



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



CAPITOLATO TECNICO

PROCEDURA APERTA CON MODALITA' TELEMATICA SU PIATTAFORMA ASP CONSIP PER L'AFFIDAMENTO DELL'APPALTO AVENTE AD OGGETTO LA FORNITURA ED INSTALLAZIONE DI APPARECCHI PER ANALISI E RIVELAZIONI CPV 38430000-8 NELL'AMBITO DEL PROGETTO PER-ACTRIS-IT PIR01_00015 - IMPORTO COMPLESSIVO € 5.005.960,15 SUDDIVISO IN 10 LOTTI FUNZIONALI.

**GARA N. 7631450
CUP: B17E19000000007
CPV 38430000-8**



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Sommario

1 – Premessa e oggetto	3
2 – Obblighi dell'aggiudicatario	3
3 – Termini e luogo di consegna ed installazione	5
Lotto 1 – Lidar fisso per misure di aerosol e vapor d'acqua.	7
Lotto 2 – Lidar mobile per misure di aerosol e di calibrazione.....	12
Lotto 3 – Laboratorio per test di configurazioni e ottiche di sistemi lidar.	17
Lotto 4 – Spettrometro ad alta risoluzione per la misura degli spettri di assorbimento della radiazione solare.....	25
Lotto 5 – Radar Doppler polarimetrico a 94 GHz.....	27
Lotto 6 – Radiometro a microonde multicanale.....	28
Lotto 7 – Radar Doppler polarimetrico a 35 GHz.....	29
Lotto 8 – Lidar Doppler polarimetrico a scansione	30
Lotto 9 – Lidar Doppler a scansione	32
Lotto 10 – 4 Spettrometri Ottici di Particelle.....	33

1 – Premessa e oggetto

Il presente capitolato tecnico illustra le specifiche tecnico/operative relative alla fornitura e installazione della strumentazione scientifica sinteticamente indicata nella sottostante tabella, le cui caratteristiche minime sono descritte, per singolo lotto, nelle successive specifiche sessioni.

# Lotto	CIG	Descrizione sintetica
1	814101521B	Lidar fisso per misure di aerosol e vapor d'acqua
2	8141046BAD	Lidar mobile per misure di aerosol e di calibrazione
3	8141078617	Laboratorio per test di configurazioni e ottiche di sistemi lidar
4	814109976B	Spettrometro ad alta risoluzione per la misura degli spettri di assorbimento della radiazione solare
5	81411132FA	Radar Doppler polarimetrico a 94GHz
6	814154142C	Radiometro a microonde multicanale
7	8141842C8E	Radar Doppler polarimetrico a 35GHz
8	8141860B69	Lidar Doppler polarimetrico a scansione
9	81418692D9	Lidar Doppler a scansione
10	8141881CBD	4 Spettrometri ottici di Particelle

Resta, in ogni caso, salva l'eventuale offerta migliorativa presentata dall'operatore economico in sede di gara.

Tutta la strumentazione dovrà essere nuova di fabbrica e allo "stato dell'arte" per l'attuale tecnologia, con possibilità di eventuali implementazioni e potenziamenti futuri. Nella fornitura delle apparecchiature richieste dovranno essere compresi, ove necessario, tutti i componenti hardware e software di ultima generazione presenti sul mercato per strumenti della medesima classe, al fine di offrire prestazioni in grado di soddisfare le esigenze del progetto.

La strumentazione dovrà essere inoltre conforme alle vigenti normative europee in materia di rischi e sicurezza dei lavoratori, compatibilità elettromagnetica (se il caso), pertanto, l'aggiudicatario dovrà fornire le relative certificazioni di conformità, ove previste, per la specifica tipologia di strumentazione oggetto di ciascun lotto.

2 – Obblighi dell'aggiudicatario

L'aggiudicatario si obbliga a fornire:

2.1 – Installazione: la strumentazione dovrà essere installata come meglio specificato nel paragrafo "Termini e luogo di consegna e installazione". L'aggiudicatario dovrà provvedere alla sistemazione della strumentazione nel sito/i di installazione indicato/i a sue spese, provvedendo al trasporto, montaggio e messa in funzione delle apparecchiature. L'aggiudicatario deve garantire la consegna della strumentazione esente da difetti e perfettamente funzionante. Inoltre, l'aggiudicatario si impegna a fornire tutta la documentazione tecnica sulle misure, i test ed i controlli di qualità effettuati durante la fase di installazione, infine, i manuali d'uso della strumentazione in lingua inglese e/o italiana.

2.2 – Formazione: l'aggiudicatario dovrà garantire un programma di addestramento all'uso ed alla manutenzione ordinaria della strumentazione per il personale del CNR opportunamente indicato, come



stabilito nella sezione “Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento” per ciascun lotto, fatta salva l’offerta migliorativa presentata in sede di gara. Il suddetto addestramento dovrà essere tenuto presso la sede di consegna ed installazione da ingegneri o tecnici specializzati, secondo un calendario che dovrà essere preventivamente approvato dal Responsabile Unico del Procedimento. Il programma di addestramento dovrà essere avviato entro 10 (dieci) giorni solari dalla positiva verifica di conformità/collaudò della strumentazione, salvo diverso accordo con il RUP. Il corso e la documentazione di addestramento dovranno essere in lingua italiana e/o inglese.

2.3 – Assistenza tecnica e manutenzione:

2.3.1 – In caso di fermo macchina durante il periodo di garanzia, l’aggiudicatario dovrà essere in grado di intervenire tempestivamente dalla segnalazione del guasto, comunicato a mezzo PEC o email ordinaria, entro un massimo di 15 (quindici) giorni lavorativi, fatta salva l’offerta migliorativa presentata in sede di gara. Tale intervento è finalizzato alla immediata assistenza ed al ripristino delle funzionalità della strumentazione o, nel caso in cui ciò non sia possibile, alla valutazione del guasto e degli interventi necessari.

2.3.2 – Nel caso in cui il ripristino delle funzionalità della strumentazione richieda la fornitura di parti o elementi nuovi, ovvero “*provvisorio*” o “*di rotazione*”, gli stessi devono essere consegnati ed installati entro un massimo di 30 (trenta) giorni lavorativi dall’individuazione del guasto di cui al precedente punto 2.3.1, fatta salva l’offerta migliorativa presentata in sede di gara.

2.3.3 – L’aggiudicatario dovrà garantire la disponibilità delle parti di ricambio almeno per 36 (trentasei) mesi, fatta salva l’offerta migliorativa presentata in sede di gara, successivi allo scadere della garanzia di legge.

2.4 – Garanzia: la garanzia fornita dall’aggiudicatario dovrà coprire un periodo di almeno 12 (dodici) mesi dalla data della positiva verifica di conformità/collaudò della strumentazione, fatta salva l’offerta migliorativa presentata dal concorrente in sede di gara. Tale garanzia deve comprendere le riparazioni o sostituzioni di parti (con esclusione delle parti c.d. “*consumabili*” chiaramente individuabili nella documentazione a corredo) necessarie al funzionamento ottimale della strumentazione. Inoltre, devono ritenersi comprese nella garanzia le spese di trasferta ed i costi della manodopera dei tecnici presso la sede di consegna ed installazione. Per l’intero periodo di vigenza della garanzia, l’aggiudicatario si impegna a fornire gratuitamente gli eventuali *upgrade* alle licenze *software*.

2.5 – Spese: l’offerta presentata in sede di gara dall’aggiudicatario deve comprendere tutte le spese relative al trasporto, all’installazione (inclusi apparecchiature per il test della strumentazione, paranchi e materiali di consumo), alla partecipazione alla verifica di conformità/collaudò ed al programma di addestramento del personale della stazione appaltante. L’aggiudicatario dovrà altresì provvedere, a proprie spese, al ritiro e smaltimento degli imballaggi e dei materiali di risulta da effettuare nel pieno rispetto della normativa vigente.

3 – Termini e luogo di consegna ed installazione

I termini di consegna ed installazione della strumentazione di cui al paragrafo § 1, espressi in giorni naturali e consecutivi decorrenti dal giorno successivo alla sottoscrizione del contratto di fornitura, sono:

# Lotto	Termine di consegna	Termine di installazione
1	330	360
2	450	480
3	570	600
4	365	400
5	540	570
6	240	270
7	270	300
8	120	150
9	180	210
10	110	120

La consegna e l'installazione della strumentazione dovranno essere effettuate presso gli indirizzi indicati in tabella, in accordo con il Responsabile Unico del Procedimento:

# Lotto	Luogo di consegna e installazione	
1	Lidar fisso per misure di aerosol e vapor d'acqua	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
2	Lidar mobile per misure di aerosol e di calibrazione	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
3	Laboratorio per test di configurazioni e ottiche di sistemi lidar	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
4	Spettrometro ad alta risoluzione per la misura degli spettri di assorbimento della radiazione solare	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
5	Radar Doppler polarimetrico a 94GHz	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
6	Radiometro a	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di



	microonde multicanale	Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
7	Radar Doppler polarimetrico a 35GHz	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
8	Lidar Doppler polarimetrico a scansione	CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy
9	Lidar Doppler a scansione	CNR-ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima – Sede secondaria di Lecce – Str. Prv. Lecce-Monteroni km 1.2, 73100 Lecce, Italy
10	Spettrometri ottici di Particelle	<p>OPC_A: CNR-IMAA, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja, 85050, Tito Scalo (Potenza), Italy</p> <p>OPC_B: CNR-ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy</p> <p>OPC_C: CNR-ISAC, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima – Sede secondaria di Lecce – Str. Prv. Lecce-Monteroni km 1.2, 73100 Lecce, Italy</p>

Lotto 1 – Lidar fisso per misure di aerosol e vapor d'acqua.

Descrizione sintetica: Sistema Lidar (light detection and ranging) per la caratterizzazione degli aerosol atmosferici e per le misure di vapor d'acqua.

La strumentazione di cui si propone l'acquisto dovrà avere delle caratteristiche molto superiori rispetto a quelle minime richieste ad una National Facility di ACTRIS, fissate nell'ambito di EARLINET, in quanto, come parte di CARS, deve essere in grado di garantire standard osservativi elevatissimi sia per quanto riguarda il set-up sperimentale che per quanto riguarda la qualità dei dati. L'obiettivo è quello di incrementare le capacità osservative lidar dell'osservatorio atmosferico del CNR-IMAA ottimizzandone ed estendendone le performance, comportando un notevole incremento della complessità del sistema lidar.

MISURE ED OPERABILITÀ RICHIESTE

- Misure di tre backscatter (1064, 532 e 355 nm), due estinzioni (mediante Raman vibrazionale a 387 e 607 nm), tre depolarizzazioni (1064, 532 e 355 nm), vapor d'acqua (mediante Raman vibrazionale a 407 nm), nel PBL e nella libera troposfera.
- misure di estinzione a 532 e 355 nm in condizioni notturne e in condizioni diurne, almeno per un'ora dopo il sorgere del sole e un'ora prima del tramonto (comprovate da un'analisi svolta mediante tecniche di ray-tracing o tecniche equivalenti).
- controllo da remoto e automazione completa per operatività h24/7g. L'automazione completa riguarderà tutti i componenti critici controllabili da pc e in remoto, meccanismo di protezione del sistema con stazione meteo dedicata e chiusura automatica in condizioni meteo avverse.
- Regione di overlap geometrico completo: 0.2 km - 20 km (comprovato da specifiche simulazioni di ray-tracing o metodi equivalenti).
- Setup appropriato (almeno 3 gradi di tilting **rispetto alla verticale**) del sistema per evitare la riflessione speculare da parte dei cristalli di ghiaccio delle nubi.

CARATTERISTICHE MINIME DELLO STRUMENTO E DELL'EQUIPAGGIAMENTO:

- **Emissione:**
 - 2 sorgenti laser Nd:YAG (una per la sola lunghezza d'onda a 1064 nm, l'altra per 532 e 355 nm).
 - Laser 1:
 - Energia > 150 mJ @ 1064
 - Frequenza di ripetizione ≥ 10 Hz
 - Divergenza < 1.2 mrad (full angle)
 - Durata dell'impulso: < 9 ns
 - Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% (misurata con una tecnica appropriata documentata)
 - Laser 2:
 - Energia > 200 mJ@ 355, > 100 mJ@532
 - Frequenza di ripetizione ≥ 10 Hz (comunque, la stessa del Laser 1)
 - Divergenza < 1.2 mrad per tutte le lunghezze d'onda emesse (full angle)
 - Durata dell'impulso: < 9 ns
 - Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% @ 355 e migliore del 98% a 532 (misurata con una tecnica appropriata documentata)



- Per tutte le lunghezze d'onda trasmesse in atmosfera, la divergenza dei fasci laser dovrà risultare < 0.5 mrad (inclusi stabilità di puntamento e/o derive termiche), documentandola con una misura. Se viene usata l'espansione del fascio, questa dovrà essere accuratamente caratterizzata e dovranno essere misurate le proprietà di depolarizzazione degli espansori.
- Allineamento motorizzato dei fasci laser rispetto agli assi dei telescopi con precisione di almeno 0.1 mrad.
- I percorsi ottici dei fasci laser emessi dovranno essere schermati in modo da non essere liberi e/o visibili all'interno dell'ambiente contenente il sistema lidar.
- La larghezza di riga dovrà essere < 120 pm a 1064 nm con una accuratezza migliore di 25pm. Dovrà essere fornita una misura indipendente dal costruttore del laser, effettuata mediante un wavemeter, della larghezza di riga e della lunghezza d'onda di emissione dei laser.

Note:

- a) Dovranno essere fornite misure di shift di fase e di attenuazione per tutti gli elementi ottici.
 - b) Dovranno essere fornite misure di shift di fase e di attenuazione totali delle unità di emissione.
- **Ricezione:**
 - Telescopi
 - 2 telescopi per coprire l'intero range di quota (near e far range)
 - I telescopi dovranno essere di tipo Cassegrain
 - I telescopi non dovranno contenere ottiche rifrattive
 - L'oscuramento dei telescopi dovrà essere $< 10\%$
 - Field stop dei telescopi appropriati (pin-hole o slit inclinata, cfr. *Freudenthaler, V.: Optimized background suppression in near field lidar telescopes, 6th ISTP International Symposium on Tropospheric Profiling: Needs and Technologies, 14-20 Sept. 2003, Leipzig, Germany, 2003*) per massimizzare la soppressione della radiazione di fondo (fornire le specifiche/simulazioni della soluzione proposta in termini di rapporto segnale/rumore).
 - Motorizzazione del meccanismo per le misure di telecover (cfr. *Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINET lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018*).
 - Policromatore (unità di separazione delle lunghezze d'onda):
 - Policromatore compatto, modulare e protetto dalle intemperie.
 - Per ciascun telescopio, canali ottici a 1064, 532, 355 nm (componenti di polarizzazione parallela e perpendicolare per le tre lunghezze d'onda), 607, 387, 407 nm.
 - CCD camera (o rivelatori appropriati) per testare l'allineamento di tutti i fasci laser inviati in atmosfera sia per il far range che per il near range.
 - Sistema per la calibrazione dei canali di depolarizzazione a 1064, 532 e 355 nm con la tecnica $\pm 45^\circ$, mediante l'uso di un calibratore motorizzato distinto per ciascuna lunghezza d'onda insieme alla possibilità di ruotare la Wavelength



Separation Unit (WSU) per la caratterizzazione delle ottiche a valle dei telescopi in caso di sostituzione delle stesse.

- Unità WSU termalizzata, con stabilità di temperatura $< \pm 1^\circ\text{C}$.
 - Elementi ottici totalmente accessibili.
 - Cubo beam splitter polarizzatore con livelli di cross-talk molto bassi ($R_s > 99.9\%$ and $T_p > 98\%$). (Fornire le misure)
 - Polarizzatori lineari, per il cleaning delle componenti di cross-talk a valle del cubo beamsplitter polarizzatore, con contrasto migliore di 1/1000 per ciascun canale di polarizzazione.
 - Caratterizzazione del phase-shift e della diattenuazione per tutti gli elementi ottici.
 - Filtri interferenziali con hard coating con la massima trasmittanza possibile e larghezza di banda appropriata ($\leq 0.5\text{ nm}$) per la soppressione ottimale del fondo fuori banda (si richiedono i datasheet del fornitore e la giustificazione della scelta).
 - Dotazione per ogni canale ottico di un sistema facilitato per l'inserimento di ottiche (es. ND per l'attenuazione della radiazione, otturatore).
 - Set di filtri ND per ottimizzare l'attenuazione della radiazione incidente.
 - L'angolo di accettazione per tutti gli elementi ottici dovrà essere non più grande di 1.5° (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - I raggi raccolti e incidenti sulle ottiche di ricezione dovranno essere concentrati entro un'area non superiore all'80% della superficie delle ottiche (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
- Misure motorizzate di dark (cfr. Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINET lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018).
 - Dovranno essere forniti:
 - i file del ray-tracing ottico (es. in formato ZEMAX OpticStudio) di tutti i percorsi ottici del lidar.
 - misura del coefficiente di dipendenza dalla temperatura degli spettri di trasmissione per tutti i filtri ottici.
 - misura del tempo morto per tutti i canali di rivelazione.
- **Elettronica e foto-sensori**
 - Fotomoltiplicatori (PMT) ottimizzati per le lunghezze d'onda misurate.
 - Eye-piece per ciascun canale di rivelazione, in grado di produrre un'immagine dell'apertura inferiore al 50% della superficie sensibile del PMT (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - APD per 1064 nm
 - Eye-piece per ciascun canale di rivelazione, in grado di produrre un'immagine dell'apertura inferiore al 70% della superficie sensibile dell'APD (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - Acquisizione simultanea analogica e in foto-conteggio (per 1064 nm, solo analogica), per tutti i canali lidar. Il sistema di acquisizione dovrà essere caratterizzato da una elevata risoluzione sia spaziale ($\leq 3.75\text{m}$) che temporale (in grado di effettuare anche acquisizione per singolo shot del laser).



- Il range spaziale nominale per l'acquisizione dovrà coprire almeno l'intervallo 0-60 km.
- Il sistema dovrà essere in grado di effettuare misure in modalità pre-trigger.
- Il sistema di acquisizione dovrà consentire l'integrazione di un numero di segnali selezionabile e di memorizzarli in un file. Nel file dovrà essere inclusa anche la deviazione standard dei segnali (almeno fino a 10 km).

● **Alloggiamento**

- Il lidar dovrà essere allestito e contenuto in un container isolato termicamente.
- il container dovrà essere corredato da un sistema di aria condizionata (con tecnologia inverter) e deumidificante.
- Umidità relativa indoor < 65%
- Variazioni di temperatura indoor < $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Almeno 4 sensori di temperatura e umidità all'interno del container
- Il container dovrà avere, in corrispondenza dei telescopi e dei fasci laser, delle finestre ottiche a bassa birifrangenza (differenza di cammino ottico ammessa < 5nm per cm di spessore della finestra), in modo da influenzare in maniera trascurabile la polarizzazione della radiazione incidente, e dotate di un appropriato coating antiriflesso (riflettività residua < 1% per lato). Sia la birifrangenza che le proprietà del coating dovranno essere comprovate da specifica documentazione.
- Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema per prevenire il deposito di polvere e la condensazione sulle finestre.
- Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema di protezione e di chiusura automatica e shutdown in caso di avverse condizioni meteorologiche (per es. pioggia, fulmini).
- Il container dovrà avere due spazi indipendenti e comunicanti in cui allestire il sistema lidar e uno spazio ufficio/storage attrezzi.
- Il container dovrà essere allestito con impianto elettrico trifase (400V, 32A, 3P+N+T) con trasformatore di isolamento. L'impianto dovrà prevedere un numero di linee di alimentazione (ciascuna dotata di idonea protezione) pari al numero totale dei dispositivi necessari per l'ordinaria operatività del sistema lidar. In aggiunta dovranno essere presenti almeno 2 linee di alimentazione aggiuntive (ciascuna dotata di idonea protezione) tali da garantire un numero totale di prese elettriche (16A – universali schuko bipasso) almeno pari a 10.
L'impianto dovrà infine prevedere due ulteriori linee una per l'illuminazione del container l'altra per l'impianto di condizionamento.
- Il container dovrà essere equipaggiato con impianto di rete dati (Cat. 6) con almeno 4 prese di rete RJ45 oltre a quelle già previste per gli strumenti e i pc del sistema lidar.
- Stazione meteo dedicata.
- Facile accesso al tetto.
- Opzione di shutdown degli strumenti in caso di temperatura interna al di sopra di una soglia specificata.
- Rivelatore di incendio e sistema di allarme, con almeno due sensori di fumo.
- Sistema manuale di spegnimento incendio.

● **Sistema di controllo**



- Tutto l'hardware del sistema lidar dovrà essere completamente gestito da un'unica unità di controllo.
- L'archiviazione dei dati grezzi dovrà essere effettuata attraverso un sistema RAID di storage di almeno 2 T di spazio netto.
- Sistema continuo di monitoraggio della presenza di alimentazione elettrica e di warning in caso di power failure
- Un UPS in grado di garantire lo shutdown dell'intero sistema in caso di interruzione di corrente elettrica.
- Unità di controllo con almeno 4 interlock hardware per garantire la sicurezza nell'uso dei laser.
- Interfaccia Web per il controllo del sistema da parte dell'operatore.
- Il Sistema deve esporre un servizio web RESTful che permetta il controllo machine-to-machine attraverso una rete.
- Interfaccia web-based (installata su un computer esterno al sistema lidar) per accedere all'archivio delle misure e per accedere in near real time ai quicklook delle misure.
- **Altri accessori**
 - Fibra ottica per misure di "zero bin" per tutti i canali di acquisizione del lidar.
- **Software**
 - Tutto il software rilasciato a corredo del sistema lidar deve essere fornito insieme ai codici sorgente.
- **Parti consumabili e ridondanti**

Assistenza per assicurare operatività ininterrotta del sistema almeno per 1 anno (assumendo un'operatività di 24h/285 giorni per anno). Questa deve includere:

 - 1) Almeno 2 manutenzioni dei laser incluse nel costo.
 - 2) Un (1) servizio di recoating e manutenzione dei telescopi inclusi nel costo.
 - 3) 20 set di Flash Lamp + Water filter
 - 4) Sostituzione e/o recoating di specchi per il laser (se presenti) (2 volte).
 - 5) 2 PMT aggiuntivi.
 - 6) Un (1) PC extra con pre-installato tutto il software e l'hardware necessari

Dovranno essere forniti dall'aggiudicatario:

Certificato di conformità con gli standard ISO 9001:2015



Lotto 2 – Lidar mobile per misure di aerosol e di calibrazione.

Descrizione sintetica: Sistema lidar (light detection and ranging) mobile per la caratterizzazione degli aerosol atmosferici.

È uno dei sistemi di riferimento della rete di lidar europea EARLINET e dovrà essere in grado di fornire procedure operative per valutare sia le performance tecniche dei sistemi lidar dell'infrastruttura ACTRIS, sia la qualità delle misure fornite da essi, in termini di segnali lidar e di prodotti ottici (backscatter ed estinzione aerosolici).

Il sistema dovrà pertanto essere non solo trasportabile, ma dovrà anche avere delle caratteristiche che garantiscano delle performance superiori e maggiormente estese rispetto alle quelle minime richieste per i sistemi lidar delle National Facility.

MISURE ED OPERABILITÀ RICHIESTE

- Misure di tre backscatter (1064, 532 e 355 nm), due estinzioni (mediante Raman vibrazionale a 607 e 387 nm) e tre depolarizzazioni (1064, 532 e 355 nm), nel PBL e nella libera troposfera.
- Sistema progettato in modo da essere gestito da un singolo operatore.
- Regione di overlap geometrico completo: 0.2 - 20 km (comprovato da specifiche simulazioni di ray-tracing o metodi equivalenti).
- Setup appropriato (almeno 3 gradi di tilting **rispetto alla verticale**) del sistema per evitare la riflessione speculare da parte dei cristalli di ghiaccio delle nubi.
- L'alloggiamento e la strumentazione (es. laser) dovranno avere caratteristiche di resistenza e stabilità tali da consentirne i frequenti spostamenti senza riportare danni.

CARATTERISTICHE MINIME DELLO STRUMENTO E DELL'EQUIPAGGIAMENTO:

- **Emissione:**
 - 2 sorgenti laser Nd:YAG (una per la sola lunghezza d'onda a 1064 nm, l'altra per 532 e 355 nm).
 - Laser 1:
 - Energia > 150 mJ @ 1064
 - Frequenza di ripetizione ≥ 10 Hz
 - Divergenza < 1.2 mrad (full angle)
 - Durata dell'impulso: < 9 ns
 - Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% (misurata con una tecnica appropriata documentata)
 - Laser 2:
 - Energia > 90 mJ@355, > 80 mJ@532
 - Frequenza di ripetizione ≥ 10 Hz (comunque, la stessa del Laser 1)
 - Divergenza < 1.2 mrad per tutte le lunghezze d'onda emesse (full angle)
 - Durata dell'impulso: < 9 ns
 - Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% @ 355 e migliore del 98% a 532 (misurata con una tecnica appropriata documentata)



- Per tutte le lunghezze d'onda trasmesse in atmosfera, la divergenza dei fasci laser dovrà risultare < 0.5 mrad (inclusi stabilità di puntamento e/o derive termiche), documentandola con una misura. Se viene usata l'espansione del fascio, questa dovrà essere accuratamente caratterizzata e dovranno essere misurate le proprietà di depolarizzazione degli espansori.
- Allineamento motorizzato dei fasci laser rispetto agli assi dei telescopi con precisione di almeno 0.1 mrad.
- I percorsi ottici dei fasci laser emessi dovranno essere schermati in modo da non essere liberi e/o visibili all'interno dell'ambiente contenente il sistema lidar.
- La larghezza di riga dovrà essere < 120 pm a 1064 nm con una accuratezza migliore di 25pm. Dovrà essere fornita una misura indipendente dal costruttore del laser, effettuata mediante un wavemeter, della larghezza di riga e della lunghezza d'onda di emissione dei laser.

Note:

- c) Dovranno essere fornite misure di shift di fase e di diattenuazione per tutti gli elementi ottici.
- d) Dovranno essere fornite misure di shift di fase e di diattenuazione totali delle unità di emissione.

● **Ricezione:**

- Telescopio
 - 1 telescopio per coprire l'intero range di quota (near e far range)
 - Il telescopio dovrà essere di tipo Cassegrain
 - Il telescopio non dovrà contenere ottiche rifrattive
 - L'oscuramento dei telescopi dovrà essere $< 10\%$
 - Field stop dei telescopi appropriati (pin-hole o slit inclinata, cfr. *Freudenthaler, V.: Optimized background suppression in near field lidar telescopes, 6th ISTP International Symposium on Tropospheric Profiling: Needs and Technologies, 14-20 Sept. 2003, Leipzig, Germany, 2003*) per massimizzare la soppressione della radiazione di fondo (fornire le specifiche/simulazioni della soluzione proposta in termini di rapporto segnale/rumore).
 - Meccanismo (manuale o automatico) per misure di telecover (cfr. *Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINET lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018*).
- Policromatore (unità di separazione delle lunghezze d'onda):
 - Policromatore compatto, modulare e protetto dalle intemperie.
 - Canali ottici a 1064, 532, 355 nm (componenti di polarizzazione parallela e perpendicolare per le tre lunghezze d'onda), 607, 387 nm.
 - CCD camera (o rivelatori appropriati) per testare l'allineamento di tutti i fasci laser inviati in atmosfera sia per il far range che per il near range.
 - Sistema per la calibrazione dei canali di depolarizzazione a 1064, 532 e 355 nm con la tecnica $\pm 45^\circ$, mediante l'uso di un calibratore motorizzato distinto per ciascuna lunghezza d'onda insieme alla possibilità di ruotare la Wavelength



Separation Unit (WSU) per la caratterizzazione delle ottiche a valle del telescopio in caso di sostituzione delle stesse.

- Unità WSU termalizzata, con stabilità di temperatura $< \pm 1^\circ\text{C}$.
 - Elementi ottici totalmente accessibili.
 - Cubo beam splitter polarizzatore con livelli di cross-talk molto bassi ($R_s > 99.9\%$ and $T_p > 98\%$). (Fornire le misure)
 - Polarizzatori lineari, per il cleaning delle componenti di cross-talk a valle del cubo beamsplitter polarizzatore, con contrasto migliore di 1/1000 per ciascun canale di polarizzazione.
 - Caratterizzazione del phase-shift e della diattenuazione per tutti gli elementi ottici.
 - Filtri interferenziali con hard coating con la massima trasmittanza possibile e larghezza di banda appropriata ($\leq 0.5\text{ nm}$) per la soppressione ottimale del fondo fuori banda (si richiedono i datasheet del fornitore e la giustificazione della scelta).
 - Dotazione per ogni canale ottico di un sistema facilitato per l'inserimento di ottiche (es. ND per l'attenuazione della radiazione, otturatore).
 - Set di filtri ND per ottimizzare l'attenuazione della radiazione incidente.
 - L'angolo di accettazione per tutti gli elementi ottici dovrà essere non più grande di 1.5° (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - I raggi raccolti e incidenti sulle ottiche di ricezione dovranno essere concentrati entro un'area non superiore all'80% della superficie delle ottiche (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
- Misure di dark motorizzate e controllabili da pc (cfr. Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINEY lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018).
 - Dovranno essere forniti:
 - i file del ray-tracing ottico (es. in formato ZEMAX OpticStudio) di tutti i percorsi ottici del lidar;
 - misura del coefficiente di dipendenza dalla temperatura degli spettri di trasmissione per tutti i filtri ottici.
 - Misura del tempo morto per tutti i canali di rivelazione.
- **Elettronica e foto-sensori**
 - Fotomoltiplicatori (PMT) ottimizzati per le lunghezze d'onda misurate.
 - Eye-piece per ciascun canale di rivelazione, in grado di produrre un'immagine dell'apertura inferiore al 50% della superficie sensibile del PMT (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - APD per 1064 nm
 - Eye-piece per ciascun canale di rivelazione, in grado di produrre un'immagine dell'apertura inferiore al 70% della superficie sensibile dell'APD (comprovato con specifiche simulazioni di ray-tracing).
 - Acquisizione simultanea analogica e in foto-conteggio (per 1064 nm, solo analogica), per tutti i canali lidar. Il sistema di acquisizione dovrà essere caratterizzato da una elevata risoluzione sia spaziale ($\leq 3.75\text{m}$) che temporale (in grado di effettuare anche acquisizione per singolo shot del laser).



- Il range spaziale nominale per l'acquisizione dovrà coprire almeno l'intervallo 0-60 km.
- Il sistema dovrà essere in grado di effettuare misure in modalità pre-trigger.
- Il sistema di acquisizione dovrà consentire l'integrazione di un numero di segnali selezionabile e di memorizzarli in un file. Nel file dovrà essere inclusa anche la deviazione standard dei segnali (almeno fino a 10 km).

● **Alloggiamento**

- Il lidar dovrà essere allestito e contenuto in un container isolato termicamente.
- il container dovrà essere corredato da un sistema di aria condizionata (con tecnologia inverter) e deumidificante.
- Umidità relativa indoor < 65%
- Variazioni di temperatura indoor < $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- Almeno 4 sensori di temperatura e umidità all'interno del container
- Il container dovrà avere, in corrispondenza del telescopio e dei fasci laser, delle finestre ottiche a bassa birifrangenza (differenza di cammino ottico ammessa < 5nm per cm di spessore della finestra), in modo da influenzare in maniera trascurabile la polarizzazione della radiazione incidente, e dotate di un appropriato coating antiriflesso (riflettività residua < 1% per lato). Sia la birifrangenza che le proprietà del coating dovranno essere comprovate da specifica documentazione.
- Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema per prevenire il deposito di polvere e la condensazione sulle finestre.
- Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema di protezione e di chiusura automatica e shutdown in caso di avverse condizioni meteorologiche (per es. pioggia, fulmini).
- Il container dovrà avere due spazi indipendenti e comunicanti in cui allestire il sistema lidar e uno spazio ufficio/storage attrezzi.
- Il container dovrà essere allestito con impianto elettrico trifase (400V, 32A, 3P+N+T) con trasformatore di isolamento. L'impianto dovrà prevedere un numero di linee di alimentazione (ciascuna dotata di idonea protezione) pari al numero totale dei dispositivi necessari per l'ordinaria operatività del sistema lidar. In aggiunta dovranno essere presenti almeno 2 linee di alimentazione aggiuntive (ciascuna dotata di idonea protezione) tali da garantire un numero totale di prese elettriche (16A – universali schuko bipasso) almeno pari a 10.
L'impianto dovrà infine prevedere due ulteriori linee una per l'illuminazione del container l'altra per l'impianto di condizionamento.
- Il container dovrà essere equipaggiato con impianto di rete dati (Cat. 6) con almeno 4 prese di rete RJ45 oltre a quelle già previste per gli strumenti e i pc del sistema lidar.
- Stazione meteo dedicata.
- Facile accesso al tetto.
- Opzione di shutdown degli strumenti in caso di temperatura interna al di sopra di una soglia specificata.
- Rivelatore di incendio e sistema di allarme, con almeno due sensori di fumo.
- Sistema manuale di spegnimento incendio.



- Il sistema dovrà essere equipaggiato con un mini-radar e di interlock laser per tenere conto di possibili regole sul traffico aereo nei diversi siti di misura dove si troverà ad operare.
- Il sistema dovrà essere strutturato ed allestito in modo da essere trasportato facilmente tramite automezzi e senza necessità di disassemblare e imballare separatamente parti di esso.
- **Sistema di controllo**
 - Tutto l'hardware del sistema lidar dovrà essere completamente gestito da un'unica unità di controllo.
 - L'archiviazione dei dati grezzi dovrà essere effettuata attraverso un sistema RAID di storage di almeno 2 T di spazio netto.
 - Sistema continuo di monitoraggio della presenza di alimentazione elettrica e di warning in caso di power failure
 - Un UPS in grado di garantire lo shutdown dell'intero sistema in caso di interruzione di corrente elettrica.
 - Unità di controllo con almeno 4 interlock hardware per garantire la sicurezza nell'uso dei laser.
 - Interfaccia Web per il controllo del sistema da parte dell'operatore.
 - Il Sistema deve esporre un servizio web RESTful che permetta il controllo machine-to-machine attraverso una rete.
 - Interfaccia web-based (installata su un computer esterno al sistema lidar) per accedere all'archivio delle misure e per accedere in near real time ai quicklook delle misure.
- **Altri accessori**
 - Fibra ottica per misure di "zero bin" per tutti i canali di acquisizione del lidar.
- **Software**
 - Tutto il software rilasciato a corredo del sistema lidar deve essere fornito insieme ai codici sorgente.
- **Parti consumabili e ridondanti**

Assistenza per assicurare operatività ininterrotta del sistema almeno per 1 anno (assumendo un'operatività di 24h/285 giorni per anno). Questa deve includere:

 - 1) Almeno 2 manutenzioni dei laser incluse nel costo.
 - 2) Un (1) servizio di recoating e manutenzione del telescopio incluso nel costo.
 - 3) 20 set di Flash Lamp + Water filter
 - 4) Sostituzione e/o recoating di specchi per il laser (se presenti) (1 volta).
 - 5) 1 PMT aggiuntivo.
 - 6) Un (1) PC extra con pre-installato tutto il software e l'hardware necessari
- **Dovranno essere forniti dall'aggiudicatario:**
 - certificato di conformità con gli standard ISO 9001:2015



Lotto 3 – Laboratorio per test di configurazioni e ottiche di sistemi lidar.

Descrizione sintetica: Il laboratorio è una facility lidar sperimentale multi-purpose avanzata e ad alta complessità.

Tale laboratorio è una delle facility di calibrazione previste all'interno di CARS. La facility dovrà avere una struttura modulare per consentire di realizzare agevolmente nuove configurazioni di misure lidar, che potranno essere operative anche contemporaneamente. Parallelamente dovrà rappresentare un laboratorio di test e calibrazione per i componenti ottici (laser, filtri, ottiche, beam splitter polarizzatori, etc.) tipicamente utilizzati in sistemi lidar della rete ACTRIS.

Il laboratorio dovrà rappresentare lo stato dell'arte della tecnologia lidar Raman e dovrà quindi essere in grado di fornire performance e servizi avanzati e di elevata complessità.

MISURE ED OPERABILITÀ RICHIESTE

Dovranno essere possibili configurazioni per:

- misure lidar di fluorescenza aerosolica in troposfera; misure di profili di proprietà ottiche aerosoliche in troposfera; misure di profili di temperatura con tecniche basate su Raman rotazionale dalla troposfera fino alla stratosfera; misure lidar di acqua liquida; misure in configurazione HSRL (High Spectral Resolution Lidar).
- Il sistema dovrà avere una struttura modulare per realizzare agevolmente nuove configurazioni di misura, che potranno essere operative anche contemporaneamente.
- Dovrà essere sufficientemente attrezzata con strumentazione ottica da laboratorio, sorgenti di radiazione monocromatiche e a larga banda, banco ottico stabilizzato, supporteria meccanica per ottiche, rivelatori, strumenti di misura e di selezione spettrale, per poter testare e calibrare componenti ottici tipicamente usati nei sistemi lidar della rete ACTRIS.
- Il sistema dovrà essere alloggiato in un container termicamente isolato, che dovrà consentire misure lidar anche all'esterno a diversi angoli.

CARATTERISTICHE MINIME DELLO STRUMENTO E DELL'EQUIPAGGIAMENTO:

Capacità di misura

Il laboratorio sarà attrezzato con strumentazione e accessori per effettuare almeno le seguenti tipologie di misure lidar:

1) Misure di temperatura fino a 20 km

Tecnica: Raman Rotazionale

Componenti principali:

- Telescopio con grande apertura (400 mm)
- Laser di potenza seeded con almeno 300 mJ/impulso a 355 nm
- Canali ottici per il Raman rotazionale nel range spettrale UV e VIS

2) Studi avanzati sugli aerosol dalla bassa troposfera alla bassa stratosfera

Tecnica: Misura del backscatter elastico a 3 lunghezze d'onda (1064, 532 e 355 nm), dei segnali Raman (rotazionale e vibrazionale) a 2 lunghezze d'onda (607 e 387 nm) e di depolarizzazione a 3 lunghezze d'onda (1064, 532 e 355 nm).

Componenti principali: quelli del punto precedente e in aggiunta

- un laser extra con energia a 1064 nm ≥ 400 mJ/impulso



- un telescopio extra con 200 mm di apertura

3) Misure di fluorescenza

Tecnica: Lidar a fluorescenza risolta in tempo

Componenti principali: quelli del punto precedente e in aggiunta:

- rivelatore lidar multispettrale
- uno spettrometro a reticolo con sistema di accoppiamento

4) Misure con HSRL

Tecnica: High Spectral Resolution Lidar a 532nm

Componenti principali: quelli del punto precedente e in aggiunta:

- Laser stabilizzato con frequenza locked su una riga di assorbimento dello iodio.
- Cella allo iodio

Configurazione modulare

Per tutte le tipologie di misure e di configurazioni, il sistema deve soddisfare i seguenti requisiti di modularità per l'emissione e per la rivelazione:

a) Emissione:

- Tipo di configurazione biassiale o coassiale.
 - Con o senza beam expander apocromatico (immune da birifrangenza)
- Emissione costituita da un singolo fascio laser (contenente le tre lunghezze d'onda 1064, 532 e 355 nm) o tre fasci laser separati (ciascuno per lunghezza d'onda)
 - Con o senza beam expander per ciascuna lunghezza d'onda emessa.
- Montaggio e smontaggio agevolato delle sorgenti laser.

b) Rivelazione:

- Configurazione modulare per tutti i telescopi usati
- Almeno 8 canali di rivelazione simultanea

c) Specifiche dettagliate

- **Laser 1:**
 - Lunghezze d'onda di emissione: 355, 532 e 1064 nm
 - Larghezza di riga: $< 0.005 \text{ cm}^{-1}$ @ 1064
 - Energia: $> 300 \text{ mJ}$ @ 355 nm
 - Repetition Rate $\geq 10 \text{ Hz}$
 - Divergenza: 0.5 mrad (full angle @ FWHM)
 - Durata dell'impulso $< 10 \text{ ns}$
 - Pointing Stability: $< 100 \mu\text{rad}$
 - Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% @ 355 e migliore del 98% a 532 nm (misurata con una tecnica appropriata documentata)
- **Laser 2:**
 - Lunghezze d'onda di emissione: 355, 532 and 1064 nm
 - Larghezza di riga: $< 1 \text{ cm}^{-1}$ @ 1064
 - Energia: $> 80 \text{ mJ}$ @ 355 nm
 - Repetition Rate $\geq 10 \text{ Hz}$
 - Divergenza: 0.5 mrad (full angle @ FWHM)
 - Durata dell'impulso $< 10 \text{ ns}$
 - Pointing Stability: $< 100 \mu\text{rad}$



- Purezza della polarizzazione: migliore del 99.9% @ 355 e migliore del 98% a 532 nm (misurata con una tecnica appropriata documentata)
- Numero di shot limite delle flash lamp > 50 Mshot
- **Laser 3:**
 - Lunghezze d'onda di emissione: 532.2 nm
 - Larghezza di riga: < 80MHz
 - Frequenza locked sulla riga di assorbimento dello iodio
 - Energia: >500μJ@532 nm
 - Repetition Rate ≥ 3KHz
 - Divergenza: < 1 mrad (full angle @ FWHM)
 - Durata dell'impulso < 12 ns
- **Laser Beam Splitting e accessori del modulo:**
 - Sistema di specchi per il rinvio delle 3 lunghezze d'onda emesse in atmosfera.
 - Set di dumper di protezione dalla radiazione residua e diretta del laser
 - 2 sistemi motorizzati di deflessione (a 90 gradi) della radiazione laser
 - 1 beam expander apocromatico (M>=3)
 - 1 beam expander per 355 nm (M>=3)
 - 1 beam expander per 532 nm (M>=3)
 - 1 beam expander per 1064 nm (M>=3)
 - Monitoraggio in-line della potenza laser
 - Sistema ottico basato su lamine a quarto d'onda per avere la possibilità di rendere circolare la polarizzazione della radiazione laser.
 - Setup appropriato per prevenire la retro-riflessione speculare dai cristalli di ghiaccio (osservazione ad angoli di almeno 3°).

Nota: Tutti i beam expander devono avere apertura di ingresso compatibile con i suddetti laser e devono essere in grado di supportare tutti i laser forniti in termini di laser damage threshold (LDT).
- **Telescopio 1:**
 - Apertura 400 mm
 - Oscuramento < 30%
 - Alu+SiO₂ coating
 - Materiale del supporto: Pyrex o materiali con basso coefficiente di espansione termica
 - Tipologia di OTA (Optical Tube Assemblies): Struttura a traliccio in carbonio
 - Sistema per il test Telecover (cfr. Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINET lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018)
 - Sistema per la protezione dalla polvere
 - Tipologia di telescopio: Cassegrain (preferibilmente).

Nota: Se viene proposto il Newtoniano, lo specchio piano deve essere immune da attenuazione e shift di fase per tutte le tre lunghezze d'onda emesse.
- **Telescopio 2:**
 - Apertura 200 mm
 - Oscuramento < 10%
 - Alu+SiO₂ coating
 - Materiale del supporto: Pyrex o materiali con basso coefficiente di espansione termica
 - Tipologia di OTA: Struttura a tubo in carbonio
 - Sistema per il test Telecover



- Sistema per la protezione dalla polvere Tipologia di telescopio: Cassegrain (preferibilmente).

Nota: Field stop variabile. La ditta dovrà fornire, per tutti i telescopi, i calcoli circa la regolazione della posizione e diametro del field stop in modo da poter configurare i corrispondenti overlap desiderati.

- **Policromatore (Unità di separazione delle lunghezze d'onda):**

- Policromatore compatto e modulare.
- Configurazione intercambiabile per misurare fino a otto segnali simultaneamente.
- Set di filtri interferenziali (IFF) appropriati per misure di retrodiffusione elastica con i suddetti laser a tutte le lunghezze d'onda.
- Set di filtri interferenziali per misure di estinzione aerosolica a 355 nm e 532 nm basate su Raman vibrazionale dell' N_2 .
- Cella allo iodio per misure in configurazione HSRL.
- Filtri interferenziali per misure di estinzione indipendenti dalla temperatura utilizzando la tecnica del Raman rotazionale a 355nm e 532nm. I filtri dovranno garantire la soppressione del segnale elastico all'interno di nubi otticamente spesse ($OD > 6$).
- Filtri interferenziali con hard coating con la massima trasmittanza possibile e larghezza di banda appropriata (≤ 0.5 nm) per la soppressione ottimale del fondo fuori banda (si richiedono i datasheet del fornitore e la giustificazione della scelta). Le perdite legate alla larghezza della riga di emissione laser, all'angolo di incidenza e al drift in temperatura atteso non devono essere maggiori del 5% del massimo della trasmittanza. La ditta dovrà fornire misure del coefficiente di dipendenza dalla temperatura dello spettro di trasmissione per tutti I filtri.
- Un set di specchi diecrici caratterizzati in termini di diattenuazione e shift di fase. Il set dovrà essere costituito almeno da specchi con le seguenti caratteristiche:
 - HR per $\lambda < 900$ nm e HT per $\lambda > 900$ nm
 - HR per $\lambda < 365$ nm con HT per λ compresa tra 365 e 410 nm
 - HR per $\lambda < 565$ nm con HT per λ compresa tra 565 e 1100 nm
 - HR per $\lambda < 620$ nm e HT per $\lambda > 1064$ nm
 - HR per $\lambda > 900$ nm e HT per $\lambda < 900$ nm
 - HR per $\lambda > 565$ nm e HT per $\lambda < 565$ nm
 - Specchio 10/90 a 532 nm
 - Specchio 10/90 a 355 nm
- CCD camera (o rivelatori appropriati) per testare l'allineamento di tutti i fasci laser inviati in atmosfera sia per il far range che per il near range, collegata direttamente (con montaggio appropriato) al policromatore.
- Sistema per la calibrazione dei canali di depolarizzazione a 1064, 532 e 355 nm con la tecnica $\pm 45^\circ$, mediante l'uso di un calibratore motorizzato distinto per ciascuna lunghezza d'onda insieme alla possibilità di ruotare la Wavelength Separation Unit (WSU) per la caratterizzazione delle ottiche a valle dei telescopi in caso di sostituzione delle stesse.
- Cubo beam splitter polarizzatore con cross-talk con valori $R_s > 99.9$ e $T_p > 98\%$ (misurati).



- Polarizzatori lineari, per il cleaning delle componenti di cross-talk a valle del cubo beamsplitter polarizzatore, con contrasto migliore di 1/1000 per ciascun canale di polarizzazione.
- Set di filtri ND per ottimizzare l'attenuazione della radiazione incidente.

- **Rivelazione di radiazione e sistemi di digitalizzazione:**

8 fotomoltiplicatori (PMT) ottimizzati per le lunghezze d'onda misurate con eye-piece regolabili (in grado di creare l'immagine dell'apertura inferiore al 60% dell'area del fotocatodo dei PMT). Dovranno essere fornite le misure del tempo morto e della dark current anodica.

2 APD raffreddati in modalità attiva con eye-piece regolabili (in grado di creare un'immagine dell'apertura inferiore all'80% dell'area attiva sensibile).

Sistema di conteggio a singolo fotone con PMT multi-anodo a 32 canali, alimentatore, interfaccia Ethernet, fotocatodo sensibile nel range 300-850nm, max. rate di conteggio 1.6GHz, rate di conteggio medio in misura di 240 MHz, risoluzione 625 ps. Il sistema dovrà includere:

- Spettrometro Shamrock A-SR-750-A, con lunghezza focale di 750mm, f/9.7. Dimensione del reticolo 68x68mm. La ditta dovrà fornire almeno tre reticoli, da decidere in dettaglio durante la fase di sviluppo del sistema, con relativo sistema di accoppiamento meccanico per il PMT.
- Bundle di fibre ottiche per l'accoppiamento con il sistema di rivelazione in fotoconteggio singolo a 32 canali.
- Sistema di matching ottico per adattare l'apertura numerica del bundle di fibre ottiche a quella dello spettrometro: 750mm f/9.7.

Transient Recorder (TR) per gli otto canali, in grado di supportare l'acquisizione simultanea in fotoconteggio (>300 MHz) e in analogico a 16 bit (per la 1064 nm solo modalità analogica) con elevata risposta temporale (capacità di acquisire anche il segnale corrispondente al singolo shot laser), con risoluzione spaziale fino a 3.75 m.

- Il range spaziale nominale per l'acquisizione dovrà coprire almeno l'intervallo 0-60 km.

Il sistema dovrà essere in grado di effettuare misure in modalità pre-trigger.

Il sistema di acquisizione dovrà consentire l'integrazione di un numero di segnali selezionabile e di memorizzarli in un file. Nel file dovrà essere inclusa anche la deviazione standard dei segnali (almeno fino a 10 km).

- **Strumentazione ancillare**

- Generatori di trigger esterno
- 2 misuratori di potenza a fotodiodo per registrare le energie del laser durante le misure lidar
- Sistema per misurare il trigger delay e lo zero-bin (*(cfr. Freudenthaler, V., Linné, H., Chaikovski, A., Rabus, D., and Groß, S.: EARLINET lidar quality assurance tools, Atmos. Meas. Tech. Discuss., <https://doi.org/10.5194/amt-2017-395>, in review, 2018)*)
- Strumentazione per testare e misurare la linearità A/D
- Shutter motorizzato per i canali Raman.
- Attenuatori di segnale motorizzati (almeno 4)



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Nota: Il ricevitore (Telescopio + Policromatore + PMTs + TR) e il trasmettitore (laser + trigger) devono essere immuni da effetti di ground-loop. A tale scopo, va fornito il relativo progetto.

Sistema di controllo dei lidar

- Tutto l'hardware del sistema dovrà essere completamente gestito da un'unica unità di controllo.
- L'archiviazione dei dati grezzi dovrà essere effettuata attraverso un sistema RAID di storage di almeno 2 T di spazio netto.
- Sistema continuo di monitoraggio della presenza di alimentazione elettrica e di warning in caso di power failure
- Un UPS in grado di garantire lo shutdown dell'intero sistema in caso di interruzione di corrente elettrica.
- Unità di controllo con almeno 4 interlock hardware per garantire la sicurezza nell'uso dei laser.
- Interfaccia Web per il controllo del sistema da parte dell'operatore.
- Interfaccia web-based (installata su un computer esterno al sistema lidar) per accedere all'archivio delle misure e per accedere in near real time ai quicklook delle misure.

Strumenti aggiuntivi per il laboratorio di caratterizzazione delle ottiche

Il laboratorio, per essere in grado di caratterizzare le ottiche dovrà essere equipaggiato anche con:

- Oscilloscopio digitale (Tektronix TDS3054C o equivalente)
- Sorgente di radiazione (tipo Medium Power Xenon Research Light Source della Newport):
 - Housing della lampada
 - Sorgente di luce
 - Alimentatore
 - Lente di collimazione
- Laser Beam Profiler (per la caratterizzazione del profilo del fascio laser)
- Wavemeter con accuratezza assoluta migliore di 200MHz a 532nm
- Ellissometro per la determinazione dello stato di polarizzazione del laser
- Analizzatore di Spettro Laser (LSA) dall'UV al NIR
- Misuratore dell'energia e della potenza del laser con sensori appropriati tutti i laser
- 2 set completi di filtri ad assorbimento di tipo ND con coating antiriflesso per tutte le lunghezze d'onda emesse
- Alimentatore da banco
- Generatore di impulso da banco
- Due moduli per l'allineamento basati su laser a diodo nel violetto e nel rosso.
- Due Free-Space Amplified Photodetectors (sensibili da 350 a 1100 nm) con risposta migliore di 2 ns.



Alloggiamento

Il laboratorio dovrà essere allestito in un alloggiamento (es. container) in cui dovrà essere previsto adeguato e sufficiente spazio per effettuare test ed esperimenti con la tecnica lidar, un altro spazio dedicato alla caratterizzazione di parti ottiche e di laser e un ulteriore spazio per un piccolo ufficio e per sistemare varie attrezzature da laboratorio.

- *Spazio dedicato alle misure lidar*
 - La parte di laboratorio dedicate agli esperimenti lidar deve avere una stabilizzazione in temperatura migliore di ± 2.5 °C (per temperature esterne comprese tra -15 e 45 ° C)
 - Il container dovrà avere, in corrispondenza dei telescopi e dei fasci laser, delle finestre ottiche a bassa birifrangenza (differenza di cammino ottico ammessa < 5 nm per cm di spessore della finestra), in modo da influenzare in maniera trascurabile la polarizzazione della radiazione incidente, e dotate di un appropriato coating antiriflesso (riflettività residua $< 1\%$ per lato). Sia la birifrangenza che le proprietà del coating dovranno essere comprovate da specifica documentazione.
 - L'alloggiamento dovrà consentire all'utente di gestire facilmente il passaggio da una finestra ad un'altra per l'emissione dei fasci laser. Dovranno essere possibili anche misure senza l'uso delle finestre ottiche. Per tutti i telescopi, dovrà essere possibile utilizzare sia la configurazione biassiale che quella coassiale.
 - Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema per prevenire il deposito di polvere e la condensazione sulle finestre.
 - Il container dovrà essere equipaggiato con un sistema di protezione e di chiusura automatica e shutdown in caso di avverse condizioni meteorologiche (per es. pioggia, fulmini).
 - Opzione di shutdown degli strumenti in caso di temperatura interna al di sopra di una soglia specificata.
 - Piattaforma mobile extra per effettuare misure lidar outdoor a qualsiasi angolo di azimut e di zenit (per entrambi i telescopi). A tal proposito, il laboratorio dovrà prevedere un'apertura per consentire di muovere facilmente la suddetta piattaforma all'esterno.
 - Le differenti configurazioni lidar dovranno essere allestite su un banco ottico anti-vibrazioni (4 - 100 Hz).
 - L'apertura della porta del laboratorio dovrà attivare un interlock e arrestare il funzionamento del laser per garantire la sicurezza delle persone. Dovrà essere presente un meccanismo per disattivarlo, ma solo ad uso del personale autorizzato.
- *Laboratorio per la caratterizzazione delle ottiche*
 - Dovrà includere un banco ottico di dimensioni adeguate per consentire la caratterizzazione delle ottiche e dei laser.
 - Dovrà possedere spazio per sufficiente per conservare e utilizzare la strumentazione ausiliare e i vari tool da laboratorio.

Nota: Le pareti interne dei due laboratori dovranno essere di colore nero e antiriflesso.

- *Piccolo ufficio*
 - Dovrà essere attrezzato con una scrivania e una sedia, uno scaffale e un'area di deposito.
 - La luce del sole potrà entrare attraverso finestre oscurabili.
 - Le pareti interne dovranno essere bianche.
- Stazione meteo dedicata
- Accesso facilitato al tetto
- Rivelatori di incendio e sistema di allarme per ciascuno dei tre comparti.



- Sistemi di spegnimento manuale di incendio per ciascuno dei tre comparti.
- Il container dovrà essere allestito con impianto elettrico trifase (400V, 32A, 3P+N+T) con trasformatore di isolamento. L'impianto dovrà prevedere un numero di linee di alimentazione (ciascuna dotata di idonea protezione) sufficienti per l'ordinaria operatività dei due laboratori. Inoltre, dovranno essere presenti almeno 3 linee di alimentazione aggiuntive (ciascuna dotata di idonea protezione) tali da garantire un numero totale di prese elettriche (16A – universali schuko bipasso) almeno pari a 6. L'impianto dovrà infine prevedere due ulteriori linee: una per l'illuminazione del container, l'altra per l'impianto di condizionamento.
- Rete elettrica a 12/24 Volt nei due comparti dedicati alle misure lidar e alla caratterizzazione delle ottiche.
- Il container dovrà essere equipaggiato con impianto di rete dati (Cat. 6) con almeno 4 prese di rete RJ45 oltre a quelle già previste per gli strumenti e i pc del sistema lidar.

Modalità di dimostrazione di funzionamento della facility

La ditta dovrà dimostrare il reale funzionamento del laboratorio lidar, realizzando due set-up previsti nel progetto finale:

- Misure di profili di temperatura utilizzando la tecnica lidar Raman rotazionale;
- Misure di profili di proprietà ottiche degli aerosol utilizzando la tecnica lidar a più lunghezze d'onda.

Per ciascun set-up dei sistemi, la ditta dovrà fornire i file completi del ray-tracing ottico (per es. nel formato ZEMAX OpticStudio)

Consumabili e parti di ricambio

La ditta dovrà assicurare manutenzione, parti di ricambio e ridondanti per tutta la strumentazione di misura lidar per almeno tre anni di operatività degli strumenti.

Assistenza per assicurare operatività ininterrotta del sistema almeno per 1 anno (assumendo un'operatività di 120 giorni continuativi per anno). Questa deve includere:

- 1) Almeno 1 manutenzione dei laser inclusa nel costo.
- 2) Un (1) servizio di recoating e manutenzione dei telescopi incluso nel costo.
- 3) Venti (20) set di Flash Lamp + Water filter
- 4) Sostituzione e/o recoating di specchi per il laser (se presenti) (1 volta).
- 5) Un (1) PMT aggiuntivo.
- 6) Un (1) PC extra con pre-installato tutto il software e l'hardware necessari

Dovranno essere forniti dall'aggiudicatario:

Certificato di conformità con gli standard ISO 9001:2015



Lotto 4 – Spettrometro ad alta risoluzione per la misura degli spettri di assorbimento della radiazione solare.

Descrizione sintetica: Lo strumento è uno spettrometro FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) ad alta risoluzione per la misura degli spettri di assorbimento della radiazione solare nell'intervallo spettrale $600-4500\text{ cm}^{-1}$, con risoluzione di almeno 0.004 cm^{-1} . Lo spettrometro potrà comunque operare potenzialmente nel range spettrale $600-12000\text{ cm}^{-1}$, lasciando così aperta la possibilità a futuri upgrade. Da questi spettri, mediante opportuni algoritmi di inversione, dovrà essere possibile ricavare informazioni quantitative accurate sul contenuto colonnare e la distribuzione verticale dei gas reattivi in atmosfera che hanno linee di assorbimento note nel suddetto intervallo spettrale. In particolare, dovrà essere possibile determinare il contenuto colonnare di ozono (O₃), biossido di azoto (NO₂), formaldeide (HCHO), etano (C₂H₆) ed ammoniaca (NH₃). Inoltre, dalle caratteristiche delle linee di assorbimento dipendenti dalla quota, dovrà essere possibile ottenere informazioni anche sulla distribuzione verticale della concentrazione dei suddetti gas.

Lo spettrometro deve funzionare in modo automatico, nelle ore diurne con cielo sereno, fornendo alternativamente i prodotti dei vari gas bersaglio con risoluzione temporale massima dell'ordine di 1 minuto. Uno strumento con caratteristiche simili a quelle descritte rappresenta la dotazione strumentale minima (ottimale con uno spettrometro nel visibile-ultravioletto) per un sito ACTRIS per l'osservazione dei gas reattivi mediante tecniche di remote sensing, come si evince dal deliverable "ACTRIS-PPP D5.1: Documentation on technical concepts and requirements for ACTRIS Observational Platforms" (<https://www.actris.eu>).

MISURE ED OPERABILITÀ RICHIESTE

- Misura di spettri di assorbimento della radiazione solare nell'intervallo spettrale $600-4500\text{ cm}^{-1}$ con risoluzione di almeno 0.004 cm^{-1} .
- Misura del contenuto colonnare e della distribuzione verticale della concentrazione dei suddetti gas di ozono (O₃), biossido di azoto (NO₂), formaldeide (HCHO), etano (C₂H₆) ed ammoniaca (NH₃).
- Operatività automatica, nelle ore diurne con cielo sereno, con i prodotti dei vari gas bersaglio forniti alternativamente con risoluzione temporale massima dell'ordine di 1 minuto.

CARATTERISTICHE MINIME DELLO STRUMENTO E DELL'EQUIPAGGIAMENTO:

- **Spettrometro:**
 - Spettrometro con ottiche modulari per misure nel range spettrale mid-IR equipaggiato con:
 - Scanner con risoluzione di almeno 0.004 cm^{-1} .
 - Sorgente IR ad alta potenza con unità di raffreddamento
 - Beamsplitter MIR-KBr
 - Rivelatore MCT, raffreddato ad azoto liquido, per misure potenziali nel range spettrale $600-12000\text{ cm}^{-1}$.
 - Rivelatore InSb, raffreddato ad azoto liquido e accessori, per misure nel range spettrale $600 - 1850\text{ cm}^{-1}$ (per una sensibilità migliore in tale range) e relativi accessori.
 - Unità di focalizzazione per i rivelatori
 - Due ruote con aperture, ciascuna con 16 posizioni
 - pompa da vuoto



- PC con sistema di controllo delle ottiche e del processing dei segnali
- Camera estesa per consentire l'installazione di più sorgenti di radiazione interne ed esterne.
- Sun tracker
- Software dedicato per l'acquisizione, il processing, la valutazione e il reporting dei dati spettroscopici IR. Il software dovrà possedere:
 - conformità con le norme cGMP/GLP/GAMP, come il 21 CFR Parte 11 e le linee guida sull'integrità dei dati di FDA
 - possibilità di effettuare il reporting e lo scambio dei dati.
 - possibilità di memorizzare i dati spettrali e i risultati dell'analisi in un database interno o definito dall'utente.



Lotto 5 – Radar Doppler polarimetrico a 94 GHz.

Descrizione sintetica: Radar Doppler polarimetrico a 94 GHz per lo studio della microfisica delle nubi. I radar per lo studio delle nubi operano tipicamente alle lunghezze d'onda di 8,4 e 3,2 millimetri (35 e 94 GHz, rispettivamente). L'acquisizione del radar a 94 GHz migliorerà drasticamente la capacità di osservazione della stazione ACTRIS del CNR-IMAA, fornendo, in sinergia con un radar Doppler a 35 GHz, una stima accurata di molti parametri microfisici delle nubi la cui misura è in linea con il setup ottimale di una stazione ACTRIS (descritto in “Documentation on the technical concepts and requirements for ACTRIS Observational Platforms”, ACTRIS PPP, deliverable D5.1, <https://www.actris.eu>).

La configurazione ottimale di una stazione ACTRIS per il telerilevamento delle nubi comprende, oltre ai tre strumenti principali previsti per la configurazione minima (un radar Doppler per le nubi, un neofisometro ed un radiometro a microonde a doppia frequenza), strumenti aggiuntivi in grado di fornire misure di lungo periodo “quality assured”, con una manutenzione limitata, un'elevata risoluzione temporale e verticale, garantendo l'omogeneità e la comparabilità tra le diverse tecniche.

Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento:

1. Radar Doppler ad onda continua modulato in frequenza (Frequency Modulated Continuous Wave – FMCW), operante a 94 GHz (W-band);
2. Doppia polarizzazione in modalità STSR (Simultaneous Transmission and Simultaneous Reception);
3. Potenza emessa dal trasmettitore ≤ 2 W;
4. Sistema per la mitigazione dell'effetto della pioggia sull'antenna radar;
5. Elevato Isolamento termico;
6. Antenna Cassegrain in configurazione bi-statica
7. Guadagno d'antenna (gain) > 50 dB
8. Larghezza del fascio (beam width) $< 0.6^\circ$ FWHM;
9. Thermal noise $< \pm 0.5$ dB
10. Risoluzione verticale minima ≤ 5 m;
11. Risoluzione temporale ≥ 1 s
12. Risoluzione Doppler elevata ≤ 0.02 m/s;
13. Sensibilità: < -50 dBz a 500 m di quota e < -40 dBz a 2 km di quota, per profili mediati su intervalli temporali ≤ 10 s e con risoluzione verticale ≤ 10 m
14. Intervallo di misura verticale: 50 m - 12 km (minima distanza di misura ≤ 50 m, massima distanza di misura ≥ 12 km);
15. PC embedded ad alte prestazioni e con capacità di storage degli spettri radar ad alta risoluzione pari ad un minimo di due settimane continue di osservazioni.
16. Software operativo con sistema di elaborazione dati.
17. Sistema di posizionamento e unità scanner per spostare il radar in 3D, i.e. in azimuth ed elevazione.

Training on-site della durata minima di 5 giorni lavorativi.

Lotto 6 – Radiometro a microonde multicanale.

Descrizione sintetica: Radiometro a microonde multifrequenza. Il radiometro fornisce stime del profilo verticale di umidità e temperatura fino a 6 km di quota. La risoluzione verticale media ammonta a 500 m e decresce con la quota. I profili della temperatura e del vapore acqueo sono ottenuti dalle misurazioni effettuate con un ricevitore a 2 bande con canali tra 22 e 31 GHz per il vapore acqueo e canali tra 51 e 58 GHz per la temperatura.

L'acquisizione di questo strumento rientra nel piano di ammodernamento ed innovazione delle tecnologie e strumenti già operativi presso la stazione ACTRIS del CNR-IMAAe contribuirà a garantire la continuità e qualità delle misure effettuate presso la stessa stazione, nonché a soddisfare i requisiti ottimali per una stazione ACTRIS per il telerilevamento delle nubi.

Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento:

1. Radiometro a microonde con ricevitore a due bande intorno a 22 e 60 GHz;
2. Numero minimo di canali: 12 (almeno 5 intorno a 22 GHz e 7 intorno a 60 GHz);
3. Sistema per la mitigazione dell'effetto della pioggia sul ricevitore;
4. Ventilatore anticondensa, sistema di riscaldamento e target di calibrazione (a temperatura ambiente e criogenica);
5. Stazione meteorologica;
6. Radiometro a infrarossi nella banda 9.6-11 microns, con accuratezza di 1K;
7. Risoluzione radiometrica $< 0.15K$;
8. Larghezza di banda dei canali: $< 2000MHz$ per i canali nella banda attorno a 22 GHz e $< 250 MHz$ nella banda attorno a 60 GHz;
9. Larghezza del fascio (beam width) $< 4^\circ$ Half Power Beam Width;
10. Tempo minimo di integrazione per ciascun canale < 0.5 secondi;
11. Tempo minimo di campionamento per i profili acquisiti < 15 secondi;
12. PC con software operativo per l'elaborazione dati;
13. Sistema di posizionamento in azimuth ed elevazione;

Training on-site della durata minima di 5 giorni lavorativi.



Lotto 7 – Radar Doppler polarimetrico a 35 GHz

Descrizione sintetica: Radar Doppler polarimetrico a 35 GHz per lo studio della microfisica delle nubi. Il radar a 35 GHz, in sinergia al radar Doppler a 94 GHz, permetterà di studiare le idrometeorie in fase liquida e solida a più lunghezze d'onda, consentendo di ridurre drasticamente le incertezze nella stima delle loro proprietà microfisiche (distribuzione dimensionale, indice di rifrazione, concentrazione, forma e orientazione, etc.). Questa capacità osservativa è presente in poche stazioni al mondo per l'osservazione delle nubi e risulta perfettamente in linea con l'implementazione di un setup ottimale di una stazione ACTRIS per il telerilevamento delle nubi.

Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento:

1. Radar Doppler impulsato operante a 35 GHz (Ka-band);
2. Doppia polarizzazione in modalità LDR (Linear Depolarization Ratio);
3. Potenza di picco emessa dal trasmettitore ≤ 2.5 kW;
4. Sistema per la mitigazione dell'effetto della pioggia sull'antenna radar;
5. Antenna Cassegrain in configurazione monostatica con diametro > 1 m;
6. Guadagno d'antenna (gain) > 50 dB;
7. Sistema di riscaldamento dell'antenna;
8. Larghezza del fascio (beam width) $< 0.6^\circ$ FWHM
9. Thermal noise $< \pm 0.5$ dB
10. Risoluzione verticale minima ≤ 30 m;
11. Risoluzione temporale minima ≤ 1 s
12. Risoluzione Doppler ≤ 0.08 m/s;
18. Sensibilità: $< - 50$ dB a 1 km di quota e $< - 40$ dB a 5 km di quota, per profili mediati su intervalli temporali ≤ 10 s e con risoluzione verticale ≤ 30 m;
19. Intervallo di misura verticale: 150 m - 12 km (minima distanza di misura ≤ 150 m, massima distanza di misura ≥ 12 km);
13. PC ad alte prestazioni e con capacità di storage degli spettri radar ad alta risoluzione pari ad un minimo di due settimane continue di osservazioni.
14. Software operativo con sistema di elaborazione dati.
15. Sistema di scansione per spostare il radar in 3D, i.e. in azimuth ed elevazione.

Training on-site della durata minima di 5 giorni lavorativi.



Lotto 8 – Lidar Doppler polarimetrico a scansione

Descrizione sintetica: Lidar Doppler a scansione per il telerilevamento dei profili di vento, aerosol e nubi in troposfera impiegato nel settore delle scienze dell'atmosfera. Si tratta di uno strumento compatto, facilmente trasportabile, alloggiato in un contenitore robusto, resistente alle intemperie e controllato in temperatura, che richiede una bassa tensione di alimentazione elettrica per funzionare in modo continuo ed automatico in ambiente esterno per settimane, o mesi, senza l'intervento di un operatore. Il controllo del sistema avviene attraverso una connessione diretta o remota al computer di bordo dello strumento, dove è installato il software di controllo. L'acquisizione di un lidar Doppler polarimetrico a scansione aumenterà le capacità di osservazione di aerosol e nubi della stazione ACTRIS del CNR-IMAA, fornendo, tra gli altri, parametri atmosferici complementari a quelli forniti dagli altri strumenti di telerilevamento operanti presso la stessa stazione, come i profili di vento orizzontale e verticale in bassa troposfera ed in condizioni di cielo sereno, ed il vento verticale nella regione di base delle nubi. Inoltre, la depolarizzazione della radiazione retro-diffusa dall'atmosfera, misurata mediante un apposito canale del sistema di ricezione dello strumento, è utilizzata negli algoritmi di ACTRIS per la classificazione dei vari tipi di aerosol ed idrometeor. I suddetti parametri complementari sono utili sia allo studio delle caratteristiche dinamiche dello strato limite planetario, come i venti, la turbolenza e l'altezza del livello di mescolamento, sia allo studio delle interazioni aerosol-nube.

Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento:

1. Trasmettitore laser impulsato di tipo "eyesafe" (classe 1 o 1 M), di lunghezza d'onda nell'intervallo compreso tra 1.5 e 1.6 μm e frequenza di ripetizione degli impulsi ≥ 10 KHz;
2. Capacità di scansione emisferica completa (all-sky) con angolo di elevazione tra -10° e 190° e azimuth tra 0° e 360° ;
3. Misure eseguibili lungo una direzione fissa o variabile secondo diverse modalità di scansione programmabili (es.: scansione conica con angolo di elevazione fisso, scansione verticale con angolo di azimuth fisso, scansione a 3 direzioni, di cui una zenitale e le altre 2 off-zenith e in direzioni orizzontali ortogonali tra loro, ...);
4. Canale per misure di depolarizzazione (per misure lungo una direzione fissa);
5. Antenna GPS per i dati di posizione e sincronizzazione temporale dello strumento;
6. Alimentatore con batterie UPS e sistema di controllo della tensione con funzioni di spegnimento automatico e protezione da sovratensione;
7. Modem per il controllo remoto e trasferimento dei dati;
8. Sistema a spazzola o a ventilatore per la pulizia automatica della finestra ottica;
9. Il contenitore principale dello strumento deve essere resistente alle intemperie (classe IP65 o superiore) ed equipaggiato con un sistema di riscaldamento/raffreddamento per il funzionamento del lidar a temperature ambientali esterne comprese tra -20°C e 45°C ;
10. Eventuali componenti esterni al contenitore principale (es: alimentatore, batterie UPS, ...) devono essere alloggiati in contenitori o cassette impermeabili di classe IP65 o superiore;
11. Cassa di trasporto con base a ruote e freni di bloccaggio;
12. Tensione di alimentazione ≤ 30 VDC;
13. Potenza massima assorbita (incluso il funzionamento del sistema di riscaldamento/raffreddamento) < 800 W;
14. Minima distanza di misura ≤ 50 m;
15. Massima distanza di misura in direzione verticale ≥ 3 km in condizioni di cielo sereno e massima estensione verticale dello strato limite planetario e ≥ 12 km in presenza di nubi;
16. Intervallo di misura della velocità radiale (lungo la direzione di osservazione) del vento di ampiezza > 18 m/s (esempi di intervalli ammissibili: ± 19 m/s, ± 20 m/s, ...)



17. Precisione della velocità radiale del vento: tipicamente < 50 cm/s per un rapporto segnale rumore (SNR) > -18 dB
18. Risoluzione radiale minima delle misure ≤ 30 m;
19. Risoluzione temporale minima delle misure ≤ 1 s;
20. PC integrato per il controllo dello strumento e l'archiviazione dei dati con disco fisso in tecnologia a stato solido di dimensione non inferiore a 500 GB;
21. Software suite di controllo e gestione, con almeno le seguenti funzioni:
 - Controllo della posizione e movimento dei motori di elevazione e azimuth dello scanner
 - Impostazione/modifica dei parametri della configurazione di misura e programmazione delle misure nelle varie modalità di scansione;
 - visualizzazione e processamento dei dati acquisiti in tempo reale;
 - salvataggio dei dati processati e di livello zero (raw data) per la loro successiva visualizzazione e riprocessamento;
 - calcolo dei profili di vento orizzontale e verticale, sia durante che dopo l'acquisizione, su intervalli temporali selezionabili dall'utente anche in base allo scenario di misura;
 - visualizzazione grafica dei suddetti profili (vettori del vento, frecce del vento, cross sections tempo/altezza, serie temporali,)
22. Documentazione e manuale utente della precedente software suite in lingua italiana e/o inglese;
23. Training on-site sull'uso e manutenzione dello strumento della durata minima di 2 giorni lavorativi.



Lotto 9 – Lidar Doppler a scansione

Descrizione sintetica: Lidar Doppler per la misura da remoto della velocità e direzione del vento, della turbolenza e delle strutture di aerosol e nubi sull'intero emisfero zenitale, con una portata osservativa per le nubi di almeno 10 km.

Caratteristiche e requisiti minimi dello strumento:

1. Facilmente trasportabile in siti di misura campale (massa $M < 100$ kg) ed almeno una dimensione ≤ 500 mm per permetterne il carico attraverso la porta del laboratorio mobile Aerolab di Isac;
2. Funzionamento con bassa tensione di alimentazione (max 24 VDC), in aria aperta ($IP \geq 65$) e a temperature tra -15°C e $+40^{\circ}\text{C}$;
3. Trasmettitore laser impulsato rispondente ai requisiti di EyeSafety (Classe 1M o migliore);
4. Massima distanza di misura per le nubi ≥ 10 km
5. Rapporto segnale/rumore (SNR) di almeno -17 dB a 10km con profili mediati su un minuto
6. Risoluzione spaziale (range gate) minima ≤ 30 m
7. Precisione della velocità radiale del vento < 20 cm/s (a $SNR \geq -17\text{dB}$)
8. Minima distanza del primo dato utile ≤ 50 m;
9. Sequenza di scansione completamente programmabile in zenit, azimut, velocità e tempo;
10. Controllo da remoto in tempo reale sia per le operazioni di misura che per la visualizzazione e lo scarico dei dati sia grezzi che elaborati (da fornirsi anche in formato ASCII);
11. Software per la visualizzazione 3-D in tempo reale delle osservazioni in corso sia per la componente vento che per quella aerosol.



Lotto 10 – 4 Spettrometri Ottici di Particelle

n°1 Spettrometro Ottico di Particelle di tipologia OPC_A

La strumentazione richiesta è rappresentata da uno spettrometro per la misura contemporanea delle concentrazioni di PM10, PM2.5 e PM1 (ovvero particelle di diametro inferiore rispettivamente a 10 μm , 2.5 μm e 1 μm) che sia in grado, nel contempo, di fornire anche il conteggio totale delle particelle di aerosol e la loro distribuzione dimensionale in più classi. Il sistema che verrà selezionato in fase di acquisto dovrà, quindi, avere i seguenti requisiti minimi:

- avere il formato di installazione su rack 19”;
- essere in grado di fornire misure di concentrazione di PM10, PM2.5, PM1 simultanee e in tempo reale, range di misura 0 - 6,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- essere in grado di fornire valori del conteggio totale delle particelle;
- essere in grado di fornire misure della distribuzione dimensionale in numero delle particelle in più classi dimensionali (almeno 30 nell'intervallo 0.25 - 32 μm);
- risoluzione temporale minima delle osservazioni almeno 1 minuto;
- essere dotato di sensori per la misura di temperatura, pressione, umidità relativa, precipitazioni, direzione e velocità del vento.
- Il sistema, inoltre, dovrà essere dotato di un essiccatore per prevenire problemi di condensazione nella linea di campionamento composta da 19" holder per il tubo di inlet, 1.5 m tubo di Inlet con testa TSP ed essiccatore Nafion integrato, sensori per temperatura ed umidità con protezione dei sensori, flange e sistema di drain per l'acqua;
- La fornitura dovrà includere tutta la parte software e di interfacciamento dati per l'acquisizione e visualizzazione di questi ultimi.
- Alimentazione: 115-230V, 50-60 Hz
- Datalogger per tutti i segnali: valori del PM, conteggi e sensori analogici;
- Un adattatore per output analogico per PM10, PM2.5 e PM1; output 0-10V; range 0-6,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- Training - 1 gg a campo incluso

n°2 Spettrometri Ottici di Particelle di tipologia OPC_B

Analizzatore automatico di polveri in continuo in grado di determinare contemporaneamente la concentrazione in numero e in massa delle seguenti frazioni di polveri: PM10, PM2.5, PM1.

Lo strumento deve essere portatile e compatto, ideato per misure long-term, ma utilizzabile in modo agevole in specifiche campagne di misura e quindi dotato di contenitore esterno resistente alle intemperie. Deve essere completamente automatico e permettere l'accesso remoto. Deve avere caratteristiche di basso consumo energetico e non richiedere materiali consumabili per il suo funzionamento.

In aggiunta alle misure di concentrazione in massa lo strumento deve essere in grado di determinare automaticamente il numero di particelle suddiviso in almeno 31 classi dimensionali fra 0,25 e 32 micron.

Lo strumento deve assicurare il rispetto delle seguenti caratteristiche tecniche:

- Sorgente ottica di tipo diodo laser a lunga durata, nello spettro visibile.
- Risoluzione analitica temporale selezionabile da operatore a partire da 6 sec, fino a 1 minuto
- Controllo continuo dei parametri di campionamento
- Trasmissione del segnale mediante porta RS-232, USB, Ethernet, Bluetooth.



- Stazione meteorologica integrata per le misure di temperatura, pressione atmosferica e umidità relativa
- Range di misura in massa: 0...100.000 ug/m³
- Range di misura nr. particelle: 0...3.000.000 particelle/cm³
- Riproducibilità: >97% del range dimensionale totale
- Interfacce dati: RS232, possibilità di telemetria remota dei dati, presenza di una data logger-card
- Temperatura operativa: -20°C ...+60°C, RH<95%
- Alimentazione: 115-230V, 50-60 Hz
- Consumo elettrico non superiore a 50 W standard

n°1 Spettrometro Ottico di Particelle di tipologia OPC_C

Analizzatore automatico di polveri in continuo in grado di determinare contemporaneamente la concentrazione in massa delle seguenti frazioni di polveri: PM10, PM2.5, PTS, PM4, PM1. Per quanto riguarda le misure di concentrazione in peso delle frazioni PM10 e PM2.5 lo strumento deve essere in possesso di certificazione di equivalenza, ai sensi del d.lgs 152/2010 e s.m.i., secondo le norme UNI EN 12341 e UNI EN 14907. Lo strumento per tali frazioni di polveri deve essere inoltre in possesso di certificazione ai sensi della UNI EN 16450:2017.

Lo strumento deve operare mediante principio di misura ottico senza utilizzo di cariche radioattive utilizzando la metodica dell'analisi Lorenz-Mie della dispersione della luce dovuta a singole particelle ed essere dotato di un sistema intelligente di essiccazione del flusso di campionamento per garantire la correttezza delle misure anche in situazioni di elevata umidità ambientale.

Lo strumento al fine di garantire la massima flessibilità di installazione deve essere dotato di unità di campionamento e misura separata dal corpo strumento collegati solo da un cavo di trasmissione dati e un cavo di alimentazione e gestione del sistema di condizionamento del campione.

Le caratteristiche tecniche della sensoristica necessaria sono da intendersi quali specifiche minime per la corretta esecuzione delle misure di polveri sottili nella richiesta di operatività summenzionata. In aggiunta alle misure di concentrazione in massa, lo strumento deve essere in grado di determinare automaticamente il numero di particelle suddiviso in almeno 64 classi dimensionali fra 0,18 e 18 micron.

Qualunque differenza rispetto alle specifiche tecniche indicate nel bando dovrà essere accompagnata da una relazione che motivi l'equivalenza (o la maggiore valenza) delle specifiche offerte rispetto a quelle richieste.

Per questa specifica tipologia OPC_C si richiede:

- Sorgente ottica di tipo LED a lunga durata,
- Risoluzione analitica temporale selezionabile da operatore a partire da 1 minuto,
- Doppia pompa di campionamento ridondante,
- Controllo continuo dei parametri di campionamento,
- Possibilità di telemetria remota dei dati,
- Stazione meteorologica integrata per le misure di temperatura, pressione atmosferica e umidità relativa,
- Range di misura in massa: 0...10.000 ug/m³,
- Range di misura nr. particelle: 0...20.000 particelle/cm³,
- Interfaccia utente: touchscreen 7",
- Interfacce dati: USB, ethernet, RS232/485, Wi-Fi,
- Temperatura operativa: +5...+40°C,

Alimentazione: 115-230V, 50-60 Hz.