrate e Commissioni
Ufficio Affari Sociali e Strutture Decentrate
Sapienza Università di Roma
SEDE

Oggetto: Richiesta rinnovo Centro di Ricerca Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico - Architettonico – CISTeC (Art. 10 del Regolamento – Tipo dei Centri Interdipartimentali e Art. 15 dello Statuto della "Sapienza").

Con riferimento alla nota del 10.04.2014 prot. n. 0022339 si richiede il rinnovo del Centro di Ricerca Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico - Architettonico – CISTeC e si allega la documentazione richiesta.

Con i migliori saluti.

CISTeC
Il Direttore
(Prof.ssa Maria Laura Santarelli)
MLSantarelli

Direzione e Sede
Via Eudossiana, 18 - 00186 tel. 06-44585565 fax 06-44585416
e-mail cistec.roma@uniroma1.it http://cistec.ing.uniroma1.it
C.F. 80209930587 - P.IVA 02133771002

UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA"

CISTeC

Centro di Ricerca Scienza e Tecnica per la Conservazione del Patrimonio Storico-Architettonico

Rinnovo del Centro per il 2014-2017

1. **Relazione sullo stato dei programmi di ricerca attivati negli ultimi 3 anni**

L'attività di ricerca del centro si sviluppa su diversi fronti:

a. Attività di ricerca per Enti pubblici e privati
b. Attività di ricerca per PMI
c. Attività di ricerca autonoma

a. Attività di ricerca per Enti Pubblici e privati

Le attività di ricerca del centro si svolgono in particolare con gli Enti pubblici e Privati che lo contattano per affrontare problemi relativi alla conservazione di monumenti, siti archeologici e manufatti museali. In particolare, si possono suddividere le attività intraprese negli ultimi 3 anni nel seguente modo:

- 2011

L'attività principale è stata svolta con la Soprintendenza Autonoma per i beni Archeologici di Roma. Le specializzazioni del centro svolgono un supporto importante per questo ente pubblico e si sono concentrate sulle capacità del centro di sviluppare studi di elevata qualità scientifica, utilizzando i più innovativi mezzi a sua disposizione. In particolare, il centro si è occupato

Casa di Augusto

Sono stati avviati studi relativi alla conservazione del microambiente delle aree non aperte al pubblico.

Castel S.Angelo

Sono stati avviati degli studi di caratterizzazione delle malte originali romane e della struttura del tamburo romano del monumento.

Arco di Settimio Severo

Sono stati avviati studi sulle patine ad ossalato presenti sul monumento

Colosseo

Studio degli stucchi della galleria Nord.

S.Agnese in Agone

Analisi di alcuni reperti dalle tombe pre-cristiane per il convegno tenutosi presso l'Ecole Francaise di Roma.

Inoltre ha effettuato studi in collaborazione con altri enti pubblici e privati:

Ceramiche di Tell Tuqan in Siria

Caratterizzazione dei manufatti ceramici del sito in collaborazione con la IULM e il Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Roma Sapienza.

Ebla, Siria

Caratterizzazione dei manufatti ceramici e dei mattoni crudi del sito in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Roma Sapienza.
BamBhon (Pakistan)
Caratterizzazione delle ceramiche e dei materiali rinvenuti durante gli scavi del sito archeologico in collaborazione con Prof. Piacentini, Università degli Studi di Milano.

- 2012

In collaborazione con la Soprintendenza Autonoma per i Beni Archeologici di Roma:
Casina Farnese sul Palatino
Studi degli affreschi delle loggie
Castel S.Angelo
Conclusione degli studi avviati nel 2011
Villa di Livia
Sono stati avviati studi per la conservazione degli affreschi presenti nel Museo Romano di Palazzo Massimo.
Colosseo
Sono stati conclusi gli studi avviati nel 2011
Museo delle Navi Romane di Fiumicino
Sono stati avviati gli studi microclimatici per la conservazione delle navi all'interno del Museo

Le attività hanno visto anche le seguenti collaborazioni con altri Enti Pubblici e Privati.
Ercolano
Studi sulle efflorescenze saline in collaborazione con la British School in Rome
Ebla, Siria
Studi dei materiali architettonici di Ebla, all'interno del progetto Europeo "Ebla Chora" della prof.ssa Pinnock del Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Roma Sapienza.
Scavi nella Casa Natale di Augusto
Studio delle malte provenienti da diversi edifici ritrovati durante gli scavi della Prof.ssa Panella del Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Roma Sapienza.
Tomba di Enea a Pratica di Mare, Pomezia
Studi della conservazione dei tufi del sito archeologico in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio.
BamBhon (Pakistan)
Continuazione degli studi cominciati nel 2011

- 2013

Le attività per la Soprintendenza Autonoma per i Beni Archeologici di Roma si è svolta nei seguenti siti:

Casa di Livia e Augusto

Studio degli affreschi e programmazione del monitoraggio microclimatico.

Colosseo

Analisi della superficie esterna soggetta a restauro

Villa di Livia

Sono continuati gli studi per la conservazione degli affreschi presenti nel Museo Romano di Palazzo Massimo.

Altre attività per Enti pubblici e privati:

Ebla, Siria

Continuazione degli studi dei materiali architettonici di Ebla iniziati nel 2012, all'interno del progetto Europeo "Ebla Chora" della prof.ssa Pinnock del Dipartimento di Scienze Archeologiche dell'Università di Roma Sapienza.

Bambhon (Pakistan)

Continuazione degli studi cominciati nel 2011

Villa Silin (Libia)

Studio per il ripristino strutturale del mosaico esterno in collaborazione con l'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro

Mosaico Parietale delle Terme di Traiano

Caratterizzazione dei materiali in collaborazione con il Comune di Roma

Archivio Giorgio Torraca

Collaborazione alla costruzione dell'archivio del prof. Giorgio Torraca in collaborazione con ICCROM.

Su questi temi, nei 3 anni, il centro ha potuto collaborare anche allo sviluppo di numerose tesi di laurea magistrale nel di laurea nel corso di laurea in Scienze e tecnologie per la Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Roma Sapienza.

b. Attività per PMI

- 2011

Santuario della Madonna d'Appari a Paganica (AQ)

Studio della conservazione degli affreschi in collaborazione con la CBC srl

Statua del Marzia

Caratterizzazione delle patine in collaborazione con la Conart srl

- 2012

Protettivi e calce foto-catalitici

Studio delle efficienze di prodotti commerciali in collaborazione con Calcidrata srl

- 2013

Sala dei Filosofi

Studio delle patine dei rilievi in collaborazione con Conart srl

Protettivi e calce foto-catalitici

Continuazione dello studio delle efficienze di prodotti commerciali in collaborazione con Calcidrata srl

Materiali cementizi foto-catalitici

Studio delle efficienze di prodotti commerciali e sperimentali in collaborazione con Advanced Materials srl

c. Attività di ricerca autonoma

Il centro sviluppa anche attività propria di ricerca sulla base di progetti individuati dai singoli membri del centro e supportati dai mezzi presenti nel centro. In particolar modo, in questi 3 anni si è concluso il progetto Joint-Lab "Cultural Heritage" finanziato dalla Filas-Regione Lazio che ha portato allo sviluppo di un laboratorio specifico, dedicato ai Beni Culturali e attrezzato con strumentazione d'avanguardia.

In particolare, nell'ambito dei 3 anni ha sviluppato i seguenti temi:

- Ricerca su sistemi inibitori di cristallizzazione salina per il trattamento di superfici murarie affrescate e no.
- Ricerca su sistemi a base di nano-calce e nano-aggregati.
- Ricerca su sistemi foto-catalitici per la riduzione dell'inquinamento atmosferico.
- Ricerca su sistemi transistor e fotovoltaici per applicazioni nella sensoristica dedicata ai beni culturali.

La specificità delle attività ha permesso di sviluppare collaborazioni con

- L'Università di Perugia
- L'ETH di Zurigo
- Il Frauhnofer di Berlino
- L'Università di Malta
- L'Università di Novi Sad
- L'Università di Belgrado
- L'Università dell'Arkansas
- La Northwestern University di Chicago

2. Relazione sui risultati delle ricerche in termini di pubblicazioni, brevetti e traslazione dei risultati delle ricerche eventualmente applicati al sistema produttivo e dei servizi negli ultimi 3 anni

L'attività del centro ha portato alla pubblicazione dei seguenti lavori su riviste internazionali:

1. Pascal Wolfer, Maria Laura Santarelli, Luigi Vaccaro, Liyang Yu, Paul Smith, Thomas D. Anthopoulos, Natalie Stingelin, Assunta Marrocchi
Influence of molecular architecture and processing on properties of

semiconducting arylacetylene: Insulating poly(vinylidene fluoride) blends
Organic Electronics, 12 (2011), 1886-1892

2. G. De Bellis, A. Tamburrano, A. Dinescu, M.L. Santarelli, M.S. Sarto, Electromagnetic properties of composites containing graphite nanoplatelets at radio frequency
Carbon, 49 (13) (2011), 4291-4300
3. Alessandra Broggi, Elisabetta Petrucci, Maria Paola Bracciale and Maria Laura Santarelli
FT-Raman spectroscopy for quantitative analysis of salt efflorescences
Journal of Raman Spectroscopy, (2012), 43, 1560–1566
4. E.Zanna, G.De Bellis, M.P.Bracciale, A.Broggi, M.L.Santarelli, M.S.Sarto, C.Palleschi, D.Uccelletti
Graphite nanoplateletsand Caernorhabditis elegans: insights from a vivo model.
Nanoletters, (2012), 12, 2740-2744
5. Franceschini, M.; Broggi, A.; Bracciale M. P.; Sommei L.; Santarelli M.L.; Marrocchi A. "On the effectiveness of phosphocitrate as salt crystallization inhibitor in porous materials: the case-study of the Roman mosaic of Orpheus and the Beasts (Perugia, Italy)"
Int. J. Arch. Her., 2013 (doi: 10.1080/15583058.2012.760121).
6. M.L.Santarelli
Archaeometrical Analysis of Pottery production at EB III-IVA Ebla and Tell Tuqan
Eds Paolo Matthiae e Niccolò Marchetti, EBLA And ITS LANDSCAPE, Left Coast Press, INC., USA 2013, 357-366
7. M.L.Santarelli and G.Spreafico
Archaeometrical Analysis of Architectural Components of Royal Palace G
Eds Paolo Matthiae e Niccolò Marchetti, EBLA And ITS LANDSCAPE, Left Coast Press, INC., USA 2013, 367-375
8. P.Carafa (con D. Bruno, E. Giannini) 'Il III peristilio della Domus Augustana (cosiddetta *No Man's Land*) in R. Cecchi, Roma Archaeologia. Interventi per la tutela e la fruizione del patrimonio archeologico terzo rapporto, Roma 2011, pp. 370-373.
9. P.Carafa (con Andrea Carandini a cura di), *Atlante di Roma Antica. Biografia e immagini della città*, Electa 2012.
10. "Il Sistema Informativo Archeologico di Roma Antica" in A. Carandini, P. Carafa (a cura di), *Atlante di Roma Antica. Biografia e immagini della città*, Electa 2012, pp. 44-55.
11. "Le Mura Aureliane" in A. Carandini, P. Carafa (a cura di), *Atlante di Roma Antica. Biografia e immagini della città*, Electa 2012, pp. 85-89.
12. P.Carafa (con A. Carandini), *Conservazione e valorizzaizone dei Beni Culturali Introduzione/Conservation and Henancement of Cultiural Heritage.*

Introduction in M. Agnoletti, A. Carandini, W. Santagata, (a cura di), *Studi e Ricerche. Biennale Internazionale dei Beni Culturali e Ambientali/Essays and Researches. International Biennial of Cultural and Environmental* Heritage, Firenze 2012, ISBN 978-88-8341-532-6, pp. 223-226.

13. P.Carafa (con M. Crespi, M.T. D'Alessio, U. Fabiani), L'utilizzo delle tecnologie geomatichee la Forma Urbis: un nuovo approccio, *Bullettino della Commissione Archeologica del Comune di Roma* 104, 2011 (2013), pp. 119-142.
14. P.Carafa (con G. Azzena, S. Campana, A. Gottarelli), "Il Sistema Informativo Territoriale Archeologico Nazionale – SITAN" in M. Serlorenzi, I. Jovine, SITAR. Sistema Informativa Territoriale Archeologico di Roma. Potenziale archeologico, pianificazione territoriale e rappresentazione pubblica dei dati. Atti del II Convegno, Roma palazzo massimo 9 novembre 2011, Roma 2013, ISBN 978-88-903711-6-5, pp. 41-45.
15. P.Carafa. Le origini di Roma: dati archeologici, ricostruzione storica e la città dell'VIII secolo a.C. in in Archeologia Classica 65, 2014, in corso di stampa
16. P.Carafa (con N. Arvanitis, M. Ippoliti) Un "nuovo" santuario *in summa Sacra via*, in Scienze dell'Antichità 20, 2015, in corso di stampa.
17. P.Carafa (con Andrea Carandini eds.), *Atlas of Ancient Rome Antica*, Princeton University Press 2015 (in press).

Il centro si è fatto anche promotore di eventi di disseminazione della propria attività attraverso l'organizzazione di giornate dedicate ai Beni Culturali, quali:

- Convegno Calce 2011 in collaborazione con FORUM DELLA CALCE
- Convegno "Giorgio Torraca" in collaborazione con I Musei Vaticani e l'Arcotech srl
- Nanoforum 2013
- Soluzioni Innovative per i Beni Culturali: IR imaging and XRF (2013)

Alcuni lavori sono stati presentati in convegni nazionali e internazionali:

1. Russo, C.; Marrocchi, A.; Broggi, A.; Bracciale, M.P.; Santarelli, M.L. "Salt-weathered Heritage sites: a study on the effectiveness of eco-friendly crystallization inhibitors in the presence of protective treatments", *IUPAC 2013 44th World Chemistry Congress*, Istanbul (Turkey), 11-16 August, **2013**.
2. Broggi, A.; Bracciale, M. P.; Santarelli, M. L.; Marrocchi, A.; Kim, C. "Asphaltene components as organic electronic materials: paving future for a greener environment?" *Hybrid and Organic Photovoltaic Conference (HOPV13)*, Seville (Spain), 5-8 May, **2013**
3. Broggi, A. "EU Project Graffitage: development new anti-graffiti", *"Dietro l'Arte con la Scienza" - XIV settimana della Cultura,* Galleria Nazionale d'arte antica di Palazzo Barberini, Rome (Italy),16-17 april, **2012**.

4. Broggi A.; Bracciale M.P.; Santarelli M.L. "A Fast FTIR Analysis for the Identification of Natural Asphalts and Bitumen", *10th Biennial International Conference of the Infrared and Raman Users Group*, Barcelona (Spain), 28-31 March, **2012**.
5. Broggi, A. "Studio dell'azione fotocatalitica di composti cementizi additivati con catalizzatori TX" *Convegnocalce2011 - La lezione dei Romani: durabilità e sostenibilità delle opere architettoniche e strutturali in calce,* Rome (Italy), 2-3 december, **2011**.
6. Alisi, C.; Barup, K.; Bracciale, M.P.; Broggi, A.; Castagnoli, F.; Cecchi, G.; Conti, C.; Hällström, J.; Lognoli, D.; Palombi, L.; Raimondi, V.; Santarelli, M.L.; Sprocati, A.; Svanberg, S. "A spectroscopic study of ancient Roman a fresco fragments from the archaeological site Casa di Augusto at Palatino: towards an on-site multidisciplinary project". *Ninth conference on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONA)*, London (England), 7–10 September, **2011**.
7. Santarelli M.L.; Petrucci E.; Montanaro D.; Bracciale M.P.; Broggi A. "FT-Raman spectroscopy for quantitative analysis of soluble salts" *6th International Congress on the Application of Raman Spectroscopy in Art and Archaeology (RAA 2011)*, Parma (Italy), 5-8 September, **2011**.
8. Di Santo Albertali V.A., Falcone L., Bracciale M.P., Broggi A., Santarelli M.L. "Micro FT-IR mapping of superficial layers on Septimius Severus Arch (Rome, Forum): Evaluation of spatial distribution of calcium oxalate films on cross-sections. TECHNART 2013 - Analytical Spectroscopy in Art and Archaeology, Rijksmuseum, Amsterdam 23-27 settembre 2013

Il potenziamento delle strutture del centro tramite lo sviluppo del Joint-Lab "Cultural Heritage" ha permesso di sviluppare ricerche congiunte con PMI. In particolare, ha potuto coinvolgere nella propria attività l'interesse di aziende che intendono ampliare la propria gamma di prodotti con nuovi materiali idonei ed innovativi e di aziende che sviluppano apparecchiature per indagini archeologiche con metodi non distruttivi. Trattandosi di una tematica trasversale, i settori tecnologici coinvolti sono molto ampi e spaziano da quello informatico a quello dei materiali nano-strutturati. Nel progetto sono state coinvolte attivamente le seguenti industrie nell'area laziale:

CTS Europe (sede Roma)
CBC (sede Roma)
CIM Calci Idrauliche Marcellina (Roma)
CNR – Istituto di Calcolo Applicato (Roma)
Consorzio Conart (Roma)
Cooperativa Fiume Farfa (Rieti)
Arcotech srl
Tecno.El s.r.l.
Severa Marmi s.a.s., Fiuggi
RE.CO (Roma)
Arakne srl (Roma)

E-Geos srl (Roma)
Advanced Materials srl (Bolzano)

In particolare, la CIM-Calci Idrauliche Marcellina ha potuto sviluppare una nuova linea di produzione di calci fotocatalitiche, costituendo un'industria di riferimento per questi prodotti sia a livello nazionale che internazionale.
Le numerose società di restauro e studi di architettura (Reco, CBC, Conart, Arcotech) hanno potuto partecipare a concorsi di progettazione garantendo l'apporto di innovazione tecnologica e d'avanguardia che ha costituito l'elemento di distinzione per la loro affermazione sia nel campo del rilievo che nelle tecniche di restauro innovativo con l'introduzione di materiali nanotecnologici.
L'azienda Advanced Materials ha potuto richiedere un finanziamento nel 2013, in collaborazione con il centro, presso la Regione Trentino Alto-Adige in attesa di approvazione.
Anche le aziende laziali Arakne ed e-Geos hanno potuto di presentare un progetto, congiuntamente al centro, VAL – Valore Aggiunto Lazio (2013) di Sviluppo, che è risultato vincitore nel 2014. Il progetto prevede una quota di 60.000 euro per il centro.
Per incentivare la diffusione della conoscenza delle attività del centro, si è partecipato alla giornata dedicata all'incontro con aziende laziali "Technology Trends: innovarsi per competere" promossi dall'IRFI (azienda speciale della Camera di Commercio di Roma) e organizzato da Sapienza Innovazione.

3. Relazione in merito alla situazione finanziaria degli ultimi 3 anni, al fine di verificare l'equilibrio finanziario ed economico

La situazione finanziaria negli ultimi tre anni ha risentito molto pesantemente della crisi generale che attraversa il nostro Paese in tutti i settori. In particolare l'area della conservazione e restauro del patrimonio culturale ha risentito enormemente della situazione di crisi del settore legato all'edilizia, che specialmente nel Lazio, ha colpito duramente diversi ditte e industrie specializzate. Inoltre, la crisi ha notevolmente ridotto i finanziamenti da parte degli Enti Pubblici e la loro ridotta attività ha di conseguenza ridotto gli incarichi conto terzi verso il centro, che negli anni precedenti aveva invece caratterizzato il lavoro del centro. Primi segnali di superamento della crisi si stanno vedendo nei primi mesi del 2014, con maggiori richieste di collaborazioni.
Nel 2011 il Centro presentava un fondo di cassa iniziale pari a 436 988,96 euro. Durante il 2011 sono incassati € 16.879,41 e pagati € 28.347,54 euro determinando così un lieve decremento della cassa che al 31.12.2011 presentava un saldo di € 425.520,83.
L'anno 2012 ha visto la ripresa delle attività soprattutto quella relativa al progetto finanziato dalla Regione che ha fatto aumentare le entrate e chiaramente anche le

spese. Nel corso dell'anno 2012 sono stati incassati 260.071,82 euro e spesi 594.107,12. Al 31.12. 2012 la cassa presentava un saldo di euro 91.485,54.
Nel 2013 sono stati stipulati alcuni contratti per attività c/terzi relativi a prestazioni tariffate e non che, anche se di importi non elevati, hanno permesso il funzionamento del Centro. Nell'anno 2013 è stato completato il progetto della Regione con l'acquisto di due importanti attrezzature e le spese quindi sono state rilevanti. Le entrate pari a € 25.380,27 non hanno coperto le spese pari a € 69.866,03 e si è quindi avuta un'ulteriore diminuzione del fondo cassa che alla fine del 2013 presentava un saldo di € 46.979,78.

4. Elenco dei finanziamenti ottenuti da istituzioni pubbliche e private, italiane ed estere negli ultimi 3 anni

1. Ministero per i beni e le attività culturali
   Intervento di lettura e valutazione del microclima della volta nel locale di recente crollo al Colosseo
   € 3.600,00
2. Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro
   Roma – Complesso del Vittoriano
   Progetto di ricerca del deterioramento delle superfici del Vittoriano
   € 8.000,00
3. SAPIENZA INNOVAZIONE – Legge regionale Lazio 4/2006
   Riqualificazione Laboratori di ricerca Importo complessivo
   € 257.175,00 nel 2012
4. Soprintendenza speciale beni archeologici di Roma
   Campionatura e caratterizzazione di campioni di intonaci e pigmenti per le volte affrescate della Casina Farnese
   € 4.000,00
5. Edil Ars srl
   Elaborazione dati microambientali nella casa di Augusto
   € 2.700,00
6. Soprintendenza speciale beni archeologici di Roma
   Analisi microclimatico-ambientale del Museo delle Navi Romane di Fiumicino
   € 14.000,00
7. Soprintendenza speciale beni archeologici di Roma
   Palazzo Massimo Sala affreschi villa di Livia – Analisi della situazione conservativa - interpretazione rilevazioni microclima, indicazione degli interventi correttivi
   € 5.000,00

8. Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro
   Studio di sistemi di sostituzione dello strato a cemento del pavimento musivo del peristilio della Villa Romana di Silin (Lebda-Al Khoms-Libia)
   € 20.000,00
9. ARIEM Restauri srl
   Caratterizzazione di un campione proveniente dalla cornice della sacrestia monumentale del Duomo di Tivoli
   € 90,00
10. Calcidrata spa
    Determinazione dell'efficienza del fotocatalizzatore con NO_x e SO_2
    € 1.500,00
11. RE.CO
    Analisi per le teste di Piazza Vittorio
    € 1.568,00
12. TADDEI spa
    Vigna Barberini lavori di consolidamento della volta del lapidario - Commessa G02-12
    € 500,00