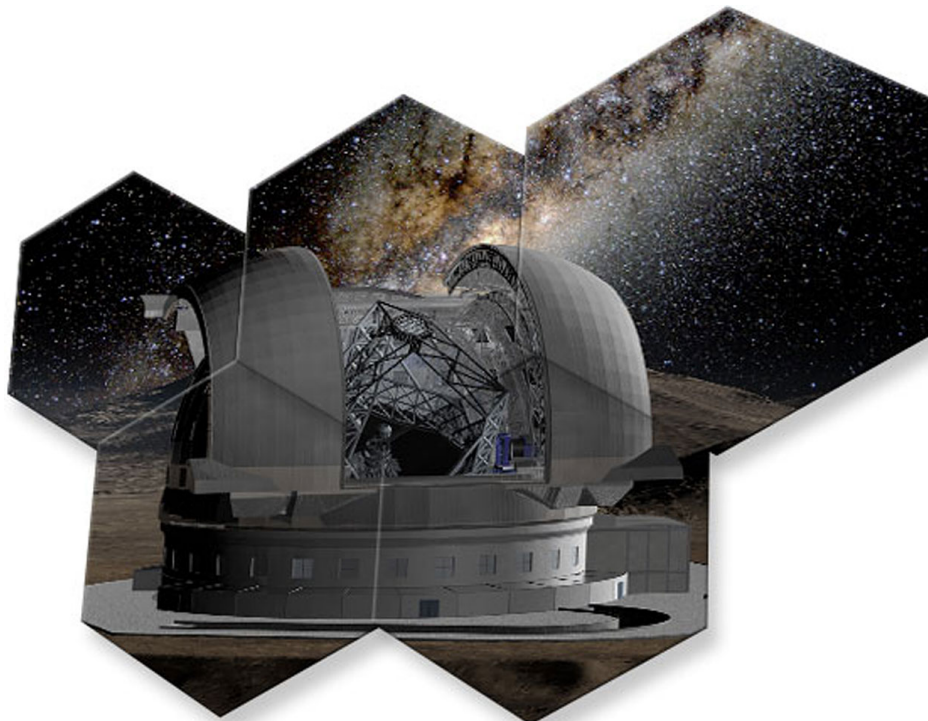




Progetto T-REX: tecnologie italiane per E-ELT, il più grande telescopio del mondo

Linea di intervento:

N.1: Programmi e/o progetti già positivamente valutati, anche da altre Amministrazioni nazionali, o che saranno oggetto di proposta all'interno di programmi europei congiunti e o all'interno di programmi di ricerca, trasferimento tecnologico e incubazione internazionali che consentano di massimizzare il ritorno economico dell'investimento stesso con contestuale aumento di competitività degli enti nel panorama europeo e internazionale.



Visione artistica del telescopio E-ELT (© ESO)

INDICE

1	Coordinatore	3
2	Ambito di afferenza	3
3	Partecipanti al progetto	3
3.1	Partecipanti INAF	3
3.2	Partecipanti esterni	8
3.2.1	Documenti e Lettere di impegno dei partecipanti esterni	11
3.3	Formazione	12
3.4	Governance.....	12
4	Parole chiave proposte	13
5	Obiettivi	13
6	Attività propedeutiche.....	15
7	Articolazione del progetto	16
7.1	OU1: Unità di coordinamento. Management del progetto.	18
7.2	OU2: E-ELT SPECCHI.....	19
7.3	OU3: E-ELT CAMERA.....	21
7.4	OU4: E-ELT HIRES.	25
7.5	OU5: E-ELT MOS.....	27
7.6	OU6. E-ELT PCS.....	28
8	Costo del progetto.....	30
8.1	Ritorni economici	30
9	Stato dell'arte e risultati attesi	31
9.1	Stato dell'arte	31
9.2	Risultati attesi.....	33
10	Elementi e criteri di verifica dei risultati raggiunti.	35

1 Coordinatore

Monica Tosi

INAF – Osservatorio Astronomico di Bologna

Via Ranzani 1, 40127 Bologna

Tel: +39 051 2095759, FAX: +39 051 2095700

Email: monica.tosi@oabo.inaf.it

2 Ambito di afferenza

PHYSICAL SCIENCE AND ENGINEERING	Il Panel PE9 dell'ERC è dedicato interamente alla ricerca scientifica e tecnologica nell'ambito delle scienze astrofisiche e dell'universo. Il progetto T-REX (Telescopio per Raggiungere l'EXtremo) si inserisce nel contesto della realizzazione dello European Extremely Large Telescope (E-ELT). Come indicato dal rapporto ESFRI, E-ELT rappresenta la prima priorità scientifica della comunità astrofisica europea, oltre che dell'INAF (vedasi il Documento di Visione Strategica dell'Ente). E-ELT (e quindi T-REX), con le sue sfide tecnologiche innovative, mirate a consentire scienza di eccellenza nello studio delle prime strutture formatesi dopo il Big Bang, dei processi di formazione galattica, stellare e planetaria, delle popolazioni stellari risolte, della presenza di forme di vita su pianeti extra-solari, si inquadra perfettamente nel contesto di PE9. Pertanto, le tecnologie d'avanguardia che verranno progettate ed applicate in T-REX per la costruzione di specchi e strumenti da montare su E-ELT, rientrano esplicitamente e naturalmente anche nell'ambito degli interventi prioritari e di rilevanza strategica per il Paese dei Dispositivi sensoriali. Inoltre, i risultati prodotti tecnologici potranno avere ricadute significative nell'ambito di Made in Italy, Spazio, Salute, Energia Pulita, Azioni per il clima, come già accaduto in passato per prodotti nati a scopi astronomici e successivamente applicati in altri settori, anche di grande impatto commerciale, dalle lenti di Galileo alle camere fotografiche digitali.
-------------------------------------	--

3 Partecipanti al progetto

3.1 Partecipanti INAF

Monica Tosi INAF OA-Bologna	Coordinatore e Responsabile Unità Operativa 1 (coordinamento) <i>Monica Tosi, Vice-Presidente dell'INAF, è una astrofisica specializzata nello studio delle popolazioni stellari e dell'evoluzione delle galassie. Chair e membro di numerosi comitati internazionali, fra cui il Panel PE9 dell'ERC, l'OPC e il Comitato Ristretto ESRC dell'ESO, ha conoscenza approfondita di ESO e del progetto E-ELT. È coordinatore del progetto premiale T-REX approvato a seguito del bando 2011.</i>
--------------------------------	---

CV: Laureata nel 1978 in Matematica (indirizzo astronomico) presso l'Università la Sapienza di Roma (110/110 e lode), PostDoc presso lo Yale Astronomy Department (New Haven, USA), Associate Astronomer presso ESO, Visiting Astronomer presso lo Space Telescope Science Institute (Baltimore, USA.) della NASA, Astronomo Ordinario presso l'OA di Bologna, M. Tosi si occupa di vari aspetti riguardanti l'evoluzione delle galassie. In questi settori ha sviluppato tecniche di ricerca pionieristiche e di notevole successo a livello internazionale, come testimoniato dai numerosi inviti a tenere *reviews* a congressi internazionali e su prestigiose riviste internazionali. Ha pubblicato circa 130 articoli scientifici originali (di cui 24 negli ultimi tre anni) su riviste con referee e più di 200 contributi a congressi internazionali. Questi articoli hanno avuto più di 5000 citazioni in letteratura,

corrispondenti ad un H-index di 40. È stata relatore di tesi di laurea e di dottorato in Astronomia presso l'Università di Bologna e membro per 5 anni del suo Collegio dei Docenti. Ha coperto numerosi incarichi di responsabilità a livello nazionale e internazionale, fra cui per brevità si citano solo quelli più pertinenti al presente progetto: referee per le assegnazioni di fondi a progetti di ricerca per Enti stranieri e internazionali (NATO, NSF USA, Cilena e Svizzera); membro del comitato PE9 per l'assegnazione delle ERC Grants dell'Unione Europea; *chair di panel* per il *Time Allocation Committee* dell'Hubble Space Telescope; *chair di panel* per il comitato (OPC) per l'assegnazione del tempo ai telescopi ESO e *chair* dell'intero OPC nel 2008; membro e poi *chair* del *Visiting Committee* dello Space Telescope Science Institute (NASA) di Baltimora (USA) dal 2007 a oggi; membro dell'E-ELT Standing Review Committee dell'ESO dal 2006 al 2011; membro e poi *chair* del Consiglio Scientifico dell'INAF dal 2008 al 2011; *referee* per l'ANVUR dal 2012; membro del CdA e Vice-Presidente dell'INAF dal 2011.

Giovanni Pareschi INAF OA-Brera	Responsabile Unità Operativa 2 (specchi) e membro Unità 1 (coordinamento) <i>Di Formazione Astronomica, Giovanni Pareschi ha all'attivo 15 anni di esperienza nel settore delle tecnologie astronomiche e strumentazione astronomica di punta sia in ruoli tecnici (Project Manager in diversi progetti di sviluppo tecnologico ESA e ASI) che in ruoli di coordinazione scientifica (Project Scientist nella missione SIMBOL-X, PI del progetto CTA/ASTRI) e strategia (è stato tra l'altro coordinatore nazionale della Macro Area "Tecnologia e Strumentazione Astronomica" di INAF). È Direttore dell'Osservatorio astronomico di Brera. Titolare di corso all'Università dell'Insubria, per questo progetto contribuirà anche alla formazione di giovani scienziati e tecnologi.</i>
------------------------------------	--

CV: Laurea in Astronomia all'Università di Bologna nel 1992 e Dottorato di Ricerca in Fisica con indirizzo Astrofisico presso l'Università di Ferrara, post-doc fellow del CNR (presso l'Università di Ferrara) e ESA (presso il Danish Space Research Institute). Dal 1998 è ricercatore presso l'Osservatorio di Brera, svolgendo attività nel gruppo di Tecnologie Ottiche fondato da O. Citterio. È autore di numerose pubblicazioni scientifiche e di presentazioni ad invito in congressi internazionali, riguardanti soprattutto strumentazioni innovative per Astronomia e le tecnologie associate. Ha partecipato o partecipa a importanti programmi internazionali, come INTEGRAL/JEM-X, NHXM/SIMBOL-X (Project Scientist nominato da ASI), IXO/ATHENA (membro del Telescope Working Group), MAGIC (responsabile INAF per la produzione degli specchi) e CTA (membro del Project Committee). È il PI del progetto bandiera INAF-ASTRI finanziato dal MIUR per lo sviluppo di tecnologie da utilizzare in CTA. Ha ricoperto numerosi incarichi in *board* nazionali e internazionali. Dal 2006 al 2009 ha coordinato la macroarea "Tecnologia e Strumentazione di INAF", mentre dal 2007 al 2011 è stato membro del Tavolo Bilaterale INAF/ASI per la programmazione delle attività scientifiche comuni tra i due enti. Dal 2008 è Direttore dell'Osservatorio Astronomico di Brera.

Emiliano Diolaiti INAF OA-Bologna	Responsabile Unità Operativa 3 (camera) e membro Unità 1 (coordinamento) <i>Emiliano Diolaiti è un esperto tecnologo, specializzato nelle tecniche per l'ottica adattiva. Grazie a questa esperienza è il PI di MAORY, il modulo per ottica adattiva che dovrebbe essere quanto prima approvato da ESO (vedi lettera allegata) per essere applicato ad E-ELT fin dalle prime osservazioni.</i>
--------------------------------------	---

CV: Laureato in Astronomia nel 1997 presso l'Università di Bologna, PhD presso la stessa Università con una tesi su un pacchetto software innovativo per l'analisi di dati scientifici ottenuti con ottiche adattive, è ricercatore presso INAF – OA di Bologna. Ha collaborato alla progettazione e alla realizzazione di strumentazione ottico-infrarossa per i telescopi VLT (dimostratore di ottica adattiva multi-coniugata MAD) e LBT (Large Binocular Camera, interferometro con ottica adattiva LINC-NIRVANA). È stato principal investigator del progetto Infrared Test Camera per LBT. Dal 2005 collabora agli studi della strumentazione per E-ELT. È stato principal investigator dello studio di fase-A del modulo di ottica adattiva multi-coniugata MAORY per E-ELT e attualmente coordina le attività preparatorie in previsione delle fasi successive del progetto. Da alcuni anni si occupa dello studio di soluzioni ottiche innovative per concentratori solari utilizzati in applicazioni energetiche da fonti rinnovabili. Autore o co-autore di oltre 140 pubblicazioni e 50 rapporti tecnici. Supervisore di tesi di laurea e di dottorato di ricerca presso l'Università di Bologna.

Livia Origlia INAF OA-Bologna	Responsabile Unità Operativa 4 (HIRES) <i>Livia Origlia è una astrofisica di grande esperienza sia scientifica che tecnologica, specializzata in spettroscopia ad alta risoluzione (HiRes). Grazie a questa esperienza è la PI di SIMPLE, lo spettrografo HiRes proposto ad ESO nella fase A della selezione degli strumenti per E-ELT. È attualmente figura trainante a livello europeo nella definizione del consorzio internazionale che presenterà la nuova proposta per HiRes.</i>
CV: Laurea in fisica nel 1987 all'Università di Torino; Ph. D. in Astronomia; Student-Fellow a ESO-Garching nel 1989-1990; Ricercatore all'Osservatorio Astronomico di Torino prima e di Bologna poi, Primo Ricercatore dal 2009. Astronomo Visitatore per periodi di 1-3 mesi presso importanti istituti scientifici internazionali quali l'ESO, STScI e varie università americane. Membro di diversi comitati per l'assegnazione di tempo di osservazione ai maggiori telescopi nazionali ed internazionali. Membro del Scientific & Technical Committee di LBT, membro del Science Team di alcuni progetti strumentali per VLT (XShooter, MOONS) e per E-ELT (Harmoni). Principal Investigator di due progetti strumentali, GIANO per il telescopio Nazionale Galileo e SIMPLE per il futuro Extremely Large Telescope dell'ESO. Tematiche di Ricerca: evoluzione stellare e delle galassie, chimica e dinamica degli ammassi stellari, astronomia e tecnologia infrarossa. È autore di 192 pubblicazioni, di cui 92 su riviste internazionali con referee. Di queste, 13 negli ultimi 3 anni. Dalle citazioni risulta un H-index di 33 (vedi ADS).	

Bianca Garilli INAF IASF-Milano	Responsabile Unità Operativa 5 (MOS) e membro Unità 1 (coordinamento) <i>Bianca Garilli è una astrofisica di grande esperienza sia scientifica che tecnologica, specializzata in spettroscopia multi-oggetto (MOS). Ha partecipato ad alto livello ai maggiori progetti tecnologici MOS italiani.</i>
CV: Laureata in Fisica nel 1983, dal 2001 è ricercatore di ruolo c/o Istituto di Fisica Cosmica, Milano, e dal 2002 Primo Ricercatore. Ricercatore ospite c/o CfA, High Energy Division, Cambridge, USA (1984, 1985, 1986), ESO (1992, 1993), Laboratoire d'Astrophysique de Marseille(2011). La sua attività di ricerca si è sviluppata su due filoni paralleli e complementari: un filone scientifico propriamente detto, ed un'attività di ricerca tecnologica, cominciata dallo sviluppo di software ed ampliata in partecipazione alla costruzione di strumenti per telescopi terrestri e spaziali. La sua partecipazione a tali attività si è andata evolvendo nel tempo, da ruolo di partecipante, a ruoli sempre più di responsabilità che implicano il coordinamento di gruppi di ricerca sia interni all'Istituto, che nazionali, che internazionali. I principali argomenti e progetti di cui si è occupata sono: a) Attività Scientifica: Emissione X da Nuclei Galattici Attivi, in particolare oggetti BL Lac, Formazione ed Evoluzione delle galassie e struttura a grande scala, inizialmente con piccoli campioni fotometrici e spettroscopici, ed in seguito utilizzando i dati delle survey cosmologiche VVDS Deep Wide e UltraDeep, zCOSMOS, MASSIV, VIPERS, VUDS. b) Sviluppo di Software Scientifico: programmi di riduzione ed analisi dati spettroscopici nel visibile e nel vicino infrarosso, progetti UE CosmoLab ed Euro3 , progetto UE-OPTICON Future Astronomical Software Environment, LBT LUCIFER Italian Data Reduction Center. c) Attività Strumentale: VIRMOS, KMOS2, EUCLID-NISP, OPTIMOS-DIORAMAS, VIMOS NIR upgrade, MOONS. La sua esperienza sia tecnologica, nello sviluppo di software astronomico anche nell'ambito di costruzione di strumenti, e di ricerca astronomica trovano la loro naturale applicazione in un progetto come T-REX, che si prefigge di sviluppare le tecnologie, competenze e capacità necessarie alla realizzazione di strumenti per E-ELT. Ha un'ampia esperienza nella progettazione e/o costruzione di strumenti MOS per il VLT (VIRMOS, KMOS, MOONS) e E-ELT (OPTIMOS Dioramas), soprattutto nell'ambito del software di preparazione e riduzione dati. Le sue competenze ed interessi scientifici sono incentrate proprio sulle grandi survey spettroscopiche che necessitano di strumenti di tipo MOS. L'insieme di questi due ambiti di interesse la rendono una persona ideale per occuparsi degli aspetti <i>scientific and user oriented software</i> legati alla progettazione dei grandi spettrografi del futuro. Ha rivestito il ruolo di Instrument Scientist durante la fase A dello strumento KMOS2@VLT e OPTIMOS Dioramas@E-ELT. Attualmente per lo strumento MOONS@VLT di ESO è responsabile per il fiber positioning optimization code. È primo autore di 16 articoli su riviste internazionali con referee e co-autore di altri 156 articoli, che globalmente hanno ricevuto più di 7500 citazioni, corrispondenti ad un H-index di 47.	

Raffaele Gratton INAF OA-Padova	Responsabile Unità Operativa 6 (PCS) e membro Unità 1 (coordinamento) <i>Raffaele Gratton è un astrofisico di fama mondiale, con profonda esperienza sia scientifica che tecnologica, specializzato in spettroscopia ad alta risoluzione di popolazioni stellari risolte e ora impegnato anche nella ricerca di pianeti extra-solari. Grazie a questa esperienza è il Project Scientist di PCS, lo strumento di fase A già approvato da ESO per E-ELT, che rappresenta la più difficile sfida tecnologica di quell'impresa. Titolare di corso all'Università di Padova, per questo progetto contribuirà anche alla formazione di giovani scienziati e tecnologi.</i>
------------------------------------	---

CV: Astronomo ordinario presso l'Osservatorio Astronomico di Padova dell'INAF, è internazionalmente riconosciuto come uno dei maggiori esperti negli studi sulla composizione chimica delle popolazioni stellari. Negli ultimi anni ha anche avuto un ruolo importante nello studio dei pianeti extra-solari. A questo scopo ha disegnato e costruito insieme al suo gruppo il primo spettrografo ad alta risoluzione interamente italiano per il Telescopio Nazionale Galileo ed è coinvolto come *instrument scientist* della parte italiana di SPHERE e di EPICS, i Planet Finders per il VLT e l'E-ELT dell'ESO. È stato uno dei promotori del gruppo GAPS per lo sfruttamento scientifico di HARPS-N al TNG. Ha svolto attività didattica presso l'Università di Roma, Padova e Catania, tenendo corsi su Spettrografi ed Atmosfere Stellari, e seguendo numerose tesi di Laurea e nove tesi di Dottorato; ha diretto una Scuola Nazionale di Astrofisica ed ha partecipato come docente a diverse scuole nazionali ed internazionali. È stato membro del Comitato di Consulenza Scientifica dell'INAF e del Scientific Technical Committee dell'ESO. Per E-ELT ha anche lavorato nel ESE e nel Science Working Group. Nell'INAF è stato responsabile dell'Unità Operativa Telescopi Nazionali e dell'Unità Operativa Programmazione. È uno degli astronomi italiani più citati al mondo: i suoi circa 500 articoli - di cui oltre 200 su riviste internazionali con *referee* e 50 solo negli ultimi 3 anni - hanno raccolto oltre 12000 citazioni. Il suo H-index è 57 (vedi ADS).

Stefano Cristiani INAF OA-Trieste	Membro Unità Operativa 4: HIRES <i>Stefano Cristiani è l'incaricato della Direzione Scientifica INAF per tutte le problematiche connesse allo strumento HIRES di E-ELT. Grazie alla sua competenza nel campo della spettroscopia è stato membro, anche con ruoli di responsabilità, di diversi consorzi che hanno costruito strumenti a ESO di grande successo.</i>
--------------------------------------	--

CV: Astronomo Ordinario presso INAF-Osservatorio Astronomico di Trieste dal 2002 e membro del consiglio di amministrazione dell'INAF dal 2011, è Co-I del progetto ESPRESSO (Echelle Spectrograph for Rocky Exoplanets and Stable Spectroscopic Observations) per l'ESO-VLT ed è stato un membro del team scientifico e del comitato esecutivo del progetto CODEX (Cosmic Dynamics EXperiment) per l'E-ELT. Nella sua carriera ha lavorato anche presso l'ESO (Fellow, Staff, Associate), sia presso la sede centrale di Garching che in Cile, e presso l'Università di Padova (Ricercatore e Professore Associato), ed ha acquisito una vasta esperienza nella progettazione, costruzione e gestione di strumenti e telescopi, dall' ESO/MPI 2.2m a EFOSC, OPTOPUS, FORS, UVES, X-Shooter, ESPRESSO. Ha servito come *referee* per varie riviste e per istituti di ricerca in UK, Francia, Stati Uniti e per l'ESO, nel caso più recente per il comitato scientifico ESO di valutazione "Disegno di uno strumento o un sistema spettroscopico multi-oggetto" (2011). I principali settori della sua ricerca sono: astronomia extragalattica, cosmologia, formazione ed evoluzione delle galassie, struttura a larga scala, quasar, metodi avanzati di analisi dei dati; è autore di 178 articoli referati su questi temi (indice H=53,5 nel gennaio 2013).

Ernesto Oliva INAF OA-Arcetri	Membro Unità Operativa 1 (coordinamento) e 4 (HIRES) <i>Ernesto Oliva è un astrofisico di grande esperienza sia scientifica che tecnologica, specializzato nella spettroscopia ad alta risoluzione. Grazie a questa esperienza ha partecipato in ruoli di responsabilità a numerosi progetti e comitati internazionali, fra cui project manager di SIMPLE, lo spettrografo HiRes proposto ad ESO nella fase A della selezione degli strumenti per E-ELT. È attualmente figura trainante a livello europeo nella definizione del consorzio internazionale che presenterà la nuova proposta per HiRes.</i>
----------------------------------	---

CV: Laureato in Astronomia *cum laude* nel 1980 presso UniBo, Fellow all'Università di Firenze; 1982-1985, Astronomo a tempo determinato presso ESO, Garching bei Muenchen(D), 1985-1995 Astronomo Ricercatore

presso l'Osservatorio di Arcetri, Firenze (I), dal 1995 Primo Ricercatore/Tecnologo presso INAF-Osservatorio di Arcetri, Firenze (I), 2000-2008 Direttore del Telescopio Nazionale Galileo (TNG), La Palma, (E), 1997-1998 Membro del comitato assegnazione tempo per il satellite ESA-ISO, 1999-2001 Membro del comitato assegnazione tempo per i telescopi ESO, 2005-2006 Membro del comitato assegnazione tempo per il telescopio spaziale, 1988-1992 Membro del comitato tecnico del TNG, 1992-2000 Presidente del gruppo scientifico per NICS-TNG (camera-spettrometro infrarosso), 1992-1998 Membro del gruppo scientifico per AdOpt-TNG (sistema ottica adattiva), 1994-2001 Presidente del gruppo scientifico per ISAAC-VLT-ESO (camera-spettrometro infrarosso), 2001-2003 Project Manager dell'intervento di rinnovamento dello strumento NICS-TNG, dal 2004 Project Manager and Project Engineer dello strumento GIANO-TNG, 2007-2011 Project Manager and Project Engineer del progetto strumentale SIMPLE-E-ELT, dal 2011 Co-PI del progetto strumentale MOONS (Infrared MOS spectrograph) per ESO-VLT, dal 2011 CoPI del progetto di rinnovamento dello spettrometro CRIRES-VLT-ESO, 2001-2008 Membro del consiglio di amministrazione di OPTICON-TD (programma della EU), 2006-2010 Membro del consiglio di amministrazione della European Astronomical Society. Campi di lavoro ed interessi: Astrofisica teorica ed osservativa: Righe spettrali: meccanismi di formazione, trasporto e parametric atomici, Abbondanze chimiche e condizioni fisiche di nebulose gassose ed involucri stellari, Abbondanze chimiche in fotosfere stellari; spettri sintetici di stelle fredde e nane bianche, Popolazioni stellari in ammassi di stelle e galassie, Formazione stellare violenta in galassie e la sua relazione con nuclei galattici attivi. Strumentazione astronomica ed analisi dati: Studio ed installazione di sistemi di correzione per il puntamento e l'inseguimento di telescopi, Sviluppo ed ottimizzazione di sistemi per l'analisi di dati spettroscopici infrarossi, Sviluppo di sistemi di controllo ed interfacce utenti per strumentazione astronomica, Disegno ottico di spettrografi ottici ed infrarossi, Costruzione e caratterizzazione di strumentazione infrarossa. Management: Gestione e prioritizzazione delle esigenze scientifiche, tecniche ed amministrative in osservatori astronomici ad accesso internazionale, Organizzazione, supervisione e prioritizzazione delle attività per la costruzione di strumentazione scientifica. Pubblicazioni: 177 articoli su riviste specializzate, 24 articoli negli ultimi 3 anni, indice H = 42.

Roberto Ragazzoni INAF OA-Padova	Membro Unità Operativa 1 (Coordinamento) e 3 (camera) <i>Numere tutelare di progetti italiani di tecnologie astronomiche innovative, è conosciuto ed apprezzato in tutto il mondo per le sue idee tecnologicamente rivoluzionarie e per il successo delle sue realizzazioni. Per la sua riconosciuta competenza è membro di moltissimi comitati ESO. È anche esempio di quanto un astrofisico possa fornire applicazioni in settori assai diversi, come ad esempio l'oftalmologia. Titolare di corso all'Università di Padova per questo progetto contribuirà anche alla formazione di giovani scienziati e tecnologi.</i>
CV: Laureato in Astronomia nel 1990 con 110/110 con lode all'Università di Padova, Ricercatore Astronomo presso l'Osservatorio Astronomico di Padova, poi Scholar Research in Astronomia a Tucson, University of Arizona, dal 2001 Astronomo Ordinario presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, nel 2002 vincitore della "Wolfgang Paul Prize" della Alexander von Humboldt, dal 2006 Astronomo Ordinario all'Osservatorio Astronomico di Padova. Nel periodo dal 1985 al 1989 lavora presso la Ditta CSA di Rovigo per lo sviluppo di sistemi di automazione per il controllo di acquedotti ed impianti di bonifica. Tra il 1990 ed il 1992 lavora presso il Consorzio Padova Ricerche per lo sviluppo del sistema di Ottica Attiva del Telescopio Nazionale Galileo. Concepisce il disegno della Wide Angle Camera su Rosetta, poi realizzato, che tuttora vola nel Sistema Solare alla volta di una cometa. Nel 1995 svolge un anno di ricerca in Stati Uniti dove inventa il sensore di fronte d'onda a piramide. Tra il 1995 ed il 1998 è responsabile della realizzazione del primo sistema di Ottica Adattiva in Italia che viene montato al Telescopio Nazionale Galileo. È responsabile dell'allineamento del Telescopio Nazionale Galileo alle Canarie e si occupa di propagazione di fasci laser in atmosfera. Nel 2000 pubblica su Nature la prima misura di turbolenza dell'atmosfera a tre dimensioni ed inventa il sistema di correzione della turbolenza atmosferica denominato "layer oriented". Concepisce i correttori di Primo Fuoco per il telescopio LBT (il Grande Telescopio Binoculare) in Arizona, al 25% di proprietà italiana. Costruisce il sistema di correzione della turbolenza atmosferica denominato MAD e nel 2007 questo funziona con successo al Very Large Telescope, il più grande telescopio Europeo attualmente esistente, sito sulle Ande Cilene. È responsabile dell'allineamento del telescopio italiano a grande campo VST, sempre in Cile. È inventore e detentore di un brevetto per l'analisi delle aberrazioni dell'occhio umano. Dal 2003 è responsabile dell'interferometro denominato NIRVANA per il telescopio LBT in Arizona, collaborazione tra l'Italia e la Germania. Tiene dal 2004 il Corso di "Laboratorio di	

Astrofisica I” presso l’Università degli Studi di Padova nell’ambito del Corso di Laurea in Astronomia. Ha tenuto dal 2006 al 2008 il Corso “Strumenti Ottici e loro evoluzione storica” presso la stessa Università nell’ambito del Corso di Laurea in Oftalmologia. È autore di oltre 300 pubblicazioni, di cui un centinaio su riviste internazionali con referee.

Filippo Maria Zerbi INAF OA-Brera	Membro Unità Operativa 1 (coordinamento) e 2 (specchi) <i>Filippo Zerbi è a capo dell'Ufficio per le Infrastrutture da Terra della Direzione Scientifica dell'INAF. Tecnologo di grande esperienza, ha contribuito in maniera determinante al successo di molti strumenti costruiti per ESO. La sua affidabilità e il suo prestigio sono alla base della assegnazione all'Italia della costruzione dello specchio adattivo M4 per E-ELT da parte di ESO e della corrispondente assegnazione finanziaria a ditte italiane e a INAF (vedi contratto allegato). Titolare di corso all'Università dell'Insubria, nel corso di questo progetto contribuirà anche alla formazione di giovani scienziati e tecnologi.</i>
CV: Laureato in Fisica nel 1993 presso l’Università di Pavia (110/110 con lode), Dottore di Ricerca in Astronomia nel 1998. Dal 2007 è Primo Ricercatore presso l’INAF Osservatorio Astronomico di Brera. Attivo nel campo della Astrofisica Stellare (Astrosismologia), della Astrofisica delle Alte Energie (GRBs) e dello studio e sviluppo di strumentazione astronomica, è stato Principal Investigator del progetto REM (2000-2005), responsabile tecnico nazionale della partecipazione Italiana a MIRI per JWST (2000-2003), Project Manager Nazionale dello spettrografo X-shooter per VLT (2002-2009), coordinatore di una attività integrata (nuovi materiali e processi) del progetto EU OPTICON (2004-oggi), componente dell’ Instrument Project Office di E-ELT presso ESO (2006-2010), System Engineer del progetto CODEX per E-ELT (2008-2010), responsabile tecnico dello spettrografo NISP per la missione ESA-Euclid (2008-2011), System Engineer dello spettrografo ESPRESSO per VLT (2009-oggi). È attivo in seno ad INAF con incarichi di strategia e/o coordinamento. Membro del gruppo istruttorio strumentazione TNG (2001), membro del comitato tecnico-scientifico del Dipartimento 3 INAF (2002-2005), rappresentante Italiano presso l’LBT Tiger-Team (2003-2005), responsabile del “Servizio Infrastrutture e Laboratori Nazionali” del Dipartimento Progetti INAF (2005-2008). Membro del Nucleo Tecnico Scientifico del Distretto Aerospaziale Lombardo (2009-oggi). Attualmente è il responsabile dell’Ufficio per le infrastrutture da terra della Direzione Scientifica dell’INAF. È relatore di tesi di Laurea presso Atenei dell’area milanese e di 9 tesi di dottorato presso Atenei Italiani, Europei e USA. È Autore o co-autore di 256 Pubblicazioni elencate in NASA-ADS.	

Ai principali partecipanti sopra elencati, si aggiungono altri 90 ricercatori e tecnologi INAF, distribuiti nelle seguenti strutture: Osservatorio Astrofisico di Arcetri (di seguito OAA), Osservatorio Astronomico di Bologna (OABo), Osservatorio Astronomico di Brera (OABr), Osservatorio Astronomico di Capodimonte-Napoli (OACN), Osservatorio Astronomico di Catania (OAct), Osservatorio Astronomico di Padova (OAPd), Osservatorio Astronomico di Roma (OARm), Osservatorio Astronomico di Trieste (OATs), Istituto di Astrofisica Spaziale di Bologna (IASF-Bo), Istituto di Astrofisica Spaziale di Milano (IASF-Mi).

Si sottolinea l’alta percentuale di donne responsabili delle Unità Operative (3 su 6) e partecipanti alle varie attività. Fra le partecipanti, anche una dei giovani cervelli rientrati, dirigente di ricerca INAF e responsabile di uno dei WP di OU3. Si sottolinea altresì la forte presenza di giovani al di sotto dei 35 anni di età, già fra i partecipanti, ma soprattutto da inserire attraverso il programma di formazione, con laureandi, dottorandi e assegnisti di ricerca.

3.2 Partecipanti esterni

Bruno Marano Università di Bologna	<i>Bruno Marano è stato membro del Senato Accademico di UniBo e ultimo Preside della Facoltà di Scienze. È stato componente e poi presidente dello Scientific Advisory Committee di LBT. È rappresentante italiano uscente nel Council dell'ESO, dove è stato anche componente e presidente dello Scientific Strategy W.G. È titolare del Corso di Laboratorio di Astrofisica presso la Laurea Magistrale in Astrofisica e Cosmologia di UniBo, nonché componente del Collegio dei Docenti del Dottorato in Astronomia. Suo ruolo specifico sarà quello di coordinare le attività di formazione</i>
---------------------------------------	---

	<i>(dottorandi e laureandi) di questo progetto.</i>
CV: Laureato in Fisica con lode presso l'Università di Bologna nel 1969, Astronomo Ordinario dal 1987 e Professore Ordinario presso UniBo dal 1998, ne è stato componente del Senato Accademico (2004-2008 e 2010-2012) e Preside della Facoltà di scienze (2010-2012). Docente del Collegio Superiore di UniBo. È stato titolare di numerosi corsi e tiene ora quello di Strumentazione per l'Astrofisica della Laurea Magistrale. Relatore di più di 50 tesi di Laurea e supervisore di circa 15 tesi di dottorato. Direttore dell'Osservatorio Astronomico di Bologna dal 1988 al 2000. Direttore del Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna dal 2000 al 2006. Componente eletto del CRA (Consiglio per le Ricerche Astronomiche, Murst) (1991-1999), Comp. di Consiglio Direttivo e Giunta del Consorzio Nazionale di Astronomia e Astrofisica (1999-2001), Coordinatore Nazionale di due progetti PRIN, Comp. della Commissione Bilancio dell'Università di Bologna (2005-8). Delegato italiano nel Council dell'European Southern Observatory (2003-2013), è stato Presidente dello Scientific Strategy Working Group di ESO (2007-2010. componente dal 2003) e membro dello Users Committee dell'ESO (presidente nel biennio 1988-89), Scientific Technical Committee dell'ESO (1993-97), Componente dello Scientific Advisory Committee del progetto Large Binocular Telescope; presidente dallo stesso dal 1995 al 2000. La sua attività scientifica riguarda lo studio della struttura su grande scala dell'Universo, superammassi di galassie vicini (Perseo, Linx-Gemini) e loro proprietà statistiche generali; studio di un campione completo di galassie lontane (progetto VIRMOS/VLT/ESO), ricerca degli Ammassi globulari della Galassia di Andromeda e studio della loro cinematica, al fine di ricavare la massa totale della galassia, ricerca di campioni completi di QSO, studio multibanda (ottico, X, radio) di campioni profondi, evoluzione cosmologia dei QSO e loro contributo al fondo X molle, sviluppo di telescopi di nuova generazione. Ha pubblicato 141 articoli, di cui circa 100 su riviste con referee ed ha un H index (desunto da ADS) di 39.	

Alessandro Marconi Università di Firenze	<i>Alessandro Marconi è Chair del Science and Technology Committee (STC) dell'ESO ed è titolare del Corso di Astrofisica nel Corso di Laurea in Fisica, Indirizzo Astronomico, dell'Università di Firenze. Contribuirà al Progetto grazie al suo ruolo all'interno di ESO e all'attività di formazione (laureandi e dottorandi).</i>
CV: Laureato in Fisica nel 1993 presso l'Università di Firenze. Dal 1996 al 1997 è stato assistente di ricerca allo Space Telescope Science Institute. Ha ottenuto il titolo di Dottore di Ricerca a Firenze nel Maggio 1998 e la sua tesi di dottorato è stata premiata con il premio Livio Gratton nel 1999. Dall'ottobre 1997 all'ottobre 2006 è stato ricercatore presso l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri (INAF). Dal novembre 2006 è professore associato di astronomia e astrofisica presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze. L'attività di ricerca di AM è basata su spettroscopia e fotometria in ottico e infrarosso, principalmente con Hubble Space Telescope e con i telescopi dello European Southern Observatory (ESO). Negli ultimi anni si è occupato di interferometria ottica con l'interferometro del VLT (VLTI). Gli argomenti della sua attività di ricerca sono: buchi neri supermassivi nei nuclei galattici (BH; misure di massa, relazioni con galassia ospite e con attività AGN); nuclei galattici attivi (AGN; stato fisico della Broad e della Narrow Line Region); osservazioni interferometriche di AGN con VLTI (toro oscurante, Broad Line Region ed il buco nero supermassivo); abbondanze di metalli in galassie starburst ed evoluzione cosmologica della relazione massa-metallicità. A tutto il 2012, AM ha pubblicato 116 articoli su riviste internazionali con referee. Secondo il database ISI Web of Knowledge le sue pubblicazioni con referee hanno ricevuto 5100 citazioni in 3480 articoli (escludendo le autocitazioni). Ciascuno articolo ha quindi ricevuto una media di circa 44 citazioni con un H-index di 37. Negli ultimi anni, ha ricevuto oltre 20 inviti per seminari o presentazioni in congressi internazionali. È o è stato membro di diversi comitati internazionali; in particolare nel 2009 è stato nominato rappresentante italiano allo Scientific and Technical Committee (STC) dell'European Southern Observatory (ESO) e dal 2012 è anche stato nominato presidente (chair) dello stesso comitato. Marconi tiene il corso di "Introduzione all'Astrofisica" al terzo anno della laurea triennale, il corso di "Cosmologia" della Magistrale ed il corso di "Fisica delle Galassie". È membro del collegio dei docenti del dottorato e responsabile per l'indirizzo di Astronomia.	

Università degli Studi di Bologna	L'Università degli Studi di Bologna (UniBo), fondata nel 1088, è la più antica del mondo occidentale. Nell'Ateneo di Bologna l'insegnamento dell'Astronomia è documentato esistere, senza interruzioni, da 730 anni. La sezione di Astronomia del Dipartimento di Fisica e Astronomia conta circa 20 docenti. Sono attivi una laurea triennale in Astronomia, una laurea Magistrale in Astrofisica e Cosmologia, un dottorato in Astronomia, che fino ad oggi ha bandito almeno 3 borse all'anno, più spesso 6. Nella ricerca e nella didattica avanzata esiste una profonda integrazione con le strutture dell'INAF. In tale quadro la componente universitaria partecipa a una varietà di progetti sia di ricerca che di sviluppo strumentale nel radio, nell'ottico, nell'X. Con riferimento alle attività recenti più vicine all'astronomia ottica, ha collaborato alla realizzazione di un modulo di Nirvana, per LBT ed ha partecipato al progetto FP7, guidato da ESO, "EELT preparation", con uno specifico ruolo nell'ambito dello studio del sistema di Ottiche Adattiva.
Università degli Studi di Firenze	L'Università degli studi di Firenze (UniFi) è una delle più grandi organizzazioni per la ricerca e la formazione superiore in Italia, con circa 2.000 docenti e ricercatori strutturati, circa 1.600 tecnici e amministrativi, e circa 1.900 dottorandi e assegnisti. UniFi ha un'offerta didattica molto vasta che si estende a tutte le aree disciplinari con dodici facoltà, 139 corsi di laurea (di primo e secondo livello), una popolazione complessiva di circa cinquantaquattromila iscritti, un quarto dei quali proviene da fuori regione. UniFi si è recentemente ristrutturata in 24 dipartimenti, tra cui il Dipartimento di Fisica e Astronomia che offre i tre livelli di formazione in Astronomia con la laurea triennale in Fisica e Astronomia, la laurea magistrale in Scienze Fisiche e Astrofisiche (con il curriculum in Astrofisica), ed il dottorato di ricerca in Fisica e Astronomia (con l'indirizzo in Astronomia). Mediamente ogni anno ci sono tra 5 e 10 laureati magistrali nell'indirizzo astrofisico e 2-3 dottorandi nell'indirizzo di Astronomia. Sia la laurea magistrale che il dottorato di ricerca si avvalgono di una stretta collaborazione con gli astronomi dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri dell'INAF, a cui sono ufficialmente assegnati diversi corsi semestrali, e che fanno parte del collegio dei docenti del dottorato. Il Dipartimento di Fisica e Astronomia è inoltre strettamente legato al LENS, il Laboratorio Europeo di Spettroscopia Non-Lineare, centro di eccellenza di UniFi, con cui sono in atto moltissime collaborazioni tra cui quella legata allo sviluppo del <i>Laser Comb</i> Infrarosso per HIRES.
Università degli Studi dell'Insubria	L'Università degli Studi dell'Insubria è stata istituita il 14 luglio 1998 e ha la particolarità di essere una delle prime Università italiane a sperimentare un nuovo modello organizzativo, presentando l'originale sistema a rete di tipo bipolare che contempla la presenza di due sedi principali, Como e Varese, e di altre sedi satellite sotto l'unico logo della <i>Universitas Studiorum Insubriae</i>. In questo contesto, il corso di dottorato in Astronomia e Astrofisica presso l'Università degli Studi di Insubria, svolto in collaborazione con l'Università di Pavia e le Strutture INAF Osservatorio di Brera e IASF-Milano, ha colmato una lacuna del sistema universitario lombardo proponendo un programma di studi e ricerca calibrato sulle specifiche esigenze dell'alta formazione nelle scienze astronomiche e spaziali, che oggi è svolta ancora prevalentemente all'interno dei corsi di dottorato in fisica. L'astrofisica relativistica e la cosmologia, principali campi di studio dei docenti del collegio, rappresentano anche i settori di ricerca privilegiati durante il corso; nuove linee di ricerca sono in fase di sviluppo nel campo della strumentazione astronomica e dell'astrofisica numerica. Insieme a una solida rete di collaborazioni internazionali, il dottorato annovera tra i suoi punti di forza la particolare vivacità del contesto territoriale: l'astrofisica e le scienze spaziali hanno infatti uno sviluppo elevato nell'area lombarda, sede di alcune delle principali realtà scientifiche italiane del settore, l'Osservatorio astronomico di Brera e l'Istituto di Astrofisica (IASF). Ambedue le istituzioni - facenti capo all'Istituto Nazionale di Astrofisica - sono sedi consorziate del dottorato e ne ospitano numerose attività. L'attività di alta formazione ha progressivamente affiancato quella di ricerca: gli studenti e i docenti del corso collaborano infatti con altri gruppi del Dipartimento di afferenza nell'organizzazione di iniziative quali le annuali summer school dedicate ai temi della relatività e della cosmologia. Durata: 3 anni Posti: 4 Borse: 2 Sede del dottorato: c/o Dipartimento di Matematica e Fisica Via Valleggio 11, 22100 Como Direttore del Corso: Prof. Aldo Treves Tel.: +39 031 2386110 E-mail: aldo.treves@uninsubria.it

Università degli Studi di Padova	
L'Università degli Studi di Padova (UniPd) è una delle maggiori università italiane. UniPd venne fondata nel 1222 ed è stata una delle università più rilevanti nella prima Europa moderna. È tra le più antiche università del mondo, la seconda in Italia. Famosa tra l'altro per aver avuto come professori Copernico e Galileo, UniPd è ancora una delle università di riferimento in Italia. Nel 2010, UniPd aveva approssimativamente 65000 studenti provenienti da tutta Italia. UniPd è strutturata in 32 dipartimenti, tra cui il Dipartimento di Fisica e Astronomia "Galileo Galilei". UniPd offre i tre livelli di formazione in Astronomia (Laurea breve, Laurea specialistica e Dottorato), con circa 60 nuovi studenti di laurea breve per anno, 20 nuovi studenti di laurea specialistica per anno, e 10 studenti di dottorato per anno. La Scuola di Dottorato viene svolta in stretta collaborazione con gli astronomi del vicino Osservatorio Astronomico di Padova dell'INAF, molti dei quali sono membri del Consiglio dei Docenti e possono essere supervisori di tesi. I dottori con un titolo dalla Scuola di Dottorato in Astronomia presso UniPd hanno un elevato tasso di successo accademico. Tra i 50 studenti che hanno ricevuto un Dottorato in Astronomia a Padova prima del 2002, il 77% hanno una posizione permanente in un Dipartimento di Astronomia o un istituto di ricerca astronomica, in Italia o all'estero. Circa l'85% dei 128 studenti che hanno conseguito il Dottorato presso la Scuola di Dottorato in Astronomia di UniPd lavorano tuttora come astronomi con contratti o posizioni permanenti.	

Glyndwr University, UK	
Situata in Wrexham (UK), ma con campus e facility distribuite nel Nord-Est del Galles, l'Università di Glyndŵr sostiene lo spirito di impresa e la filosofia della collaborazione con l'esterno. Ispirata dall'eroe gallese Owain Glyndŵr, mira all'innovazione e al supporto di nuove idee. I corsi sono tenuti in modo da essere rilevanti per l'impresa e per le applicazioni professionali. L'Università collabora strettamente con partners industriali e economici come Airbus, BBC e Active Childcare per assicurare agli studenti le conoscenze necessarie per favorire la loro assunzione da parte di industrie private. Nel 2010 è stato inaugurato l'<u>Advanced Composite Training and Development Centre</u>, risultato di una collaborazione strategica tra l'Università, Airbus, Deeside College e il Governo Regionale del Galles. Il centro è un primo esempio di come l'approccio di collaborazione con entità esterne porti l'Università alle frontiere più avanzate della tecnologia importanti per diversi settori industriali strategici. I corsi della Glyndŵr University sono di livello internazionale. Da Londra ai paesi asiatici del Far East, l'Università sta sviluppando un bacino di studenti ricco e diversificato. Nel Centro di Ricerca per i Materiali, l'Ingegneria e la Produzione si sviluppano diversi aspetti riguardanti ricerche correlate tra loro, tra cui quelle sui materiali compositi, sulle ottiche di grande precisione e alta precisione, sui polimeri solubili in acqua, sul fotovoltaico e sulla fluido-dinamica. L'Università è coinvolta in progetti di ricerca che vanno da quelli di piccola scala, come ad esempio il supporto dato a piccole industrie locali coinvolte in progetti di ricerca, a quelli di grande scala, come lo sviluppo delle tecnologie ottiche più avanzate per la produzione degli specchi dell'European Extremely Large Telescope.	

Altri partecipanti universitari: S. Cavazzani (UniPd, OU3), G. Cosentino (UniBo, OU3), F. Leone (UniCt, OU4 e OU6), S. Ortolani (UniPd, OU3), G. Piotto (UniPd, OU4), A. Pizzella (UniPd, OU3)

Imprese partecipanti (vedi lettere allegate):

Criotec
Media Lario
Microgate
Pecchioli Research
Selex Galileo
Tomelleri

3.2.1 Documenti e Lettere di impegno dei partecipanti esterni

In allegato alla proposta si accludono i seguenti documenti:

All. 1: Contratto ESO – Adoptica per M4

- All. 2: Contratto Microgate – INAF per M4
- All. 3: Delibera CdA Inaf autorizzante la firma dell'Allegato 2
- All. 4: Contratto Opticon
- All. 5: Lettera Opticon per finanziamento INAF per le ottiche adattive per E-ELT
- All. 6: Lettera ESO per Maory
- All. 7: Lettera di impegno Ditta Criotec per Hires
- All. 8: Lettera di impegno Ditta Pecchioli Research s.r.l. per Hires
- All. 9: Lettera di impegno Prof. Marano (UniBo)
- All. 10: Lettera di impegno Prof. Marconi (UniFi)
- All. 11: Lettera di intenti da Astrel Instruments per MOS
- All. 12: Lettera di intenti da Forestal s.r.l. per MOS
- All. 13: Lettera di intenti da Hyperteach s.r.l. per MOS
- All. 14: Lettera di impegno della Ditta Media Lario Technology
- All. 15: Lettera di impegno della Ditta Tomelleri s.r.l.
- All. 16: Lettera di impegno della Ditta Selex Galileo
- All. 17: Lettera di impegno Università dell'Insubria
- All. 18: Lettera di impegno Glyndwr University
- All. 19: Lettera di impegno della Ditta Microgate

3.3 Formazione

La presente iniziativa si propone di svolgere in modo coordinato attività di ricerca, di trasferimento tecnologico e di formazione che portino allo sviluppo di nuove e avanzate tecnologie per l'intera comunità scientifica nazionale ed internazionale. L'impianto del progetto, fortemente teso ad un approccio integrato tra discipline e competenze, costituisce di per sé una piattaforma per la formazione e la creazione di nuove competenze e profili professionali ad altissima specializzazione.

E-ELT è un progetto di lungo respiro, in cui a) l'orizzonte temporale del progetto, che vedrà il telescopio operativo tra un decennio, b) lo sviluppo di tecnologie "estreme", associate al telescopio, al sistema di Ottiche Adattive, alla strumentazione focale e c) le potenzialità di trasferimento tecnologico, rendono essenziale, per il successo della partecipazione italiana, un ampio coinvolgimento delle generazioni più giovani, dottorandi e laureandi. Più che in altri casi, la formazione non è un "incarico" della sola Università, ma diviene un elemento intrinseco del progetto. È ormai riconosciuto infatti, diversamente da un passato non troppo lontano, che lo sviluppo della strumentazione avanzata deve sostenersi su figure che hanno acquisito, negli ambiti di interesse, il dottorato di ricerca. È quindi necessario, quale elemento di sviluppo e successo sul lungo termine, integrare nel progetto attività di alta formazione.

Gli Atenei di Bologna, Catania, Firenze, Insubria e Padova annoverano, in questo senso, un'esperienza consolidata di interazione e integrazione con le locali strutture dell'INAF. Attraverso di esse gli studenti sono esposti agli sviluppi più attuali della strumentazione astronomica. Tesi di laurea e di dottorato – con borse talora ministeriali, talora destinate ad hoc dall'INAF – orientate alla strumentazione astronomica avanzata, da terra e dallo spazio, costituiscono un terreno elettivo di collaborazione tra Università e INAF, che ha portato a diversi successi: non pochi dei ricercatori partecipanti a questa proposta vengono da un percorso di formazione e crescita di questo tipo. Esistono quindi, non solo la necessità, ma anche tutti i presupposti per un sincretismo tra lo sviluppo del progetto e l'attività di formazione.

Sono previste 7 borse di dottorato a carico di questo Progetto (presso UniBo: 1 per OU3, presso UniCt: 1 per OU4, presso UniFi: 2 per OU4, presso UniInsubria: 2 per OU2, presso UniPd: 1 per OU3 e 1 per OU6), mentre i docenti universitari ad esso partecipanti proporranno un numero analogo o superiore di tesi di laurea magistrale negli stessi Atenei.

3.4 Governance

Il presente progetto riprende, con leggerissime varianti, la struttura organizzativa del premiale T-REX già approvato in risposta al bando 2011. Tale struttura di *governance* si è infatti dimostrata efficace ed in grado di rispondere alle esigenze del progetto.

Il Coordinatore nazionale rappresenta il punto di contatto ufficiale per il progetto T-REX ed è responsabile della gestione del progetto e dei fondi assegnati. Viene affiancato dall'Unità Operativa 1 (OU1) di coordinamento, che raccoglie i coordinatori delle altre Unità Operative ed esperti chiamati a farne parte per i loro ruoli nazionali o internazionali di estrema utilità per il progetto (si veda Sezione 7.1). L'Unità OU1 ha il compito di coordinare le attività dell'intero progetto, di controllare e valutare quelle delle altre Unità e di interfacciarsi con la Sede Centrale dell'INAF e con altri Enti pubblici e privati. In particolare, OU1 si occupa di coordinare le attività legate alla formazione di laureandi e dottorandi nelle varie Università che collaborano al progetto.

Coordinatore dell'OU1 è il coordinatore dell'intero progetto T-REX. Coordinatori delle altre Unità Operative sono le persone che hanno finora ricoperto ruoli di più alto livello internazionale nel settore di riferimento.



Schema della Governance di T-REX.

4 Parole chiave proposte

1. Scienze dell'Universo: astrofisica e cosmologia, pianeti solari ed extra-solari, astrobiologia
2. Cooperazione internazionale
3. Ottica adattiva, meccatronica, metrologia, sistemi di controllo, sistemi criogenici
4. *Know how* tecnologico e scientifico

5 Obiettivi

La presente proposta progettuale si inserisce nel contesto della realizzazione dello European Extremely Large Telescope (E-ELT), una infrastruttura considerata di massima priorità nella European Roadmap for Research Infrastructures (ESFRI) e dal Documento di Visione Strategica dell'INAF. La realizzazione di questo eccezionale telescopio, che sarà il più grande al mondo e garantirà all'Europa la leadership nel campo dell'astrofisica da terra per decenni, è gestita dallo European Southern Observatory (ESO), organizzazione intergovernativa europea di cui l'Italia è uno dei principali paesi membri. Il progetto per la costruzione di E-ELT e della sua strumentazione è stato definitivamente approvato dal Council di ESO nella seduta di Dicembre 2012, grazie al voto determinante dell'Italia e alla preventiva assunzione di responsabilità da parte dell'INAF.

E-ELT sarà uno dei progetti più visibili e di maggior investimento europeo di questo decennio. È dunque strategico non soltanto per INAF e per la comunità astrofisica italiana, ma per tutto il sistema italiano di ricerca, formazione e tecnologia parteciparvi ai più alti livelli e far sì che l'impegno scientifico-finanziario in esso profuso porti ad un importante ritorno di immagine e di investimenti economici nel nostro Paese.

Il progetto finale per E-ELT prevede un telescopio con specchio primario di 39 m di diametro, in grado di fornire immagini alla massima risoluzione spaziale grazie all'utilizzo di avanzatissime ottiche adattive. Questa proprietà lo renderà in grado di raggiungere una sensibilità e una definizione senza precedenti, applicabili ad una grande varietà di programmi scientifici. I principali obiettivi scientifici di E-ELT sono: 1) lo studio dell'epoca della ri-ionizzazione e delle prime stelle che l'hanno provocata, 2) lo studio delle prime galassie formatesi dopo il

Big Bang, 3) lo studio di come si formano galassie, stelle e pianeti e 4) rivelazione della presenza di pianeti extrasolari capaci di ospitare forme di vita e loro osservazione diretta.

Le caratteristiche dimensionali e le *performances* richieste di E-ELT impongono scelte optomeccaniche, metrologiche, ingegneristiche e costruttive assolutamente originali e innovative. Gli studi sviluppati negli ultimi anni hanno dimostrato la necessità di approfondire alcune problematiche chiave per garantire al progetto il raggiungimento degli obiettivi e per consentire alle aziende italiane di qualificarsi adeguatamente e nei tempi richiesti per lo sviluppo e la realizzazione di questa grandiosa opera europea. E-ELT è ora pronto ad entrare in fase di costruzione ed è dunque essenziale consolidare al più presto la posizione di INAF, degli istituti universitari e delle industrie italiane nel contesto internazionale del progetto, nonché sviluppare tecnologie, competenze e capacità abilitanti per affrontare un'impresa tanto ambiziosa.

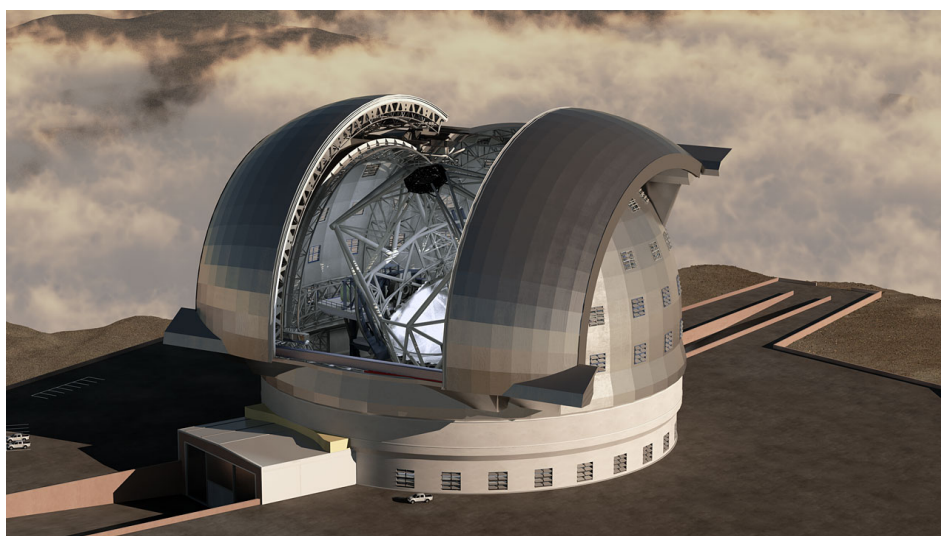


Figura 1. Modello di E-ELT (© Swinburne Astronomy Productions/ESO).

Un aspetto fondamentale è il rafforzamento della sinergia tra Enti di ricerca e realtà industriali italiane di eccellenza, che, grazie alla loro altissima competitività nel settore, da questa impresa potranno ottenere investimenti ben superiori all'impegno finanziario che l'Italia destinerà al progetto. Il progetto E-ELT è anche una formidabile occasione per la formazione di giovani ricercatori e tecnologi e per la creazione di nuove opportunità di lavoro.

Le attività di tecnologia innovativa legate ad E-ELT rappresentano infine un contesto nel quale possono maturare idee con ricadute su altri settori disciplinari, primo fra tutti quello dei dispositivi sensoriali, di cui le tecnologie astrofisiche sono esplicitamente parte, ma anche tecnologie medicali, monitoraggio delle variazioni climatiche, tecnologie dell'informazione e della comunicazione, *Made in Italy*, energie rinnovabili, tutti settori in cui i maggiori progetti astrofisici hanno spesso avuto un forte impatto.

Gli obiettivi principali del progetto T-REX possono essere così sintetizzati:

1. Consolidare la posizione e il ruolo di INAF e degli istituti universitari italiani nei consorzi internazionali attualmente in fase di costituzione in vista della realizzazione degli strumenti di E-ELT.
2. Sviluppare tecnologie abilitanti per garantire la fattibilità degli strumenti di E-ELT.
3. Supportare la fase di progettazione esecutiva della strumentazione E-ELT, anche potenziando strutture e laboratori.
4. Promuovere processi di integrazione fra Enti di Ricerca, Università e Industria.
5. Favorire la formazione di giovani ricercatori finalizzata all'occupazione, mediante l'addestramento di personale altamente qualificato da impiegare nella progettazione e nella realizzazione di strumentazione per E-ELT.
6. Innovare i processi di cooperazione internazionale attraverso nuove dinamiche scientifico-industriali, rafforzando il coinvolgimento di imprese italiane nelle fasi di progettazione e costruzione di strumentazione per E-ELT.

7. Mantenere e accrescere il *know how* scientifico-industriale, valorizzando la proprietà intellettuale.
8. Favorire il trasferimento tecnologico dal settore della strumentazione astronomica ad altri campi, quali le applicazioni energetiche da fonti rinnovabili, le tecnologie biomedicali, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, le tecnologie produttive mirate alla nano-elettronica tramite tecniche litografiche e il monitoraggio delle variazioni climatiche.

Tutti questi obiettivi possono essere raggiunti nell'arco pluriennale della durata di T-REX, con risultati quantificabili di anno in anno. Già nei pochi mesi del finanziamento assegnato nell'ottobre 2012, il progetto ha mostrato la propria efficacia ottenendo lettere e contratti da ESO e altri finanziatori europei e attenzione per le iniziative in corso, sia dagli Enti internazionali che da Ditte italiane. L'esistenza di T-REX pone gli astrofisici italiani in condizione di essere maggiormente ascoltati nelle negoziazioni per la costituzione dei consorzi internazionali che andranno a proporre i nuovi strumenti per E-ELT. Sarà cruciale poter mostrare l'interesse delle istituzioni finanziatrici italiane per ottenere ruoli di più alto livello e visibilità all'interno di questi consorzi.

Per quanto riguarda la formazione, T-REX avrà un ruolo chiave nel garantire un adeguato addestramento e coinvolgimento di giovani specializzati. Già dal prossimo anno di eventuale finanziamento, grazie alla partecipazione di docenti universitari e ai corsi universitari tenuti da partecipanti INAF, esso consentirà di allevare un buon numero di laureandi e di bandire 7 borse di dottorato presso prestigiosi Atenei distribuiti in diverse zone geografiche.

T-REX consente di collaborare al massimo livello con i progetti europei ESFRI per le infrastrutture, fornendo una risposta adeguata e coordinata a livello nazionale. Già nel corso del primo anno di finanziamento, esso ha assunto, insieme alla Direzione Scientifica dell'INAF, un ruolo di riferimento per stimolare la partecipazione a iniziative simili di concerto con il MIUR e la comunità europea ed internazionale. T-REX si propone come modello organizzativo per creare i presupposti per sviluppare azioni sinergiche fra il sistema ricerca, il sistema dell'alta formazione universitaria ed il sistema produttivo in un'ottica di globalizzazione della ricerca.

6 Attività propedeutiche

Il progetto E-ELT è stato elaborato da ESO in collaborazione con la comunità degli Stati membri attraverso una serie di attività propedeutiche e di studi progettuali. Si riassumono nel seguito le principali attività che rappresentano il contesto tecnico-scientifico e programmatico, propedeutico alla presente proposta e quelle alle quali INAF ha contribuito maggiormente.

Nel periodo 2005-2009 INAF ha partecipato allo studio "ELT Design Study", guidato da ESO e finanziato dall'Unione Europea nell'ambito FP6 (contratto 011863). Il progetto era finalizzato ad attività preparatorie per successivi studi progettuali e allo sviluppo di tecnologie abilitanti per E-ELT, tra cui l'ottica adattiva – settore di eccellenza di INAF, riconosciuto a livello internazionale. Il concetto di E-ELT vede l'ottica adattiva come elemento integrato nella struttura del telescopio. Questo richiede la realizzazione di uno specchio (denominato "M4") di 2,5 m di diametro, deformabile in modo controllato in 6000 punti, con un ciclo tipico di 1 millisecondo. Allo studio dello specchio adattivo M4 di E-ELT imprese e istituti italiani hanno contribuito in maniera determinante. Uno specchio vicino a queste caratteristiche, e unico al mondo, è stato infatti già realizzato dalle imprese italiane ADS e Microgate per LBT ed ha mostrato prestazioni di grande qualità. Queste imprese si trovavano pertanto in posizione assolutamente favorevole per avere assegnato il relativo contratto: è riconosciuto che sono "gli unici al mondo" a possedere il *know-how* relativo e ad aver di fatto dimostrato che una delle componenti più critiche del progetto è effettivamente realizzabile. Sono stati condotti due studi in parallelo e l'idea vincente è risultata essere quella proposta da ADS & Microgate in collaborazione con INAF (vedi Allegati 1, 2 e 3).

Di alta competitività e di grosso impatto sui costi è la tecnica di realizzazione dei singoli (circa 800) specchi concavi che, in mosaico, costituiranno lo specchio primario M1. L'impresa italiana Media Lario, originata da uno spin-off di INAF per la realizzazione di ottiche X di SAX all'inizio degli anni '90, ha raggiunto un alto livello di qualificazione nella realizzazione di componenti in materiali speciali, e in particolare gli specchi, per applicazioni spaziali e da terra (progetti SAX, Swift, XMM, e-Rosita, MMT, ALMA, MAGIC e CTA), ha sviluppato una nuova tecnologia per la realizzazione degli specchi basata sul continuo scambio di *know how* con INAF (OABr) e la sta proponendo a ESO in queste settimane.

In parallelo alla progettazione avanzata del telescopio, nel periodo 2007-2010 ESO ha finanziato una serie di studi concettuali di Fase A per strumenti di piano focale: 9 strumenti “scientifici” e 2 moduli di ottica adattiva a complemento dell’ottica adattiva integrata nel telescopio stesso. INAF ha avuto un ruolo determinante in questi studi, con la partecipazione agli studi di fase A di MICADO e MAORY (attualmente ELT-CAM), SIMPLE e CODEX (attualmente ELT-HIRES), OPTIMOS (attualmente ELT-MOS), EPICS (attualmente ELT-PCS). Due di questi studi (MAORY e SIMPLE) erano coordinati da un PI INAF e in vari altri studi ricercatori e tecnologi di INAF ricoprivano ruoli di primaria importanza (project manager, system engineer, project scientist). Parte di queste attività sono state ulteriormente sviluppate nell’ambito di uno specifico progetto finanziato dall’FP7 dell’Unione Europea (“Preparing for construction of the European Extremely Large Telescope”, contratto INFRA-2007-2.2.1.28), al quale INAF ha contribuito attivamente.

Sono tuttora in corso altri studi finanziati da ESO e condotti da ricercatori dell’INAF, dedicati alla caratterizzazione e previsione dei parametri atmosferici che hanno un impatto fondamentale sulle osservazioni astronomiche e sull’ottica adattiva in particolare (progetto MOSE) e allo studio di tecniche ad alte prestazioni per la misura del fronte d’onda in ottica adattiva con sole sorgenti naturali.

Sono ora in corso le attività di consolidamento dei consorzi per la costruzione degli strumenti. In questo contesto INAF è fortemente coinvolta nello strumento di prima luce ELT-CAM, costituito dai sotto-sistemi MAORY e MICADO: nel caso di MAORY, INAF ricopre attualmente il ruolo di candidato istituto leader del progetto. INAF sta inoltre operando per rafforzare la propria posizione nei consorzi che costruiranno gli strumenti successivi (ELT-HIRES, ELT-MOS, ELT-PCS).

Lo stesso progetto T-REX finanziato per la prima volta nell’ambito del bando “progetti premiali 2011” ha avuto ed ha un’importanza fondamentale, consentendo a INAF di dotarsi di attrezzature uniche per affrontare la costruzione degli strumenti di E-ELT, di consolidare i gruppi di ricerca coinvolti e di avviare attività di ricerca e sviluppo volte a mitigare i rischi inerenti a questi progetti e a favorire la crescita di INAF e della rete di industrie italiane di eccellenza che operano nel settore. Per il primo anno di finanziamento l’Unità Operativa di coordinamento ha deciso di dedicare la maggior parte del fondo assegnato ad investimenti duraturi, propedeutici ai sottoprogetti con maggior urgenza temporale e migliori probabilità di successo nelle gare ESO, ma anche idonei a sfruttamenti successivi da parte di INAF. Si è quindi privilegiato un concreto investimento sugli specchi, premiato poi dal contratto assegnato da ESO a ADS e Microgate (vedi allegato 1) e di riflesso ad INAF (vedi allegati 2 e 3), sulla sala d’integrazione per Maory (lo strumento a PI-ship italiana prossimo ad approvazione da parte di ESO, vedi lettera ESO, allegato 6) e sul reclutamento di giovani promettenti che possano ora apprendere il *know how* di eccellenza INAF e formarsi adeguatamente per potersi proporre come esperti negli anni della costruzione e dello sfruttamento scientifico di E-ELT.

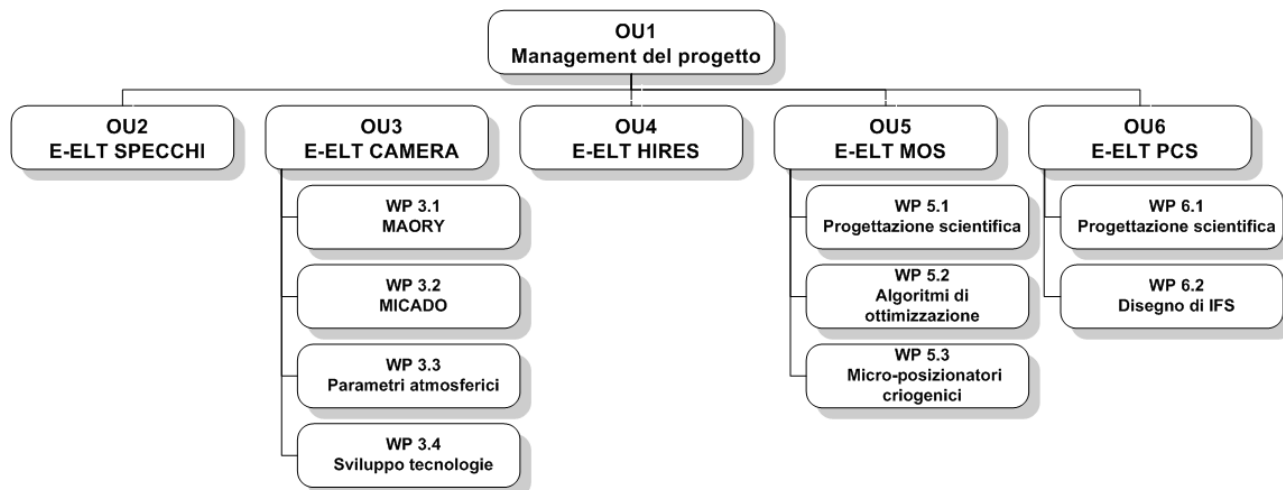
T-REX ha assunto anche un ruolo trainante di collegamento con ESO su vari aspetti delle iniziative propedeutiche alle selezioni per E-ELT (il coordinatore nazionale di T-REX è stata ed è tuttora membro di comitati ESO) e di informazione sul progetto E-ELT dell’intera comunità astrofisica italiana. Oltre ad aver recentemente aperto un sito web con le principali informazioni sul progetto premiale (www.bo.astro.it/premiale.elit), T-REX ha organizzato una giornata di incontro interamente dedicata all’informazione sullo stato del progetto E-ELT e del premiale ad esso legato. A tale incontro (tenutosi il 14 gennaio 2013 presso l’Università di Bologna) hanno partecipato inviati di alto livello dell’ESO, tutti i responsabili di T-REX, tutta la dirigenza INAF (Presidente, CdA, Consiglio Scientifico, Direttore Scientifico) e sono stati invitati tutti i ricercatori e gli associati (Universitari e dipendenti di altri EPR) INAF. Dato il successo dell’iniziativa, è nostra intenzione ripetere l’incontro non appena vi siano informazioni rilevanti da fornire alla comunità.

7 Articolazione del progetto

T-REX è un progetto pluriennale, iniziato nel 2012 (in risposta al bando per i premiali 2011) e di durata naturale almeno triennale. Tenuto conto della sua doppia funzione, da una parte di organizzazione mirante al massimo sfruttamento strategico delle eccellenze scientifiche e tecnologiche italiane e dall’altra di elemento trainante e potenziante nella competizione internazionale per l’assegnazione delle commesse ESO, la sua durata ottimale andrebbe basata sui tempi di approvazione dei vari strumenti e relativi consorzi da parte di ESO. In mancanza di informazioni specifiche sui tempi scala di ESO (che dipendono da anche Paesi terzi) e sull’eventuale prorogabilità dei progetti premiali approvati da parte del MIUR, di seguito si mostra l’articolazione temporale di

T-REX relativa solo al primo dei prossimi anni. Quelli successivi avrebbero peraltro requisiti temporali e finanziari del tutto analoghi, anche se eventualmente distribuiti diversamente sui diversi sotto-progetti, come già verificabile dal confronto fra l'articolazione qui proposta e quella proposta l'anno scorso.

T-REX si articola in 6 Unità Operative (OU), di cui una (OU1) di coordinamento e ciascuna delle altre dedicata alle attività relative a ciascuno degli strumenti per E-ELT in cui l'Italia è coinvolta. Alcune di queste OU sono articolate in sotto-progetti (WP) legati ad attività distinte e specifiche; altre sono naturalmente mono-tematiche, con un solo WP. Lo schema dettagliato delle OU e relativi WP è illustrato nella seguente figura:



La seguente tabella illustra l'articolazione temporale delle attività di ciascuna OU e dei vari WP.

Mesi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OU 1 Management del progetto												
OU 2 ELT-MIRRORS												
OU 3 ELT-CAM												
WP 3.1 MAORY												
WP3.1.1 Progetto preliminare strumento												
WP3.1.2 Ricerca & Sviluppo												
WP3.1.3 Allestimento laboratori												
WP 3.2 MICADO												
WP3.2.1 Studio popolazioni stellari												
WP3.2.2 Proprietà galassie alto redshift												
WP3.2.3 Simulazione osservazioni												
WP 3.3 Parametri atmosferici												
WP3.3.1 Validazione modello												
WP3.3.2 Progetto sistema previsione												
WP3.3.3 Valutazione e previsione meteo [...]												
WP 3.4 Sviluppo di tecnologie [...]												
WP3.4.1 Studio concettuale												
WP3.4.2 Implementazione prototipi												
OU 4 ELT-HIRES												
OU 5 ELT-MOS												
OU 6 ELT-PCS												
WP 6.1 Progettazione scientifica												
WP 6.2 Disegno di IFS												

Tabella – Articolazione temporale del progetto in OU e WP

7.1 OU1: Unità di coordinamento. Management del progetto.

Il management generale del progetto è affidato all'Unità di Coordinamento OU1, presieduta e coordinata dal coordinatore nazionale di T-REX (Tosi) e di cui fanno parte i coordinatori delle altre Unità Operative (Diolaiti, Garilli, Gratton, Pareschi e Oliva in sostituzione di Origlia, per maggior equilibrio geografico), ed esperti chiamati per i loro ruoli nazionali o internazionali: B. Marano (delegato italiano uscente del Council ESO, docente di UniBo e responsabile della formazione), A. Marconi (Chair del Science and Technology Committee di ESO e docente di UniFi), R. Ragazzoni (membro del Project Science Team di ESO e massimo esperto italiano di Ottiche Adattive), F. Zerbi (responsabile dell'Ufficio Infrastrutture da Terra della Direzione Scientifica dell'INAF).

Compito di OU1 è coordinare tutte le attività di T-REX, le richieste di fondi, la loro ripartizione, la verifica del loro corretto impegno e dei risultati degli investimenti. Ove il MIUR lo ritenesse opportuno, si potrà procedere anche all'individuazione di una commissione di valutazione completamente indipendente ed esterna al progetto. Compito di OU1 è anche l'interazione con i principali Enti di interesse di T-REX: in primis l'INAF e la sua Direzione Scientifica, l'ESO e le Università coinvolte nella parte di formazione del progetto. OU1 si occupa inoltre di coordinare le attività legate alla formazione di laureandi e dottorandi nelle varie Università che collaborano al progetto.

L'Unità OU1 si riunisce periodicamente (eventualmente in forma telematica) con cadenza mediamente mensile e su richiesta del Coordinatore nazionale. Le minute delle riunioni della OU1 sono distribuite ai coordinatori delle OU perché informino tutti partecipanti del progetto T-REX. Informazioni di interesse generale relative al progetto T-REX sono rese pubbliche sul sito web www.bo.astro.it/premiale.elc a cura del coordinatore nazionale.

Responsabili della gestione delle singole Unità sono i loro coordinatori, che indicano ad OU1 le necessità dei vari sotto-progetti, partecipano alla discussione e alla valutazione delle medesime e devono poi rispondere a OU1 dell'impiego delle risorse economiche e di personale loro assegnate. Si sottolinea che 50% dei coordinatori di OU sono donne (Tosi, Origlia e Garilli).

La gestione dei rischi del progetto T-REX è compito della OU1. I componenti della OU1 eseguono e riportano l'analisi dei possibili rischi per la propria area di competenza. La OU1 definisce le opportune strategie correttive a livello di singola Unità Operativa oppure, se applicabile, a livello di intero progetto T-REX.

Il progetto T-REX prevede notevoli investimenti per acquisto di attrezzature e strumentazione da dedicare allo sviluppo e all'integrazione degli strumenti per E-ELT. Questo può costituire un rischio in quanto il piano della strumentazione e il ruolo di INAF nei progetti strumentali per E-ELT non sono ancora definitivamente consolidati. Per mitigare questo rischio si è deciso di effettuare in maniera prioritaria investimenti duraturi e comunque riguardanti beni di utilizzo generale, che possono essere altrettanto utili per qualsiasi progetto che comporti attività di sviluppo di strumentazione. Un discorso analogo vale per gli investimenti in termini di contratti per personale: le competenze richieste sono tali da poter essere impiegate in maniera flessibile in diversi progetti di sviluppo di strumentazione per l'astrofisica.

Il progetto T-REX ha tra i suoi obiettivi prioritari quello di consentire ad INAF di consolidare il proprio ruolo nell'ambito dei consorzi per la costruzione degli strumenti di E-ELT. Per quanto riguarda gli strumenti di prima luce MAORY e MICADO, parte di ELT-CAM, la situazione è molto positiva: le trattative sono in uno stato molto avanzato e le premesse sono ottime, come dimostra la lettera (allegata) del Dr. Mark Casali, responsabile della Instrument Division di ESO. Per quanto riguarda gli strumenti successivi alla prima luce (HIRES, MOS, PCS) i ricercatori e tecnologi di INAF e l'Ente stesso stanno attuando tutte le iniziative necessarie per garantire il risultato desiderato. Sono in corso trattative e discussioni tecnico-scientifiche con altri partners europei, con ESO ed internamente ad INAF. Al fine di assicurare una posizione di rilievo a INAF nell'ambito di questi progetti si sta adottando la strategia di concentrare l'impegno dell'Ente nelle aree riconosciute di eccellenza.

Un altro obiettivo strategico di T-REX è favorire il consolidamento e l'affermazione delle competenze tecnologiche uniche presenti in Italia, sia nel settore della ricerca pubblica che nel settore privato. Gli investimenti previsti nelle attività di ricerca e sviluppo, sia internamente a INAF che in collaborazione con industrie altamente specializzate, potrebbero rappresentare un rischio, nel caso non ci fosse un adeguato ritorno anche economico in termini di contratti di ESO a favore di industrie italiane. Anche in questo caso la strategia adottata è quella di puntare sulle eccellenze italiane. Un esempio è rappresentato dal contratto per il disegno dello specchio adattivo M4 di E-ELT, recentemente assegnato da ESO ad un consorzio industriale italiano (ADS &

Microgate), a seguito di un importante sforzo effettuato negli ultimi anni da questi soggetti industriali in collaborazione con INAF in un'area di punta della ricerca italiana nel campo delle tecnologie per l'astrofisica.

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	118.000	0	118.000 ⁽¹⁾	70,2%
Stages e missioni in Italia e all'estero	25.000	25.000		14,9%
Spese di pubblicizzazione	25.000	25.000		14,9%
TOTALE	168.000	50.000	118.000	100%

Tabella – Voci di costo per OU1

NOTE:

(1): 58.000 euro Personale strutturato INAF e 60.000 euro Personale universitario.

7.2 OU2: E-ELT SPECCHI

Responsabile: Giovanni Pareschi

Struttura di appartenenza: INAF – Osservatorio Astronomico di Brera

OU2 si propone lo sviluppo e il consolidamento di tecnologie innovative per la realizzazione di specchi da utilizzare nel telescopio E-ELT. Per questo saranno studiati approcci e metodi altamente innovativi, con la partecipazione di giovani ricercatori, da cui ci si aspetta un grande apporto in termini di entusiasmo e nuove idee. Il progetto pertanto mira alla formazione di studenti di dottorato e ricercatori post-doc nell'ambito delle tecnologie di *polishing* e della metrologia innovativa. A questo scopo l'Osservatorio di Brera metterà a disposizione dei giovani ricercatori *facility* allo stato dell'arte (*ion-figuring*, apparati metrologici, macchine di *polishing*) e i propri laboratori e officine con il supporto di tecnici e ingegneri. In particolare, per l'OU2 si fa richiesta del supporto per 2 borse di Dottorato da attivarsi presso la Scuola di Dottorato in Astronomia e Astrofisica dell'Università dell'Insubria (a cui l'Osservatorio di Brera è consorziato) da dedicare allo sviluppo degli specchi prototipali di MAORY e un assegno di Ricerca.

Le attività di questa OU mirano a sviluppare le tecnologie, da dimostrare tramite la realizzazione di prototipi e dimostratori, per la produzione di specchi da utilizzare nel telescopio E-ELT. Per questo è necessario acquisire il know-how necessario al *polishing* e il *figuring* di precisione degli specchi, nonché alla metrologia necessaria per la caratterizzazione ad alta precisione delle superfici riflettenti. Uno degli obiettivi primari è poi trasferire alle industrie italiane il know-how sviluppato e supportarle nella fase di produzione, soprattutto per quanto riguarda le operazioni di calibrazione. Per questo motivo saranno studiate e perfezionate alcune tecnologie di cui INAF ha già cominciato ad occuparsi, seppure ad uno stadio non completamente sviluppato, negli anni passati:

- Computer Generated Holograms (CGH) per le misure interferometriche di specchi asferici di grandi dimensioni. I CGH possono essere pensati come una rappresentazione binaria di un interferogramma, o un ologramma che sarebbe registrato se facessimo interferire il fronte d'onda asferico perfetto con il fascio di riferimento. I CGH sono quindi usati come null sensor nelle misure interferometriche e sostituiscono in modo molto elegante i sistemi ottici basati su lenti che dovrebbero essere utilizzati altrimenti. INAF sta acquisendo non solo le capacità di design e di realizzazione di CHG standard, mirando in particolare alla calibrazione dello specchio adattivo sottile M4 da realizzare in Italia per EELT, ma sta anche mettendo a punto tecniche innovative basate su materiali polimerici fotosensibili per potere "riscrivere" in modo facile e efficace i CGH.
- Allo stesso tempo, INAF sta studiando e implementando tecniche di profilometria ad alta precisione, complementari alle tecniche interferometriche, per la caratterizzazione delle superfici degli specchi. Queste caratterizzazioni forniranno non solo misure aggiuntive e più informazioni rispetto a quelle ottenibili dalla semplice profilometria, ma anche saranno essenziali nelle operazioni di misura in cui l'interferometria è di difficile applicazione (ad esempio a causa della turbolenza dell'aria).

- Infine INAF sta perfezionando l'uso di tecniche di *polishing* e *figuring* di alta precisione su superfici di grande dimensione anche asferiche utilizzando il così detto *bonnet polishing* e l'*ion figuring*, con facility installate presso l'Osservatorio di Brera.

Più specificamente, le attività riguarderanno:

- La calibrazione e la caratterizzazione dello specchio adattivo da 2.5 metri M4/E-ELT, dotato di attuatori di tipo “voice-coil”, con sistema basato su tecnologia sviluppata e implementata negli anni passati da INAF e da industrie che collaborano con INAF (ADS Intern. e Microgate). ESO ha già avviato attività contrattuali con le industrie Italiane, mentre INAF sarà incaricata delle caratterizzazioni e calibrazioni del sistema. A questo proposito di fondamentale importanza sarà l'uso della tecnologia CHG (e in particolare quella dei CGH riscrivibili) con know-how INAF.
- Sviluppo di un prototipo di specchio di 1.4 m completamente rappresentativo degli elementi (ca. 800) che comporranno lo specchio primario M1 da 39 m di E-ELT. Questa attività è svolta in collaborazione con la ditta Media Lario Technologies (Lecco) e con la Glyndwr University (UK). In particolare INAF si occuperà delle operazioni di Ion-beam figuring dello specchio precedentemente sviluppato dagli altri due partner, nonché delle operazioni di metrologia finale. I risultati saranno presentati a ESO per dimostrare la readiness tecnologica per una filiera italiana capace di produrre gli specchi di M1/E-ELT.
- Sviluppo di prototipi e breadboards degli specchi non adattivi da implementare nella catena ottica del sistema adattivo multiconiugato MAORY/EELT, la cui realizzazione presenta alcuni aspetti critici da superare a livello preindustriale. In quest'ambito INAF si occuperà del *polishing* tramite *bonnet* e *figuring* di precisione con ion-beam usando le proprie facility installate presso l'Osservatorio di Brera.

L'attività sarà svolta in collaborazione con diverse industrie coinvolte interessate agli sviluppi collegati a E-ELT.

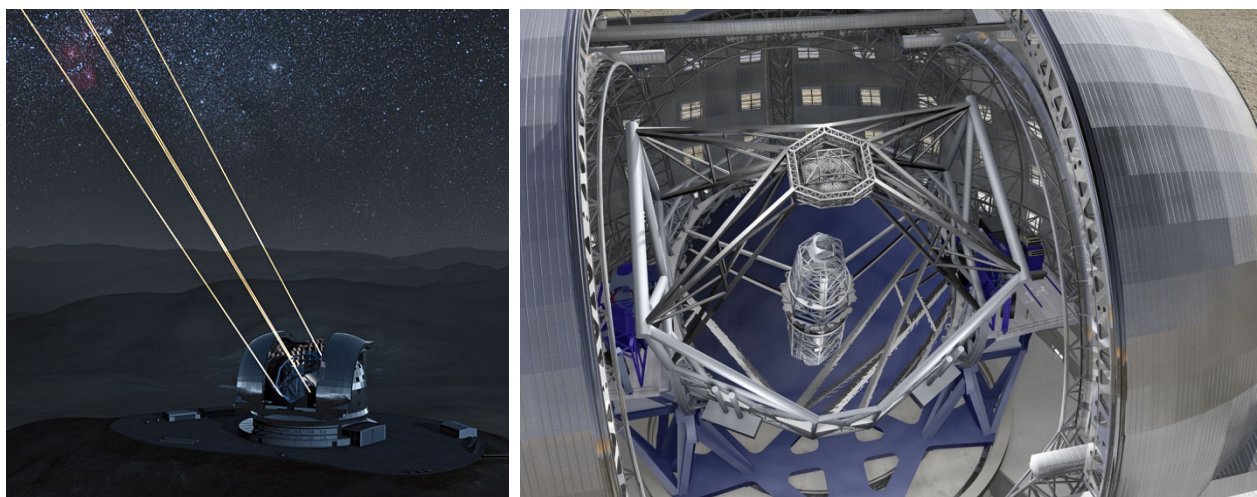


Figura 2. A sinistra, vista di E-ELT con i fasci laser che, proiettati verso lo strato mesosferico di sodio, generano le sorgenti artificiali per la misura e la correzione della turbolenza atmosferica (© ESO/L. Calçada). A destra, vista delle ottiche del telescopio. Sono evidenti lo specchio primario, il supporto del secondario e la “torre” nel centro del primario che sostiene gli specchi M4 (adattivo) e M5 (utilizzato per la stabilizzazione dell’immagine) (© ESO).

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	350.000	200.000	150.000 ⁽¹⁾	36,6%
Formazione	170.000	100.000	70.000 ⁽²⁾	17,8%
Altre prestazioni di terzi	80.000	80.000		8,4%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	50.000		50.000 ⁽³⁾	5,2%
Materiali	50.000	50.000		5,2%
Infrastrutture	200.000	100.000	100.000 ⁽³⁾	20,9%
Spese generali	30.000		30.000 ⁽³⁾	3,1%
Stages e missioni in Italia e all'estero	15.000	15.000		1,6%
Spese di pubblicizzazione	10.000	5.000	5.000 ⁽³⁾	1,1%
TOTALE	955.000	550.000	405.000	100%

Tabella – Voci di costo per OU2**NOTE:**

(1): 150.000.00 euro Personale staff della sede di afferenza

(2): 70.000.00 euro Personale in Formazione da altri progetti

(3): contributi FOE e *facilities* dell'Osservatorio di Brera**Impegno:** A questa OU partecipano 8 dipendenti INAF, tutti da OABr.**7.3 OU3: E-ELT CAMERA**

Responsabile: Emiliano Diolaiti

Struttura di appartenenza: INAF Osservatorio Astronomico di Bologna

ELT-CAM è uno dei due strumenti di prima luce approvati per E-ELT. È costituito da due sotto-sistemi: il modulo di ottica adattiva MAORY e lo strumento per acquisizione di immagini in infrarosso MICADO. MAORY è un modulo di ottica adattiva multi-coniugata pensato per la compensazione in tempo reale degli effetti di degradazione dell'immagine causati dalla turbolenza atmosferica e dall'azione del vento sul telescopio. Questa compensazione è realizzata mediante tre specchi deformabili: lo specchio adattivo M4 del telescopio (assieme allo specchio di stabilizzazione dell'immagine M5) e due specchi adattivi integrati nel modulo MAORY stesso. La misura degli effetti dovuti alla turbolenza atmosferica è effettuata mediante un sistema di "wavefront sensing" che utilizza fino a sei sorgenti artificiali ("Laser Guide Stars") e tre sorgenti naturali. MICADO, grazie alla correzione fornita dal modulo di ottica adattiva MAORY, potrà acquisire immagini di risoluzione angolare eccezionale raggiungendo precisioni astrometriche e fotometriche elevatissime. ELT-CAM consentirà di studiare i moti delle stelle in prossimità del buco nero centrale della Galassia, stimate orbitare a velocità di 0.1c (c: velocità della luce), gli effetti dinamici prodotti da buchi neri e aloni di materia oscura, le caratteristiche di popolazioni stellari risolte in condizioni e in galassie mai raggiunte finora.

INAF ha contribuito in maniera determinante agli studi preliminari della strumentazione di E-ELT, finanziati da ESO: ha coordinato la fase A del progetto MAORY e ha partecipato al progetto MICADO studiando i casi scientifici per fornire i requisiti di progetto dello strumento. Sono tuttora in corso studi finanziati da ESO e condotti da ricercatori dell'INAF dedicati alla caratterizzazione e previsione dei parametri atmosferici che hanno un impatto fondamentale sulle osservazioni astronomiche e sull'ottica adattiva in particolare (progetto MOSE) e allo studio di tecniche ad alte prestazioni per la misura del fronte d'onda in ottica adattiva con sole sorgenti naturali. INAF sta attualmente consolidando la sua posizione nel contesto delle future fasi di costruzione della strumentazione di E-ELT. Come richiamato nella lettera (allegato 6) del Dr. Mark Casali, Head of the Instrument Division di ESO, sono in fase avanzata le trattative per la definizione del Consorzio internazionale e del "management plan" per il progetto MAORY. Quando le trattative saranno concluse, INAF sarà l'istituto leader del progetto e riceverà da ESO un finanziamento di circa 19 M€ distribuito su un arco temporale di circa 10 anni

per coprire i costi di acquisto delle varie parti dello strumento e le spese di gestione del progetto. L'impegno in termini di personale INAF dedicato al progetto sarà compensato da ESO con tempo garantito di osservazione al telescopio.

Il primo anno del presente progetto T-REX si sovrappone al primo anno della fase B dei progetti per la costruzione dei sotto-sistemi di ELT-CAM MAORY e MICADO. È questa una fase cruciale, nella quale vengono consolidate o ridefinite le scelte progettuali adottate nella precedente fase A e si avviano progetti ambiziosi con un orizzonte temporale decennale. T-REX si prefigge l'obiettivo primario di supportare questa fase, consentendo a INAF di dotarsi delle attrezzature necessarie per la realizzazione degli strumenti, di consolidare le posizioni del personale non di ruolo impegnato nel progetto e di avviare le attività di progettazione e di ricerca e sviluppo propedeutiche a questi progetti strumentali.

Su un arco temporale triennale si prevede il completamento della progettazione di MAORY e MICADO (fasi B e C), il completamento delle necessarie attività di ricerca e sviluppo e l'avvio dell'acquisizione dei componenti hardware con tempi di produzione lunghi (cosiddetti "long-lead items"). Nei successivi 5-6 anni è prevista la costruzione ed integrazione degli strumenti (fase D), che nel caso di MAORY sarà eseguita in Italia con un vasto coinvolgimento di industrie italiane. L'ultimo passo della realizzazione di MAORY e MICADO (fase E) sarà l'installazione al telescopio e l'integrazione dei due sotto-sistemi nello strumento ELT-CAM in vista della prima luce del telescopio E-ELT.

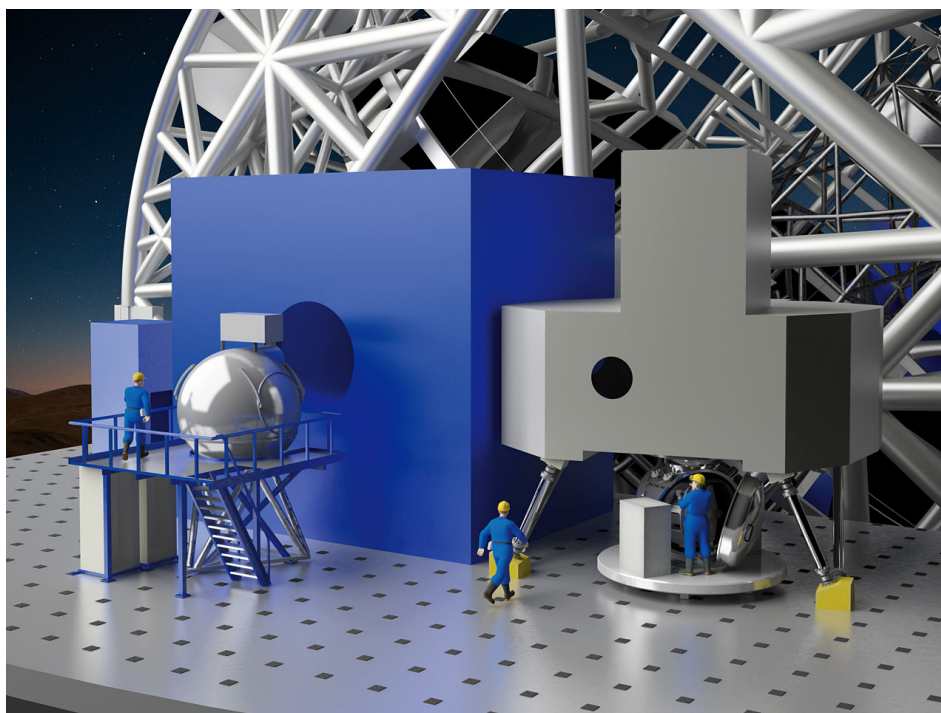


Figura 3. Disposizione degli strumenti scientifici su una delle due piattaforme Nasmyth di E-ELT. In particolare sulla parte destra della figura si notano il modulo di ottica adattiva multi-conjugata MAORY e, sotto, il criostato dello strumento per acquisizione di immagini MICADO, aperto per operazioni di manutenzione. Nell'angolo in alto a destra, dietro alla struttura di supporto, si intravede la "torre" che sostiene lo specchio adattivo M4 (© ESO).

La realizzazione di uno strumento complesso come ELT-CAM e dei suoi sotto-sistemi richiede un approccio multi-disciplinare che include a titolo esemplificativo: 1) progettazione ed integrazione di strumentazione con parti ottiche, meccaniche, elettroniche, dispositivi opto-elettronici, sistemi di controllo avanzati; 2) studio dei casi scientifici alla base dei requisiti di progetto; 3) caratterizzazione delle proprietà dell'atmosfera e dei relativi disturbi che hanno un impatto enorme sulle osservazioni astronomiche da terra; 4) ricerca e sviluppo di soluzioni tecnologiche che consentano di mitigare i rischi intrinseci ad un progetto di tale complessità. La OU3 ELT-CAM è suddivisa in quattro WP, dedicati rispettivamente ai sotto-sistemi MAORY (WP 3.1) e MICADO (WP 3.2), alla caratterizzazione e previsione dei parametri atmosferici (WP 3.3) e allo sviluppo di tecnologie innovative per ottica adattiva (WP 3.4).

7.3.1 WP 3.1 MAORY

Responsabile Emiliano Diolaiti.

Struttura di appartenenza: OABo.

Strutture coinvolte: OABo, IASFBBo, OAA, OABr, OACN, OAPd, Università di Bologna.

Il WP 3.1 è dedicato alla progettazione preliminare del modulo di ottica adattiva multi-coniugata MAORY, sotto-sistema di ELT-CAM, e allo svolgimento di importanti attività propedeutiche di ricerca e sviluppo e di allestimento del laboratorio che sarà utilizzato per l'integrazione e i test dello strumento. Le attività del WP 3.1 sono descritte in dettaglio nel seguito.

WP 3.1.1 Progetto preliminare dello strumento

Il modulo di ottica adattiva multi-coniugata MAORY è stato progettato a livello concettuale nell'ambito di uno studio di fase A della durata di due anni. L'obiettivo del WP 3.1.1 è consolidare questo progetto concettuale alla luce di eventuali nuovi requisiti tecnici e scientifici di alto livello. Il consolidamento del progetto comporta la verifica, e se necessario la modifica, delle scelte tecniche precedentemente adottate e l'identificazione delle aree che richiedono attività di ricerca e sviluppo dedicate. Le attività corrispondenti vanno dal project management all'ingegneria di sistema, includendo l'analisi ed ottimizzazione del sistema di ottica adattiva integrato in MAORY, l'ingegneria ottica, meccanica, elettronica, termica e software.

WP 3.1.2 Ricerca e Sviluppo

Il sistema di ottica adattiva integrato in MAORY utilizza sorgenti artificiali (laser) e naturali per la misura in tempo reale degli effetti della turbolenza atmosferica sul fronte d'onda ottico. Si intende sviluppare un'attività di laboratorio volta a studiare sperimentalmente le interazioni tra i due canali (sorgenti laser e naturali).

Per la compensazione del fronte d'onda il modulo MAORY utilizza, oltre allo specchio adattivo M4 del telescopio, anche due specchi deformabili locali che rappresentano sotto-sistemi cruciali per lo strumento. Gli specchi dell'attuale disegno di "baseline" sono basati su attuatori piezo-elettrici. Si intende avviare un'attività di Ricerca & Sviluppo in collaborazione con Industrie italiane specializzate nel settore per investigare soluzioni alternative e mitigare i rischi del disegno di baseline.

WP 3.1.3 Allestimento laboratori

Parte dei finanziamenti del progetto T-REX saranno dedicati all'adeguamento dei laboratori già presenti presso le strutture INAF che saranno utilizzati nelle fasi di integrazione di MAORY e dei suoi sotto-sistemi. Gli investimenti riguardano l'acquisto di strumentazione ottica ed elettronica che non può essere rimborsata da ESO come costo di progetto. Il WP 3.1.3 si propone di definire i requisiti della strumentazione necessaria, sulla base delle scelte progettuali definite nel WP 3.1.1, e procedere ai relativi acquisti.

7.3.2 WP 3.2 MICADO

Responsabile Renato Falomo.

Struttura di appartenenza: OAPd.

Strutture coinvolte: OAPd, IASFMi e UniPd.

Il WP 3.2 è dedicato allo studio di casi scientifici e alla valutazione delle prestazioni di MICADO, sotto-sistema di ELT-CAM, nel contesto del consolidamento del progetto finale dello strumento. Le attività del WP 3.2 sono dettagliate nel seguito.

WP 3.2.1 Studio delle popolazioni stellari in galassie

L'analisi dei diagrammi Colore-Magnitudine (CMD) di stelle risolte è uno dei progetti chiave a sostegno di E-ELT. Ci proponiamo di studiare nel dettaglio con simulazioni *end-to-end* la fattibilità di alcuni programmi scientifici specifici:

1. Misura della distribuzione di metallicità dalla fotometria di stelle di ramo gigante nelle regioni centrali di galassie ellittiche, fino ed oltre l'ammasso della Vergine.
2. Derivazione della storia di formazione stellare dall'analisi di CMD che campionano le stelle brillanti fino al ramo orizzontale.
3. Studio della possibilità di rivelare popolazioni stellari multiple nei CMD di ammassi globulari extragalattici.

WP 3.2.2 Proprietà delle galassie ad alto redshift

Studio dell'evoluzione delle proprietà delle galassie in funzione dell'epoca cosmica: la risoluzione angolare e la sensibilità di ELT-CAM permettono di investigare la morfologia e le caratteristiche strutturali di galassie fino a redshift 2-3.

WP 3.2.3 Simulazione delle osservazioni con ELT-CAM

Valutazione delle prestazioni della combinazione strumentale E-ELT, MAORY e MICADO nelle varie configurazioni e realizzazione di simulazioni delle immagini ottenute per diversi casi scientifici. Realizzazione di software specifico per la simulazione di effetti strumentali che possono influire sulla qualità delle immagini.

7.3.3 WP 3.3 Parametri atmosferici

Responsabili:

Elena Masciadri (Struttura di appartenenza: OAA) per WP 3.3.1 e WP 3.3.2 e Valentina Zitelli (Struttura di appartenenza: OABO) per WP 3.3.3

La pianificazione delle osservazioni scientifiche è fondamentale per garantire l'utilizzo efficiente di un telescopio di futura generazione come E-ELT. Ingredienti essenziali per la pianificazione delle osservazioni sono la valutazione e la previsione delle condizioni atmosferiche. L'obiettivo del WP 3.3 è lo studio di metodi di previsione dei parametri atmosferici basati a) su un modello atmosferico "a meso-scala" e su codici idrodinamici già sviluppati nell'ambito del progetto MOSE finanziato da ESO (WP 3.3.1 e 3.3.2) e b) su osservazioni dell'atmosfera terrestre nell'infrarosso (WP 3.3.3). L'obiettivo finale è l'implementazione di un sistema automatico di previsione da installare al sito di E-ELT. Nel contempo il WP 3.3 racchiude tutte le competenze necessarie per l'interpretazione delle proprietà dell'atmosfera che incidono sulla progettazione dello strumento ELT-CAM. Le attività sono dettagliate nel seguito.

WP 3.3.1: Validazione modello

Validazione e calibrazione del modello atmosferico sulla base di confronti con misure di diversi parametri atmosferici (temperatura, pressione, intensità e direzione del vento, turbolenza ottica).

WP 3.3.2 Progetto del sistema di previsione operativa

Concezione di un sistema automatico di previsione della turbolenza ottica che include recupero dei dati di inizializzazione, architettura del processo di previsione, algoritmi per la parametrizzazione della turbolenza ottica su scale rilevanti per il telescopio astronomico, recupero dei prodotti in uscita e distribuzione finale.

WP 3.3.3 Valutazione e previsione delle condizioni meteorologiche mediante dati da terra e da satellite

Le misure di emissione dell'atmosfera terrestre ottenute da satellite a diverse lunghezze d'onda infrarosse sono state utilizzate con successo per valutare parametri meteorologici critici quali la presenza di nubi, polveri, nebbia. Gli stessi metodi di indagine possono essere applicati alla previsione di questi parametri. Il presente WP si propone di definire il progetto concettuale di un sistema di previsione automatizzato, sviluppando gli algoritmi necessari.

7.3.4 WP 3.4 Sviluppo di tecnologie di wavefront sensing con modulazione statica e di controllo del fronte d'onda mediante onde stazionarie

Responsabile: Roberto Ragazzoni.

Struttura di appartenenza: OAPd.

Il WP 3.4 è dedicato allo sviluppo di tecnologie di misura e compensazione del fronte d'onda per un'eventuale implementazione nel modulo MAORY: la modulazione statica del sensore di fronte d'onda "a piramide" e l'utilizzo di cavità ad onde stazionarie come compensatori di fronte d'onda. Il sensore a piramide, proposto dal responsabile del WP 3.4, è una tecnologia già dimostrata: la possibilità di estenderne la dinamica mediante metodi di modulazione di facile implementazione lo renderebbe un'ottima soluzione tecnica per MAORY. La dimostrazione delle cavità ad onde stazionarie come tecnologia per la compensazione del fronte d'onda potrebbe rappresentare il punto di partenza per interessanti sviluppi tecnologici futuri. Le attività del WP 3.4 sono così suddivise.

WP 3.4.1 Studio concettuale

Definizione concettuale dei prototipi per la dimostrazione del sensore a piramide con modulazione statica e della cavità ad onde stazionarie per la compensazione di fronte d'onda. Sviluppo di un modello semplificato di funzionamento della cavità risonante.

WP 3.4.2 Implementazione dei prototipi

Si realizza il prototipo di sensore di fronte d'onda a piramide con modulazione statica e si eseguono le verifiche di sensitività, dinamica e linearità delle misure di fronte d'onda per diversi livelli di modulazione.

Si realizza un semplice prototipo di cavità risonante che viene utilizzato per esperimenti di perturbazione e controllo del fronte d'onda.

La tabella seguente mostra le voci di costo della OU3 ELT-CAM.

	Ammonta re previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	987.000	0	987.000 ⁽¹⁾	34,7%
Contratti/Assegni esperti	575.000	520.000	55.000 ⁽²⁾	20,2%
Formazione	120.000	120.000	0	4,2%
Altre prestazioni di terzi	243.000	243.000	0	8,5%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	796.000	766.000	30.000 ⁽²⁾	28,0%
Stages e missioni in Italia e all'estero	118.000	108.000	10.000 ⁽³⁾	4,1%
Spese di pubblicizzazione	3.000	3.000	0	0,01%
TOTALE	2.842.000	1.760.000	1082.000	100%

Tabella – Voci di costo per OU3

NOTE:

(1) Fondi FOE

(2) FP7 OPTICON

(3) Fondi ESO per progetto MAORY

Impegno: A questa OU partecipano 42 dipendenti e associati INAF, distribuiti nelle seguenti strutture: IASFB0, IASFMi, OAA, OAB0, OABr, OACN, OAPd, UniBo, UniPd.

Collaborazioni internazionali.

La OU E-ELT CAMERA ha collaborazioni internazionali con istituti dei seguenti Paesi: Finlandia (Finnish Meteorological Institute), Francia (Observatoire de Paris – LESIA; Observatoire de Paris – GEPI; Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales; Centre National des Recherches Meteorologiques, Toulouse; Laboratoire Lagrange, Observatoire de la Côte d'Azur, Nice), Germania (European Southern Observatory; Max-Planck Institute for Extraterrestrial Physics; Max-Planck Institute for Astronomy; Universitäts-Sternwarte Munich), Paesi Bassi (Nederlandse Onderzoeksschool Voor Astronomie), Regno Unito (Durham University), Spagna (Istituto Astrofisico de Canarias).

7.4 OU4: E-ELT HIRES.

Responsabile: Livia Origlia

Struttura di appartenenza: INAF – Osservatorio Astronomico di Bologna

L'Unità Operativa E-ELT-HIRES si occupa dello sviluppo dei casi scientifici e dei concetti strumentali per uno spettrografo ad alta risoluzione, uno degli strumenti di prima generazione previsto sul piano focale dell'E-ELT. Tale strumento sarà alimentato a fibre e avrà un'ampia copertura spettrale, simultaneamente dall'ottico al vicino infrarosso. Nel contesto astrofisico dei prossimi decenni HIRES sarà uno strumento unico e potente nei seguenti campi di ricerca: caratterizzazione delle atmosfere dei pianeti extrasolari, studio della chimica e cinematica delle

popolazioni stellari e del mezzo intergalattico, studio dell'evoluzione delle galassie, cosmologia ad alto redshift e costanti fondamentali.

La comunità astronomica italiana da molti anni è particolarmente attiva, sia scientificamente che tecnologicamente, nel campo della spettroscopia ottica e infrarossa a media ed alta risoluzione, come testimoniato dalla sua partecipazione a diversi progetti di spettrografi per il TNG (SARG, HARPS-N e GIANO) e per il VLT dell'ESO (UVES-FLAMES, XSHOOTER, ESPRESSO, CRIRES). Ha avuto un ruolo primario nei due studi di fase A per strumentazione di prima generazione per E-ELT, relativamente ad uno spettrografo ottico (CODEX) e infrarosso (SIMPLE). Nell'ambito del consorzio internazionale del progetto SIMPLE, INAF è stato l'istituto leader, con la PI-ship di Livia Origlia.

L'Unità Operativa E-ELT-HIRES si occupa anche di valutare le possibili sinergie con gli altri strumenti di E-ELT e partecipa ai *calls for proposals* di ESO. Opera per consolidare il ruolo internazionale di INAF in questi progetti.

Le principali attività di ricerca e sviluppo sono elencate qui di seguito.

1. Sviluppo di software per simulazioni ed elaborazione dati specifico per spettri *Echelle* con *slizer*.
2. Studio e tests di reticoli diffrattivi di grandi dimensioni (tecniche di produzione e di montaggio a mosaico).
3. Studio e tests di sistemi opto-meccanici e criogenici ottimizzati per la stabilità degli spettrografi.
4. Studio e sviluppo di sistemi per ottimizzare l'accoppiamento ottico tra fibre ottiche e spettrografi.
5. Studio e tests di fibre ottiche ad alta trasmissione nell'infrarosso (anche in polimeri fluorurati, utilizzabili nelle telecomunicazioni).
6. Studio e sviluppo di sistemi di ottica adattiva a coniugazione singola (SCAO) basati su sensori di fronte d'onda a stelle naturali.
7. Studio di fattibilità di un modulo polarimetrico.
8. Studio di fattibilità di nuove architetture per i sistemi di controllo.

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN - Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	555.000	52.000	503.000	38,9%
Formazione	144.000	144.000		10,0%
Contratti/Assegni esperti	173.000	160.000	13.000	12,1%
Altre prestazioni di terzi	132.000		132.000	9,2%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	364.000	364.000		25,4%
Stages e missioni in Italia e all'estero	60.000	60.000		4,2%
TOTALE	1.428.000	780.000	648.000	100%

Tabella – Voci di costo per OU4

Impegno: L'Unità Operativa E-ELT-HIRES conta 39 persone, distribuite nelle seguenti strutture: OAA, OABo, OABr, OACN, OACt, OARm, OATs, UniCT e UniPd.

Collaborazioni internazionali: L'Unità Operativa E-ELT-HIRES collabora con istituti dei seguenti Paesi: Cile (Pontificia Universidad Católica de Chile), Germania (ESO, Thüringer Landessternwarte Tautenburg, Institute fuer Astrophysik Goettingen, Leibniz Institute for Astrophysics Postdam), Gran Bretagna (Institute of Astronomy, University of Cambridge), Spagna (Instituto de Astrofísica de Canarias), Svezia (Uppsala Astronomical Observatory), Svizzera (Observatoire Astronomique de l'Université de Genève).

7.5 OU5: E-ELT MOS

Responsabile: Bianca Garilli

Struttura di appartenenza: INAF-IASF Milano

Gli spettrografi multi-oggetto, siano essi a fibre o a fenditura, sono gli strumenti fondamentali per la cosmologia osservativa. Solo con questo tipo di strumento si possono svolgere le grandi survey spettroscopiche alla base di qualunque studio sull'origine e l'evoluzione della materia luminosa dell'Universo. Fondamentale per questo tipo di attività, infatti, è poter osservare oggetti molto deboli la cui densità è dell'ordine di 1 per minuto d'arco quadro per costruire campioni rappresentativi (alcune centinaia di migliaia di galassie ed AGN) dell'Universo ad età inferiori a un decimo di quella attuale. Quindi questo tipo di studio necessita di uno spettrografo a grande campo, operante nel vicino infrarosso che abbia la capacità di osservare contemporaneamente un elevato numero di galassie. La sensibilità dello strumento è di fondamentale importanza mentre è sufficiente una moderata risoluzione spettrale ($R \sim 3000$). Tra i vari strumenti proposti per E-ELT, OPTIMOS DIORAMAS (spettrografo a fenditura) insieme a OPTIMOS EVE (spettrografo a fibre) è quello che meglio soddisfa queste esigenze. IASF-Milano e OA-Roma hanno partecipato attivamente allo studio di fase A di OPTIMOS Dioramas e attualmente sono entrambi coinvolti nello studio di fase A di MOONS spettrografo multi-oggetto per VLT operante nel vicino infrarosso. Entrambe le strutture INAF partecipanti hanno esperienza ventennale nella cosmologia osservativa: IASF-Milano ha partecipato alla costruzione dello spettrografo VIMOS@VLT, tuttora il MOS con la maggior capacità di multiplexing operante al telescopio VLT dell'ESO e vanta un'esperienza riconosciuta internazionalmente nel software specifico per gli strumenti MOS (dai *tools* per la preparazione delle osservazioni, al software di riduzione a quello di analisi). OA-Roma ha al suo attivo la costruzione delle camere a grande campo per LBT. Negli ultimi anni l'attività tecnologica ha avuto un notevole sviluppo ed ha ormai raggiunto competenze ed eccellenze nel settore criogenico, elettronico e dei sistemi di controllo. Dal punto di vista scientifico entrambe le strutture sono coinvolte nelle maggiori *survey* spettroscopiche extragalattiche e degli ultimi 15 anni: dalla VVDS e GOODS a zCosmos e CANDELS.

Specificamente l'attività della OU5 MOS si propone di eseguire due *work packages*:

WP 5.1: progettazione scientifica

Responsabile: Laura Pentericci.

Struttura di appartenenza: OARm.

Il successo di una survey spettroscopica che voglia investigare lo stato evolutivo delle galassie da redshifts $z=3$ all'epoca della ionizzazione (tra $z=6$ e $z=10$), nonché esplorare come sia avvenuto questo processo di re-ionizzazione dipende dalla capacità di selezionare i candidati più promettenti da osservare. Ci sono tecniche ormai classiche, come la *drop-out technique*, raffinati utilizzando tutta la possibile fotometria (dal visibile all'infrarosso) disponibile con le *surveys* fotometriche. Questa unità si propone di raffinare le tecniche esistenti migliorando i *templates* sia dal punto di vista teorico sia aggiornandoli con le nuove osservazioni; di trovare la migliore combinazione tra estensione del catalogo e magnitudini limiti nelle varie bande, per ottenere campioni spettroscopici statisticamente significativi per le diverse diagnostiche utilizzabili (come funzione di luminosità e di massa); di determinare i requisiti che deve avere uno spettrografo multi-oggetto per E-ELT; di verificare la precisione con cui si possono ottenere indicazioni sull'epoca di formazione delle prime galassie e di come si arriva all'accumulo della loro massa nel tempo.

WP 5.2: Algoritmi di ottimizzazione

Responsabile: Bianca Garilli.

Struttura di appartenenza: IASF di Milano.

Dato uno scopo scientifico, quindi una lista di sorgenti che si vorrebbe osservare, il primo passo per eseguire un'osservazione è massimizzare il numero di *targets* osservabili tenendo conto delle limitazioni e caratteristiche hardware dello strumento. Quando il numero di *targets* possibili arriva ad alcune centinaia, da scegliere da cataloghi di alcune migliaia di oggetti, l'approccio manuale è impossibile. Già nel caso di VIMOS, abbiamo dimostrato che la sfida insita nella progettazione e sviluppo è data dall'elevatissimo numero di possibilità (dell'ordine di alcune centinaia di miliardi) e MOONS, disponendo di un numero di gradi di libertà ancora maggiore, estremizza questo problema. Si adatterà l'approccio già adottato nel caso VIMOS (algoritmo del commesso viaggiatore) alla diversa geometria strumentale sfruttando la geometria circolare del campo di vista. Il

programma finale potrà essere utilizzato sia da strumenti a fibra che da strumenti a fenditura e quindi essere immediatamente utilizzabile per il MOS che verrà scelto per E-ELT.

WP5.3: Microposizionatori criogenici per spettroscopia

Responsabile: Fernando Pedichini.

Struttura di appartenenza: OARm.

Le tematiche tecnologiche del progetto T-REX sono in parte simili a quanto OARm sta già sviluppando per il progetto MOONS con ESO e quindi il loro finanziamento garantisce una forte sinergia per entrambi i progetti. Si elencano brevemente tali linee di ricerca e le ditte italiane con cui interagiranno: 1) metrologia dei componenti optomeccanici e dei posizionatori di fibre ottiche; 2) sviluppo di micro attuatori e micro-encoder per il posizionamento di componenti optomeccanici e fibre ottiche con specifiche criogeniche, in collaborazione con Esacrom s.r.l. di Imola, Hiperteach s.r.l. e Forestal s.r.l. di Roma; 3) studio della correzione locale del seeing tramite attuatori MEMS: realizzazione di una ottica adattiva locale su sottocampi di pochi arcsec per il telescopio E-ELT, dove è già presente una correzione di tipo GLAO; in collaborazione con Astrel s.r.l. di Roma; 4) realizzazione di tutto il controllo ed i driver di quanto proposto ai punti precedenti, in collaborazione con National Instruments Italia.

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	176.500	50.000	126.500	54,1%
Assegnisti esperti	70.000	70.000		21,4%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	70.000	70.000		21,4%
Stages e missioni in Italia e all'estero	10.000	10.000		3,1%
TOTALE	326.500	200.000	126.500	100%

Tabella – Voci di costo per OU5

Impegno: All'OU5 partecipano 13 persone, distribuite nelle seguenti strutture: IASFMi e OARm.

Collaborazioni internazionali

L'Unità Operativa ELT-MOS ha collaborazioni internazionali con istituti dei seguenti Paesi: Francia (Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, Observatoire de Paris), Germania (ESO, University Observatory Munich), Gran Bretagna (University of Cambridge, UK ATC Edimburgh), Portogallo (CAAUL Lisbona), Svizzera (ETH Zurich)

7.6 OU6. E-ELT PCS.

Responsabile: Raffaele Gratton

Struttura di appartenenza: INAF – Osservatorio Astronomico di Padova.

PCS è uno degli strumenti nella road-map ESO per E-ELT. È progettato per rivelare e studiare pianeti extrasolari, in particolare pianeti di tipo terrestre possibilmente nella zona di abitabilità, obiettivo scientifico prioritario di E-ELT. Per ottenere l'elevatissimo contrasto richiesto (fino a 10^9 a <0.1 arcsec dalla stella), PCS utilizza un sistema di ottica adattiva "estremo", integrato nello strumento stesso a completamento dell'ottica adattiva del telescopio, in grado di ottenere livelli eccezionali di compensazione della turbolenza atmosferica nell'intervallo spettrale $0.6-1.65 \mu\text{m}$ su un campo di vista molto ristretto, utilizzando come sorgente di riferimento la stella naturale attorno alla quale orbita il pianeta cercato. PCS include inoltre, un modulo per la soppressione della diffrazione (coronagrafo e/o apodizzatore) e due strumenti scientifici: uno spettrografo a campo integrale (IFS) per il vicino IR ($0.95-1.65 \mu\text{m}$) ed un imaging/analizzatore di polarizzazione per l'ottico ($0.6-0.95 \mu\text{m}$), che forniscono non solo informazioni scientifiche, ma permettono anche di raggiungere il limite dovuto dalla

statistica di fotoni mediante la soppressione del rumore residuo dovuto alle speckles con tecniche di analisi differenziale delle immagini.

PCS nasce dall'esperienza ottenuta dalla realizzazione di SPHERE al VLT (prima luce prevista autunno 2013) e dallo studio di fattibilità di EPICS, svolto nel periodo 2007-2009. L'INAF ha notevoli responsabilità in SPHERE (progettazione scientifica, realizzazione dell'IFS, software di controllo dello strumento). Nell'ambito di EPICS, INAF aveva la responsabilità della progettazione scientifica (R. Gratton, Instrument Scientist) e del disegno di un IFS basato su uno schema a microlenti, analogo a quello che INAF ha realizzato per lo strumento SPHERE per il VLT. Lo studio di EPICS aveva rivelato la necessità di una fase di ricerca e sviluppo preliminare alla realizzazione dello strumento: PCS è in questa fase. In questo ambito, INAF continua ad avere le medesime responsabilità avute nell'ambito di EPICS, con un'estensione allo studio di un disegno di IFS basato su image slicers da condurre presso l'Osservatorio Astrofisico di Catania in collaborazione con l'Università di Oxford (che era responsabile di quest'area per EPICS).

Più specificamente, l'attività del WP PCS consiste di:

WP 6.1 Progettazione scientifica

Responsabile: R. Gratton.

Struttura di appartenenza: OAPd.

Aggiornamento del disegno scientifico di PCS tenendo conto dei nuovi sviluppi nel campo dei pianeti extrasolari (distribuzione dei pianeti in funzione delle proprietà della stella; massa; raggio; separazione del pianeta dalla stella; architetture dei sistemi planetari; struttura e atmosfere dei pianeti) e delle caratteristiche attese per PCS. Questa analisi verrà condotta usando tecniche Monte Carlo e servirà a determinare le specifiche scientifiche di PCS. Si terrà conto di quanto concretamente realizzabile nell'orizzonte temporale di PCS (metà del prossimo decennio). In particolare si esploreranno l'impatto di metodologie che riducono le specifiche estremamente stringenti richieste sullo specchio deformabile a spese di una zona corretta dall'ottica adattiva più limitata nell'intorno della stella. Inoltre, si intendono studiare le caratteristiche limite dei diversi algoritmi per la calibrazione del rumore dovuto alle speckles (differential imaging spettrale, angolare, in polarimetria) e quanto si può ottenere utilizzando metodologie come la Principal Component Analysis, di vasto uso nel trattamento di immagini medicali ma tutt'ora poco diffuse nel campo astronomico.

WP 6.2 Disegno di IFS

Responsabile: S. Scuderi.

Struttura di appartenenza: OACt

Anche in questo caso verranno ripresi i disegni di IFS – sia a lentine che ad image slicers – sviluppati nell'ambito di EPICS, allo scopo di ottimizzarne le caratteristiche per PCS. A questo scopo si terrà conto dell'esperienza che si sta accumulando sull'uso dell'IFS di SPHERE. In particolare, verrà sviluppato un modello accurato delle varie sorgenti di rumore, in modo da determinare le specifiche tecniche dello strumento per valutare, ad esempio, l'importanza di avere un IFS interamente criogenico, come nel progetto americano GPI, oppure mantenere freddi solo rivelatore e un opportuno filtro, come fatto per SPHERE. Verrà considerato con particolare cura il problema della calibrazione degli speckles e l'impatto sulle caratteristiche limite dello strumento. Verranno poi sviluppati disegni optomeccanici completi per i due schemi e verrà fatta una comparazione delle prestazioni e dei costi.

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	94.000		94.000	37,0%
Formazione	140.000	140.000		55,1%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	5.000	5.000		1,9%
Stages e missioni in Italia e all'estero	15.000	15.000		6,0%
TOTALE	254.000	160.000	94.000	100%

Tabella – Voci di costo per OU6

Impegno: All'OU6 partecipano 8 persone, distribuite sulle seguenti strutture: OACt, OAPd, e UniCt.

Collaborazioni internazionali

L'Unità Operativa ELT-PCS ha collaborazioni internazionali con istituti dei seguenti Paesi: Francia (Laboratoire d'Astrophysique de l'Observatoire de Grenoble, d'Astrophysique de Marseille, Observatoire de Paris - LESIA), Germania (ESO), Gran Bretagna (University of Oxford), Paesi Bassi (NOVA, Universities of Amsterdam and Utrecht), Svizzera (ETH Zurich).

8 Costo del progetto

Il progetto ha un orizzonte temporale di almeno 3 anni, oltre a quello già finanziato in risposta al bando 2011, e il suo costo complessivo per i prossimi tre anni è pari a circa 22 milioni di euro, suddiviso per annualità come da tabella.

	2013	2014	2015
INAF	1.473	1.500	1.500
MIUR	3.500	3.500	3.500
Altri fonti di finanziamento	1.000(*)	3.000	3.000
TOTALE	5.973	8.000	8.000

(*) contributo dei partecipanti esterni: universitari e di industrie

Tabella – Riepilogo costo totale di progetto

Per l'anno di cui si chiede ora il finanziamento, le spese risultano così suddivise (tabella riassuntiva delle OU)

	Ammontare previsto	Fonte FOE 7%	COFIN Altre fonti di copertura	Incidenza %
Personale strutturato	2.280.000	302.000	1.978.500	38,17%
Assegnisti esperti	988.000	850.000	138.000	16,54%
Formazione	404.000	404.000	0.000	6,76%
Consulenze scientifiche				
Altre prestazioni di terzi	455.000	323.000	132.000	7,62%
Attrezzature, strumentazioni e prodotti software	1.285.000	1.205.000	80.000	21,51%
Materiali	50.000	50.000	0.000	0,84%
Infrastrutture	200.000	100.000	100.000	3,35%
Spese generali	30.000	0.000	30.000	0,50%
Stages e missioni in Italia e all'estero	243.000	233.000	10.000	4,07%
Spese di pubblicizzazione	38.000	33.000	5.000	0,64%
Altri costi funzionali al progetto				
TOTALE	5.973.000	3.500.000	2.473.500	100%

Tabella – Riepilogo costi per il primo anno

8.1 Ritorni economici

Il ritorno economico legato a T-REX è di due tipi: a) quello immediato, consistente nei contratti ottenibili da ESO e da altre fonti di finanziamento europee (UE e consorzi internazionali) per INAF e per le imprese italiane, e b) quello più generale, meno quantificabile ma di primaria importanza, legato alla formazione di nuove generazioni di ricercatori e tecnologi che potranno partecipare alla costruzione e poi allo sfruttamento del più grande telescopio del mondo e al successo del *Made in Italy* in Europa e nel mondo.

Le grandi potenzialità ritorno di tipo a) possono essere esemplificate con quanto già verificatosi: in fase di progetto di E-ELT sono stati investiti da ESO 48 MEu in contratti industriali, di cui 8.3 MEu sono andati a imprese italiane. Solo negli ultimi mesi, gli Italiani hanno ottenuto il contratto fra ESO e AdOptica (Allegato 1) da 3.183.400 euro (di cui 399.800 per INAF) per il disegno dello specchio M4 e il contributo di 198.000 euro a INAF del Consorzio europeo Opticon per lo studio di Maory (Allegati 4 e 5). Quando Maory verrà approvato da ESO, porterà un contratto decennale da 19 Meuro, di cui gran parte sarà spesa presso industrie italiane e, in minor misura, dentro INAF. Tale decisione è attesa nei prossimi mesi e si è costato quanto l'esistenza di T-REX rappresenti un elemento fortemente positivo nella contrattazione con ESO. Analogamente, se l'Italia riuscisse ad ottenere la PI-ship del consorzio che costruirà lo spettrografo HIRES, otterrebbe da ESO finanziamenti dell'ordine delle decine di Meuro. In aggiunta a questi finanziamenti *sicuri*, si può onestamente prevedere che gli investimenti e le attività svolte per T-REX porteranno ad ulteriori commesse e contratti da altre Istituzioni internazionali che necessitino dei prodotti eccellenti risultanti dalle nostre tecnologie di avanguardia. È concreto ad esempio l'interesse di consorzi astronomici statunitensi per sfruttare il *know-how* INAF nel campo delle ottiche adattive.

Quanto al ritorno di tipo b), si sottolinea quanto l'investimento in formazione di eccellenza sia importante per l'avanzamento non solo scientifico e tecnologico, ma anche sociale ed economico di una Nazione. Paesi più lungimiranti del nostro, come Francia, Gran Bretagna, Olanda, da anni investono nell'alta formazione e nella ricerca ottenendo un immenso ritorno anche economico in termini di finanziamenti europei e di miglioramento sociale. T-REX può contribuire ad invertire la tendenza negativa in atto nel nostro Paese, tornando ad attrarre giovani talenti. Si sottolinea inoltre che, con i nuovi regolamenti universitari inerenti l'attivazione di corsi di dottorato, il contributo di T-REX con 7 borse distribuite su 4 Atenei potrebbe rivelarsi essenziale per il mantenimento di alcuni Dottorati in Astronomia.

Per finire, citiamo le possibilità di ritorno economico in campi diversi dalle tecnologie astrofisiche (vedasi più avanti il paragrafo sulle Potenzialità Applicative). Come già detto, l'astronomia da sempre fornisce strumenti di molteplice utilità e anche di grande impatto commerciale, dalle lenti degli occhiali, ai CCD delle camere digitali. INAF ha favorito una serie di attività per l'innovazione tecnologica che hanno portato a diversi progetti e brevetti per applicazioni sottoposte anche al Ministero per lo Sviluppo Economico, come i refrigeratori criogenici, dispositivi digitali per la connessione di reti neurali, apparecchiature per la localizzazione rapida di linfonodi sentinella marcati con radionuclidi, ecc. Nell'ambito di T-REX riteniamo di poter contribuire quanto meno al settore dell'oftalmologia con gli studi su ottiche di frontiera e agli studi sulle variazioni climatiche, con i modelli atmosferici risultanti dalle nostre misurazioni (WP 3.3).

9 Stato dell'arte e risultati attesi

9.1 Stato dell'arte

La European Roadmap for Research Infrastructures (ESFRI) 2008 ha posto in massima priorità la costruzione di quello che sarà il più grande telescopio al mondo, E-ELT, destinato a rivoluzionare la nostra conoscenza dell'universo e dei suoi costituenti, dalle galassie primordiali ai pianeti *abitabili*. E-ELT è stato progettato e verrà costruito da ESO, di cui l'Italia è membro sin dal 1982, partecipando in modo estremamente attivo ed efficace sia all'utilizzo scientifico della strumentazione esistente sia alle attività di sviluppo delle infrastrutture e della nuova strumentazione scientifica. L'Italia ha contribuito in maniera decisiva all'approvazione di E-ELT da parte del Council di ESO e INAF si è impegnato a contribuire in quantità significativa alla frazione italiana dei costi di partecipazione. È pertanto strategico operare per ottenere da ESO contratti e commesse per INAF e per le industrie italiane per importi superiori a quanto erogato dal nostro Paese per partecipare al progetto E-ELT.

E-ELT sarà collocato sul Cerro Armazones, nel deserto roccioso di Atacama nel nord del Cile, adiacente alle infrastrutture scientifiche che già ESO ha costruito e gestisce (Very Large Telescope – Osservatorio di Paranal). E-ELT è pronto ad entrare in fase di costruzione, della durata prevista di 9 anni. Il progetto finale prevede un telescopio di 39 m di apertura, in grado di fornire immagini alla massima risoluzione spaziale grazie all'utilizzo di avanzatissime ottiche adattive. Questa proprietà lo renderà in grado di raggiungere una sensibilità e una definizione senza precedenti, applicabili ad una grande varietà di programmi scientifici. I principali obiettivi scientifici di E-ELT sono: 1) lo studio dell'epoca della ri-ionizzazione e delle prime stelle che l'hanno provocata,

2) lo studio delle prime galassie formatesi dopo il Big Bang e di come si formano galassie, stelle e pianeti e 3) rivelazione della presenza di pianeti extrasolari capaci di ospitare forme di vita e loro osservazione diretta.

E-ELT necessita dell'integrazione, al massimo livello, delle tecniche più avanzate in uso o in sviluppo nell'astronomia ottica/infrarossa. L'impegno tecnico e finanziario per la costruzione di E-ELT richiede necessariamente uno sforzo e un coordinamento internazionale, che trova in ESO il suo punto centrale, ma che coinvolge molti istituti nei diversi paesi aderenti. La fase di studio preliminare di E-ELT e della sua strumentazione scientifica ha già coinvolto circa quaranta istituti di ricerca europei, tra cui diverse strutture INAF e università italiane e il contributo di istituti ed imprese italiane è stato fin da subito di fondamentale importanza.

L'Italia è in grado di influire in maniera significativa sulle scelte tecnico-scientifiche di E-ELT e può quindi concorrere alla definizione del futuro dell'astronomia ottica. L'Italia è infatti in posizione strategica su più fronti. Sul fronte scientifico e infrastrutturale, l'Italia ha una comunità di valore internazionale, attivamente impegnata nei campi che più beneficeranno della capacità di E-ELT di vedere più in profondità e con maggiore acutezza (pianeti *abitabili*, galassie giovani in formazione, addensamenti di "materia oscura", dinamica globale dell'Universo e "energia oscura"). Sul fronte della tecnologia, abbiamo senza alcun dubbio la leadership nel campo dei sensori di fronte d'onda, degli specchi deformabili ad alta frequenza, nelle tecnologie di realizzazione e caratterizzazione degli specchi e, in genere, dell'ottica adattiva. Sul fronte industriale, abbiamo già ottenuto commesse e risultati estremamente lusinghieri nella costruzione delle strutture di grandi telescopi e nella realizzazione di moduli ottici adattivi (ad esempio, proprio per ESO: cupola rotante e telescopio per il New Technology Telescope nel 1986-89, 4 telescopi, opere di fondazione, laboratorio Coudé per il Very Large Telescope nel 1991-2001, prototipo e produzione di 25 radiotelescopi e 150 opere di fondazione per l'Atacama Large Millimeter Array nel 1999-2003). In ambito spaziale va ricordata la realizzazione delle ottiche per raggi X dei telescopi XMM e e-Rosita con contratti diretti da parte ESA e della agenzia spaziale tedesca DLR ad aziende italiane supportate da INAF. Infine, l'Italia è partner al 25% nel Consorzio che ha costruito e opera LBT in Arizona (USA), una coppia di specchi di più di 8 metri ciascuno di diametro con risoluzione assimilabile a quelle di un telescopio di 23 m. che rappresenta quindi un "anello di congiunzione" tra i grandi telescopi attuali (classe 8-10 m) e i giganti del futuro come E-ELT (classe 30-40 m). I concetti e i prototipi in via di sviluppo per E-ELT possono perciò essere efficacemente testati e usati su LBT, per validare sia la tecnologia sia la scienza.

L'INAF e alcuni Dipartimenti di Astronomia di Università italiane (Bologna e Padova) hanno partecipato attivamente, in alcuni casi in posizione di *leadership*, alla definizione delle proposte per gli strumenti di piano focale di E-ELT, di fondamentale importanza per il raggiungimento dei suoi obiettivi scientifici prioritari. Nel 2007 ESO ha presentato un piano per la realizzazione di studi concettuali (fase-A) per alcuni strumenti e due moduli di ottica adattiva "post-focali" a complemento dell'ottica adattiva. Fra gli strumenti proposti ESO ha scelto quelli che saranno montati al telescopio fin dalla prima luce: la camera infrarossa MICADO, con il suo associato modulo per ottica adattiva multi-coniugata MAORY, e lo spettrografo HARMONI. Gli altri progetti andranno ripresentati e verranno implementati con cadenza biennale. Gli istituti INAF hanno partecipato a 7 studi e in 4 di questi hanno ricoperto ruoli di massimo livello (*principal investigator, project manager, system engineer o project/instrument scientist*).

Lo scopo di questa proposta è agire su tutti e tre i fronti (tecnologico, industriale, scientifico) al fine di maturare le tecnologie ancora in fase di sviluppo in modo da orientare le scelte finali di ESO a vantaggio sia dell'industria che della scienza italiana, e preparare le industrie ai bandi di gara e la comunità scientifica ai *calls for proposals* relativi sia a sviluppi strumentali che a progetti osservativi veri e propri.

Contenuto innovativo e strumentazione di E-ELT: il contributo italiano

Il concetto di E-ELT vede l'ottica adattiva come elemento integrato nella struttura del telescopio. Questo richiede la realizzazione di uno specchio (denominato "M4") di 2.5 m di diametro, deformabile in modo controllato in 6000 punti, con un ciclo tipico di 1 millisecondo. Grazie all'esperienza in operazioni di grande successo (come il telescopio LBT in Arizona) e all'unicità delle competenze italiane, le ditte italiane ADS e Microgate, in collaborazione con INAF – OABr, nel maggio 2012 hanno ottenuto da ESO il contratto esclusivo per la realizzazione del disegno di M4 (vedi allegati 1, 2 e 3) per 3.2 Meuro. Queste ditte intendono collaborare a T-REX anche negli anni a seguire.

Di alta competitività e di grosso impatto sui costi è la tecnica di realizzazione dei singoli (circa 800) specchi concavi che, in mosaico, costituiranno lo specchio primario M1. L'impresa italiana Media Lario, originata da uno spin-off di INAF per la realizzazione di ottiche X di SAX all'inizio degli anni '90, ha raggiunto un alto livello di qualificazione nella realizzazione di componenti in materiali speciali, e in particolare gli specchi, per applicazioni

spaziali e da terra (progetti SAX, Swift, XMM, e-Rosita, MMT, ALMA, MAGIC e CTA), ha sviluppato una nuova tecnologia per la realizzazione degli specchi basata sul continuo scambio di know-how con INAF (OABr), T-REX si propone di approfondirne lo studio e vagliare le possibilità di commesse da ESO.

9.2 Risultati attesi

Risultati strategici

Con il progetto proposto INAF potrà contribuire alla realizzazione di un'infrastruttura strategica e prioritaria per la comunità scientifica europea e mondiale. INAF rafforzerà inoltre il suo ruolo in campo internazionale consolidando la sua posizione di responsabilità nei consorzi per la costruzione degli strumenti di E-ELT. Il contributo di INAF alla costruzione della strumentazione sarà compensato da ESO sotto forma di tempo di osservazione garantito, assicurando alla comunità scientifica nazionale la possibilità di usufruire di questo eccezionale telescopio e di ottenere in prima persona risultati scientifici di grandissimo impatto. Il progetto proposto consentirà a INAF di coinvolgere imprese italiane negli studi e nella realizzazione degli strumenti di E-ELT, consolidando le eccellenze presenti sul territorio nazionale. Infine il progetto offrirà nuove opportunità di formazione e di lavoro per giovani ricercatori e tecnologi.

Risultati scientifici

E-ELT, quando sarà operativo, consentirà il raggiungimento di risultati scientifici rivoluzionari. L'intero progetto ESO è basato sui requisiti tecnici necessari per riuscire a vedere e studiare le prime strutture cosmiche formatesi agli albori dell'universo, le regioni di formazione stellare in galassie vicine e lontane, la formazione di sistemi planetari attorno a stelle appena nate, pianeti simili alla Terra ruotanti attorno ad altre stelle in zone *abitabili*, cioè in condizioni fisiche che consentano lo sviluppo di forme anche semplici di vita. Particolare attenzione viene dedicata allo sviluppo di strumentazione che permetta la caratterizzazione dell'atmosfera di pianeti rocciosi orbitanti intorno a stelle simili al Sole, così da stabilire se su di essi si sia sviluppata la vita. Inoltre, come in tutte le imprese di concezione rivoluzionaria, dal cannocchiale di Galileo fino all'Hubble Space Telescope, è probabile che E-ELT sveli fenomeni a noi ancora totalmente sconosciuti che potranno cambiare drasticamente la nostra comprensione dell'universo e della fisica fondamentale.

Risultati di interesse per l'avanzamento tecnologico

Lo sviluppo di strumentazione astronomica per un telescopio avveniristico come E-ELT implica enormi avanzamenti nei più svariati campi tecnologici: ingegneria dei sistemi, ottica, meccanica, ingegneria del software, automazione, componenti e sistemi elettronici, micro- e nano-elettronica, ecc. Nel caso specifico di E-ELT e della sua strumentazione, il massiccio impiego di tecniche di ottica attiva ed adattiva consentirà indubbi avanzamenti nel campo dei controlli automatici, dei dispositivi sensoriali e degli attuatori.

Nel periodo di finanziamento di questo progetto premiale i risultati riguarderanno l'innovazione tecnologica e il *know how* per raggiungere le specifiche tecniche necessarie al raggiungimento degli obiettivi scientifici su indicati. Ci si aspetta quindi di sviluppare disegni e tecniche estremamente innovativi per l'ottimizzazione delle ottiche adattive, della risoluzione angolare e dell'efficienza delle camere e degli spettrografi, della meccanica, dell'elettronica e delle tecniche costruttive. Il risultato dovrà essere un prodotto che dia le migliori *performances* tecnico-scientifiche, limitando al minimo necessario costi e complessità gestionali, e che garantisca il successo alle nostre imprese nella competizione internazionale per l'assegnazione delle commesse per E-ELT, ma anche la possibilità di applicazione in altri settori produttivi. In poche parole, un prodotto che confermi *l'esprit du génie* che ha reso il *Made in Italy* unico al mondo.

Il ruolo delle imprese italiane

In passato l'industria italiana ha contribuito in modo significativo alla costruzione del VLT (Ansaldo, EIE) e alla costruzione di ALMA, ora in fase di conclusione (EIE, Media Lario, Thales - Alenia Italia e sottocontraenti). In fase di progetto di E-ELT sono stati investiti da ESO 48 MEuro in contratti industriali. Di questi, 8.3 MEuro sono andati a imprese italiane. Essi includono contratti per il disegno complessivo di struttura ed edificio, e la progettazione di M4, specchio adattivo che costituisce una delle chiavi della novità tecnica del telescopio.

Le imprese più direttamente coinvolte sono:

- ADS & Microgate (Lecco, Bolzano): sviluppo dello specchio adattivo M4, attività in cui le imprese hanno acquisito una competenza unica al mondo, che ha portato alla sottoscrizione di un contratto con ESO di 3.183.400 euro (vedi allegato), di cui 399.800 euro verranno girati da Microgate a INAF (vedi allegato).
- EIE (Mestre): disegno della struttura e dell'edificio. Impresa con esperienza internazionale di alto livello nella progettazione e realizzazione di grandi infrastrutture scientifiche.
- Media Lario (Lecco): produzione di segmenti dello specchio principale con nuove tecnologie di *figuring* ottico di tipo deterministico come il *bonnet polishing* e l'*ion figuring* e di metrologia avanzata delle superfici. In queste operazioni, specialmente nella fase di *assessment* preindustriale dei metodi produttivi, Media Lario sarà affiancata da INAF (OABr)

Imprese italiane altamente specializzate sono state coinvolte anche negli studi di fase A degli strumenti per E-ELT. Tra queste ricordiamo

- Tomelleri s.r.l. (Villafranca, VR), specializzata nella progettazione e realizzazione di sistemi meccanici per telescopi e strumentazione astronomica;
- CRIOTEC Impianti s.r.l. (Chivasso, TO), specializzata in sistemi criogenici per applicazioni scientifiche come la fisica nucleare (CERN, INFN) e l'astronomia (ESO VLT, INAF TNG). Si allega dichiarazione di interesse a collaborare a T-REX da parte di CRIOTEC.

Diverse industrie nazionali potranno essere coinvolte su contratti "minori", come già avvenuto con VLT, LBT, ALMA e altri telescopi): alimentatori, elettronica di alta stabilità, meccanica di precisione, sistemi di controllo, sistemi di produzione "locale" di energia elettrica, *piping*, simulazioni e modellazione (tunnel a vento) del comportamento aerodinamico della struttura, componenti ottici (Gestione Silo). Altre industrie sono coinvolgibili su contratti "maggiori", in dipendenza dalla loro politica industriale, dalla competitività tecnica e economica su specifici sottosistemi, dalla necessità di ragionevole "distribuzione geografica" dei contratti e sottocontratti all'interno dei paesi membri. Esempi sono imprese quali EIE, Ansaldo-Camozzi o Thales-Alenia Italia nella costruzione della struttura (esperienze passate VLT, LBT, ALMA) o consorzi di imprese quali Technosud.

Potenzialità applicative

La ricerca nel campo dell'ottica attiva e adattiva, centrale nella proposta progettuale, ha notevoli potenzialità applicative. Si possono citare tre esempi rilevanti. Il primo riguarda le tecnologie per la diagnostica e la chirurgia oftalmica. L'osservazione della retina è limitata dalle aberrazioni ottiche del cristallino e dalla natura viscosa dell'umor vitreo: una correzione adattiva consente la formazione di immagini della retina molto più nitide, al limite di diffrazione dello strumento utilizzato. Tecniche di misura del fronte d'onda (*wavefront sensing*) si utilizzano anche in interventi chirurgici per la correzione dei difetti della vista. Esiste un precedente in questo campo: il progetto Waterfall, che ha coinvolto INAF, Università di Catania e SIFI spa, una società leader a livello europeo nel campo oftalmico. Altre applicazioni sono possibili in questo campo.

Il secondo esempio riguarda i concentratori solari per applicazioni energetiche da fonti rinnovabili. Nelle centrali solari termiche l'energia solare concentrata viene utilizzata sostanzialmente per produrre vapore e muovere turbine. In questo campo OAA ha recentemente realizzato un progetto (Solare Termodinamico ad Alto Rendimento) per ottimizzare le prestazioni dei concentratori mediante l'utilizzo di geometrie innovative. Oltre al solare termico appaiono molto promettenti i sistemi di produzione di energia elettrica mediante celle fotovoltaiche a concentrazione. Altre applicazioni interessanti sono l'utilizzo di radiazione solare concentrata per test di materiali o – applicazione ancora più avveniristica – per raggiungere temperature estreme utili nei processi di produzione di un combustibile non fossile quale l'idrogeno. È attualmente in corso uno studio concettuale presso OABo e IASF-Bo in collaborazione con l'Università di Bologna nell'ambito di una tesi di dottorato di ricerca per analizzare in maniera sistematica il guadagno ottenibile tramite l'applicazione di tecniche di ottica attiva ai concentratori solari utilizzati nelle applicazioni citate.

Il terzo riguarda le tecniche nano-litografiche per la produzione dei nano-processor dei computer di prossima generazione. A questo proposito le maggiori ditte che operano nel settore come INTEL e PHILIPS stanno guidando le attività, con uno sforzo notevolissimo, per passare dalle tecniche di produzione degli attuali microprocessori basate su litografia a trasmissione con luce UV (cioè con banchi ottici costituiti da lenti) alla produzione di chip con piste nanometriche tramite litografia a trasmissione nell'estremo UV, che necessita l'uso di specchi a profilo estremamente preciso. Il know-how sviluppato per le tecniche di fast & precise polishing

necessarie per la produzione degli specchi di E-ELT potrà essere sfruttato per la realizzazione dei collettori riflettenti necessarie per i banchi ottici per la nano-litografia. Per questa attività sono già in corso consolidati contatti e collaborazioni tra Media Lario e le maggiori ditte del settore.

10 Elementi e criteri di verifica dei risultati raggiunti.

Come sopra descritto, il Coordinatore nazionale è responsabile della gestione del progetto e dei fondi assegnati ed è affiancato dall'Unità Operativa 1 nel compito di coordinare e controllare le attività dell'intero progetto e di verificarne i risultati raggiunti. Ove il MIUR lo ritenesse opportuno, si potrà procedere all'individuazione di una commissione di valutazione completamente indipendente ed esterna al progetto.

Elementi per la verifica dei risultati attesi saranno:

- a) Produzione di documentazione: rapporti scientifici preparati per definire i requisiti degli strumenti, studi progettuali e rapporti tecnici relativi a componenti, prototipi o sotto-sistemi di strumenti di E-ELT.
- b) Realizzazione di investimenti per l'implementazione e lo sviluppo di prototipi e per il potenziamento di laboratori e strutture da utilizzare per l'integrazione degli strumenti di E-ELT.
- c) Consolidamento dei gruppi di ricerca coinvolti nella progettazione e costruzione della strumentazione di E-ELT, mediante reclutamento di giovani ricercatori e tecnologi.
- d) Ruolo ottenuto da INAF nei consorzi internazionali per la costruzione di MAORY e di MICADO. sotto-sistemi dello strumento di prima luce ELT-CAM.
- e) Ruolo di INAF nelle proposte per gli strumenti ELT-HIRES e ELT-MOS presentate in risposta alla *call for proposals* che ESO prevede di annunciare nel 2013 ed esito di queste proposte.
- f) Contratti assegnati da ESO a ditte italiane nell'ambito del progetto E-ELT a valle del supporto dato da INAF per il consolidamento del design e delle tecnologie che avverrà nell'ambito di questo progetto.
- g) Numero e qualità di tesi di laurea e di borse di dottorato assegnate da partecipanti a T-REX su temi di pertinenza.

L'applicabilità degli elementi d) – f) nei tempi previsti per la presente proposta progettuale dipende dai tempi del progetto complessivo, definiti da ESO e sottoposti alla valutazione di vari organismi di controllo.

Seguono 19 Allegati