

**CAPITOLATO TECNICO**

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 1 di 72

Raccolta: -

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

	<b>UNITA' / NOME</b>	<b>FIRMA</b>	<b>DATA</b>
<b>PREPARATO</b>	<i>Ing. Mauro Cardone (ASI)</i>		
<b>VERIFICATO</b>	<i>Ing. Mauro Cardone (ASI)</i>		
<b>APPROVATO</b>	<i>Ing. Giancarlo Varacalli (ASI)</i>		

**Registro delle modifiche**

<b>Data</b>	<b>Sezione del documento / Motivo della revisione</b>	<b>Revisione</b>
14-06-2022	Prima versione per l'emissione per Bando	A

**ALLEGATI:**

Vedi INDICE all'interno

**DISTRIBUZIONE DEL DOCUMENTO:**

Allegato al Bando



**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

INDICE

<b>1.0</b>	<b>SCOPO E CAMPO D’APPLICAZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2.0</b>	<b>DEFINIZIONI ED ACRONIMI.....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>DEFINIZIONI .....</i>	<i>3</i>
2.2	<i>ACRONIMI.....</i>	<i>3</i>
<b>3.0</b>	<b>DOCUMENTAZIONE APPLICABILE E DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
3.1	<i>DOCUMENTAZIONE APPLICABILE .....</i>	<i>4</i>
3.2	<i>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....</i>	<i>4</i>
3.3	<i>ORDINE DI PRECEDENZA .....</i>	<i>8</i>
<b>4.0</b>	<b>OBIETTIVI ED ATTIVITA’ .....</b>	<b>9</b>
4.1	<i>CONTESTO DI RIFERIMENTO .....</i>	<i>9</i>
4.2	<i>DESCRIZIONE DELLA FORNITURA .....</i>	<i>9</i>
4.3	<i>OBIETTIVI DA CONSEGUIRE.....</i>	<i>11</i>
4.4	<i>DESCRIZIONE E REQUISITI DELLE ATTIVITA’ .....</i>	<i>11</i>
4.5	<i>ALBERO DEL PRODOTTO.....</i>	<i>64</i>
4.6	<i>FILOSOFIA DI SVILUPPO E DEI MODELLI.....</i>	<i>64</i>
<b>5.0</b>	<b>PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITA’ FASI ED EVENTI CHIAVE.....</b>	<b>64</b>
5.1	<i>MILESTONE CONTRATTUALI.....</i>	<i>65</i>
<b>6.0</b>	<b>FORNITURE DI RESPONSABILITA’ DELL’ASI.....</b>	<b>65</b>
<b>7.0</b>	<b>FORNITURA CONTRATTUALE.....</b>	<b>65</b>
7.1	<i>HW/SW.....</i>	<i>66</i>
7.2	<i>MODELLI MATEMATICI E ALGORITMI .....</i>	<i>66</i>
7.3	<i>GESTIONE DELLA FORNITURA.....</i>	<i>67</i>
7.4	<i>DOCUMENTAZIONE .....</i>	<i>67</i>
<b>8.0</b>	<b>PROPRIETA’ INTELLETTUALE .....</b>	<b>68</b>

ALLEGATI

Allegato 1: Documentazione minima da consegnare



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 3 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

#### 1.0 SCOPO E CAMPO D'APPLICAZIONE

Questo documento costituisce il Capitolato Tecnico (CT) allegato al bando tematico “Infrastrutture per la navigazione satellitare”.

I requisiti specificati nel presente documento devono essere resi applicabili a tutta la struttura industriale coinvolta nel processo d'Offerta.

#### 2.0 DEFINIZIONI ED ACRONIMI

##### 2.1 DEFINIZIONI

Le definizioni contenute nello standard ECSS-P-001 sono applicabili.

##### 2.2 ACRONIMI

ASI:	Agenzia Spaziale Italiana
CFI:	Customer Furnished Items
CI:	Configuration Item
CGA:	Capitolato Generale ASI
CIDL:	Configuration Item Data List
CoC:	Certificate di Conformità
COTS:	Commercial Off-the Shelf
DEL:	Deliverable (Documento da consegnare)
ECSS:	European Cooperation for Space Standardisation
FMECA:	Failure Mode Effects and Criticality Analysis
FTA:	Fault Tree Analysis
HMI:	Hazardous Misleading Information
ICD:	Interface Control Document
KO:	Kick-Off Meeting
PA:	Product Assurance
PT:	Product Tree
RAMS:	Reliability Availability Maintenance and Safety
RAV:	Riunione Avanzamento
RdO:	Richiesta di Offerta
RF:	Riunione Finale
RI:	Riunione Iniziale
SOC:	Statement Of Compliance
VCRM:	Verification Cross Reference Matrix
WPD:	Work Package Description
WBS:	Work Breakdown Structure

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038  
Revisione: A  
Data: 14-06-2022  
Pagina: 4 di 72  
Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

### 3.0 DOCUMENTAZIONE APPLICABILE E DI RIFERIMENTO

#### 3.1 DOCUMENTAZIONE APPLICABILE

I seguenti documenti costituiscono parte integrante del Capitolato Tecnico secondo la priorità definita nel seguente paragrafo § 3.3 “Ordine di Precedenza”; essi debbono essere applicati dal contraente nello sviluppo dell’offerta.

- [DA 01] *Capitolato generale di ASI (CGA [disponibile sul sito dell’ASI])*
- [DA 02] *Linee Guida per il “Tailoring” delle norme ECSS, OP-QTA-2012-003*
- [DA 03] *Norme per la redazione del piano di assicurazione del prodotto (Product Assurance Plan), OP-QTA-2012-005*
- [DA 04] *Istruzione Operativa “Requisiti per la preparazione della Work Breakdown Structure (WBS)” - Doc. OP-IPC-2005-002*

#### 3.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

I documenti di riferimento di seguito elencati devono essere utilizzati dal Contraente al fine di trarre: linee guida, dati di confronto, informazioni suppletive per la migliore comprensione dei requisiti, esempi gestionali, etc.

In assenza di specifici requisiti, i documenti di riferimento devono costituire l’elemento di confronto tecnico, operativo e gestionale rispetto al quale il Contraente deve realizzare le attività contrattuali.

##### **Generali**

- [DR 1] *ECSS-S-ST-00-01C, Glossary of terms (\*)*
  - [DR 2] *ECSS-M-ST-80C, Risk Management (\*)*
  - [DR 3] *ECSS-M-ST-10C rev.1, Project planning and implementation (\*)*
  - [DR 4] *ECSS-Q-ST-10C Rev.1 – Product assurance management (\*)*
  - [DR 5] *ECSS-M-ST-40C rev.1, Configuration and information management (\*)*
  - [DR 6] *ECSS-E-AS-11C – Adoption Notice of ISO 16290, Space systems – Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment (\*)*
- (\*) disponibili presso il sito web dell’ECSS all’indirizzo: [www.ecss.nl](http://www.ecss.nl)

##### **Documenti Tecnici per GNSS-R**

- [DR 7] *P. Ferrazzoli et al., Forest biomass monitoring with GNSS-R: Theoretical simulations, 2010*
- [DR 8] *Stephen T. Lowe et al., An Aircraft Wetland Inundation Experiment Using GNSS Reflectometry, 2020*
- [DR 9] *Joan Francesc Munoz-Martin et al., Experimental Evidence of Swell Signatures in Airborne L5/E5a GNSS-Reflectometry, 2020*
- [DR 10] *Alejandro Egado et al., Airborne GNSS-R Polarimetric Measurements for Soil Moisture and Above-Ground Biomass Estimation, 2014*
- [DR 11] *Erwan Motte et al., Optimizing Waveform Maximum Determination for Specular Point Tracking in Airborne GNSS-R, 2017*

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

- [DR 12] Mehrez Zribi et al, *Potential Applications of GNSS-R Observations over Agricultural Areas: Results from the GLORI Airborne Campaign*, 2018
- [DR 13] Joan Francesc Munoz-Martin et al, *Single-Pass Soil Moisture Retrieval Using GNSS-R at L1 and L5 Bands: Results from Airborne Experiment*, 2021
- [DR 14] Komi Edokossi et al., *GNSS-Reflectometry and Remote Sensing of Soil Moisture: A Review of Measurement Techniques, Methods, and Applications*, 2020
- [DR 15] Maria Paola Clarizia et al., *Wind Speed Retrieval Algorithm for the Cyclone Global Navigation Satellite System (CYGNSS) Mission*, 2016
- [DR 16] Nereida Rodriguez-Alvarez et al., *Airborne GNSS-R Wind Retrievals Using Delay-Doppler Maps*, 2013
- [DR 17] G. Schiavulli, D. Nunziata, F. Pugliano, and M. Migliaccio, “*Reconstruction of the normalized radar cross section field from GNSS-R delay-Doppler map*”, 2014
- [DR 18] Yang Wang, Y. Jade Morton, *Coherent Reflections Using Closed-Loop PLL Processing of CYGNSS IF Data*, 2019
- [DR 19] Yang Wang, Y. Jade Morton, *Coherent GNSS Reflection Signal Processing for High-Precision and High-Resolution Spaceborne Applications*, 2020
- [DR 20] Aaron Maximilian Semmling et al., *A Phase-Altimetric Simulator: Studying the Sensitivity of Earth-Reflected GNSS Signals to Ocean Topography*, 2016
- [DR 21] Ghiglia and Pritt, *Maximum Phase Gradient Algorithm*, 1998
- [DR 22] Carolyn J. Roesler et al., *Coherent GNSS-Reflections Characterization Over Ocean and Sea Ice Based on Spire Global CubeSat Data*, 2022
- [DR 23] Benjamin J. Southwell et al., *A New Approach To Determining the Specular Point of Forward Reflected GNSS Signals*, 2017
- [DR 24] Laurent Lestarquit et al., *Reflectometry With an Open-Source Software GNSS Receiver: Use Case With Carrier Phase Altimetry*, 2016
- [DR 25] James L. Garrison et al., *Wind Speed Measurement Using Forward Scattered GPS Signals*, 2002
- [DR 26] Yang Wang, Y. Jade Morton, *Coherent and Semi-coherent Spaceborne GNSS-R for Land Surface Altimetry Applications, 2021 e Spaceborne Coherent GNSS Reflection Signal Processing over Complex Terrain*, 2022
- [DR 27] Oleguer Nogués-Correig, Estel Cardellach Galí, Josep Sanz Campderrós, and Antonio Rius, *A GPS-Reflections Receiver That Computes Doppler/Delay Maps in Real Time*, 2007

**Documenti Tecnici per GNSS-RO**

- [DR 28] S. Sokolovskiy et al., *Monitoring the atmospheric boundary layer by GPS radio occultation signals recorded in the open-loop mode*, 2006
- [DR 29] S. Sokolovskiy, *Postprocessing of L1 GPS radio occultation signals recorded in open-loop mode*, 2009
- [DR 30] Wang, K. N., Garrison, J. L., Acikoz, U., Haase, J. S., Murphy, B. J., Muradyan, P., and Lulich, T. *Open-loop tracking of rising and setting GPS radio-occultation signals from an airborne platform: Signal model and error analysis*, 2016
- [DR 31] Feiqin Xie et al., *Sensitivity of airborne radio occultation to tropospheric properties over ocean and land*, 2018
- [DR 32] S. B. Healy, *Abel transform inversion of radio occultation measurements made with a receiver inside the Earth’s atmosphere*, 2002

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

- [DR 33] *Cinzia Zuffada et al., A novel approach to atmospheric profiling with a mountain-based or airborne GPS receiver, 1999*
- [DR 34] *Yang Wang, Y. Jade Morton et al., Robust Closed-loop Tracking of Airborne Low-Elevation GPS Radio-Occultation Signals, 2018*
- [DR 35] *Hyeyeon Chang and Jiyun Lee et al., Preliminary Assessment of CICERO Radio Occultation Performance by Comparing with COSMIC I Data, 2020*
- [DR 36] *Bryan C. Chan et al., GNSS Radio Occultation on Aerial Platforms with Commercial Off-The-Shelf Receivers, 2021*
- [DR 37] *Shuanggen Jin, Estel Cardellach, Feiqin Xie auth. GNSS Remote Sensing Theory, Methods and Applications, 2014*

**Documenti Tecnici per Centro di competenza GNSS**

- [DR 38] *Derek Knowles, Ashwin Vivek Kanhere, Sriramya Bhamidipati, and Grace Gao, Stanford University, A Modular and Extendable GNSS Python Library, ION 2022+*
- [DR 39] *ETSI EN 303 413 V1.1.0 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers; Radio equipment operating in the 1 164 MHz to 1 300 MHz and 1 559 MHz to 1 610 MHz frequency bands; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU*
- [DR 40] *ETSI-TS-103-246-5 V1.2.1 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 1: Functional requirements*
- [DR 41] *ETSI-TS-103-246-5 V1.2.1 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 2: Reference Architecture*
- [DR 42] *ETSI-TS-103-246-5 V1.2.1 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 3: Performance requirements*
- [DR 43] *ETSI-TS-103-246-5 V1.2.1 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 4: Performance Test Specifications*
- [DR 44] *ETSI-TS-103-246-5 V1.2.1 (2017-03) e ss.mm.i., Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 5: Performance Test Specifications*
- [DR 45] *GNSS Performance analysis and monitoring system at DLR competence centre, ION 2022+, L.Greda et al.*

**Documenti Tecnici per Sistema di radiofaro metropolitano**

- [DR 46] *Sameet Deshpande, Terrapoint-An advanced terrestrial technology to enhance navigation in GNSS-denied environments, ION GNSS 2021+*
- [DR 47] *Chris Rizos, Locata: A Positioning System for Indoor and Outdoor Applications Where GNSS Does Not Work, 2013*
- [DR 48] *Robust Navigation for Urban Air Mobility via Tight Coupling of GNSS with Terrestrial Radionavigation and Inertial Sensing, Robert Tenny, and Todd E. Humphreys, ION 2022+*
- [DR 49] *Y. Jade Morton (Editor), Frank van Diggelen (Editor), James J. Spilker Jr. (Editor), Bradford W. Parkinson (Editor), Sherman Lo (Associate Editor), Grace Gao (Associate Editor), Position, Navigation, and Timing Technologies in the 21st Century: Integrated Satellite Navigation, Sensor Systems, and Civil Applications Vol 2, 2021*



**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

[DR 50] DOT-VNTSC-20-07, *Complementary PNT and GPS Backup Technologies Demonstration Report*, 2021

**Documenti Tecnici per rete di Augmentation Terrestre Nazionale**

Generali e servizi commerciali

[DR 51] Rodrigo Leandro et al., *RTX Positioning: The Next Generation of cm accurate Real-Time GNSS Positioning (Trimble white paper)*, 2011

[DR 52] GSA-MKD-SM-UREQ-229766, is 2.0, 2019 e ss.mm.i., *Report on Surveying User Needs and Requirements, Outcome of the European GNSS' User Consultation Platform*

[DR 53] *High-Precision Localization for the Autonomous Sensor Suite, Swift navigation white paper*

[DR 54] *Global Breakthrough in PPP Technology: “RTK From the Sky”, Hexagon white paper*

[DR 55] *Safe Position Augmentation for Real-Time Navigation (SPARTN) Interface Control Document, 2020*

[DR 56] *Safe and Precise GNSS Augmentation Services, SAPCORDA, 2020*

[DR 57] Rui Hirokawa, Ignacio Fernández-Hernández, *Open Format Specifications for PPP/PPP-RTK Services: Overview and Interoperability Assessment, 2020*

[DR 58] Altti Jokinen, *Challenges and Opportunities in Mass Market RTK, 2021*

[DR 59] Sampo Kuutti et al., *A Survey of the State-of-the-Art Localisation Techniques and Their Potentials for Autonomous Vehicle Applications, 2012*

[DR 60] Delphine Isambert et al., *A Hybrid Solution PPP-RTK, a Major Asset for the CORS Network, ION 2022+*

Automotive

[DR 61] Laura Norman, Eduardo Infante, Lance de Groot (Hexagon), *Integrity Performance for Precise Positioning in Automotive, 2019*

[DR 62] *Integrity for Tightly Coupled PPP and IMU, Gunning et al., 2019*

[DR 63] *Design and evaluation of integrity algorithms for PPP in kinematic applications, Gunning et al., ION GNSS+, 2018*

[DR 64] D. Calle et al. GMV, *Assured Precise Point Positioning Techniques Driving the Future, 2020*

Homogenous RTK

[DR 65] Cheolsoo Lim and Byungwoon Park, *Homogeneous Network RTK for Satellite Based Nationwide High Precision GNSS Positioning Service, ION 2022+*

[DR 66] Carsten Rieck, Per Jarlemark and Stefan Nord, *RISE Measurement Science and Technology, Sweden; Samieh Alissa, Lantmäteriet, Geodesy, Sweden; Fredrik Gunnarsson, Ericsson Research, Harmonization of NPRS Observations for a Seamless RTK Positioning Service in Automated Driving Applications, 2021*



## CAPITOLATO TECNICO

**Documento:** DC-UTN-2022-038  
**Revisione:** A  
**Data:** 14-06-2022  
**Pagina:** 8 di 72  
**Raccolta:** -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

#### Metodi RAIM

- [DR 67] *Solution Separation Versus Residual-Based RAIM. Mathieu Goerger et al., 2014*
- [DR 68] *A Review of the Evolution of the Integrity Methods Applied in GNSS, Paul Zabalegui et al., Article in IEEE Access March 2020*
- [DR 69] *Joerger, M. and Pervan, P., “Integrity Risk of Kalman Filter-Based RAIM,” Proceedings of the 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2011), 2011*
- [DR 70] *Evaluation of Sensor-Agnostic All-Source Residual Monitoring for Navigation, Andrew Applege et al, Inside GNSS, July/August 2021*
- [DR 71] *J. Blanch, T. Walter, P. Enge, Y. Lee, B. Pervan, M. Rippl, and A. Spletter, “Advanced raim user algorithm description: Integrity support message processing, fault detection, exclusion, and protection level calculation,” in Proceedings of the ION GNSS 2012, Nashville, TN, USA, 2012.*
- [DR 72] *G. Castaldo, A. Angrisano, S. Gaglione, and S. Troisi, “P-RANSAC” an integrity monitoring approach for GNSS signal degraded scenario,” International Journal of Navigation and Observation, vol. 2014, 2014*

#### Train

- [DR 73] *Approach for evaluating the safety of a satellite-based train localisation system through the extended integrity concept, C. Legrand et al., 2017*
- [DR 74] *A survey of GNSS-based Research and Developments for the European railway signaling, Juliette Marais et al, 2018*
- [DR 75] *Navigation Integrity for Land Users Robust Positioning in Challenging Environments [INLU project and PIPE simulator], Frank M. Schubert, Inside GNSS, March 2018*
- [DR 76] *GNSS for Rail Transportation, Letizia Lo Presti e Salvatore Sabina, Springer 2018*
- [DR 77] *On the GNSS augmentation services for the ERTMS train control and Connected Car applications: technical synergies and opportunities, F. Rispoli et al, ION+ 2022*
- [DR 78] *Map supported train localization, Andreas Wenz et al., ION 2022+*

### 3.3 ORDINE DI PRECEDENZA

L'ordine di precedenza tra i documenti applicabili all'offerta sarà il seguente:

- o Bando
- o il presente Capitolato Tecnico
- o i Documenti Applicabili identificati nella sezione 3.1
- o tutti i documenti generati dall'ASI ed accettati dal Contraente.

In caso di conflitto tra i requisiti ha prevalenza il più stringente.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 9 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Il Contraente è tenuto ad evidenziare ogni eventuale conflitto tra i requisiti e sottoporlo ad ASI per la sua risoluzione.

#### 4.0 OBIETTIVI ED ATTIVITA'

##### 4.1 CONTESTO DI RIFERIMENTO

L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), attraverso l'Unità di Telecomunicazioni e Navigazione, intende realizzare il programma di Navigazione Satellitare con l'intento di migliorare le prestazioni dei sistemi di Navigazione e relativi servizi, incrementarne la capacità tecnologica, l'innovazione e la competitività nel settore, svilupparne la cultura spaziale e la cooperazione internazionale.

Tale programma, in particolare, ha l'intento di stimolare la comunità accademica ed industriale del settore, di promuovere e acquisire studi di fattibilità e realizzare prototipi di infrastrutture e sistemi di distribuzione, ricezione e processamento del servizio di posizionamento satellitare (GNSS) fortemente innovativi da cui potranno scaturire applicazioni sempre più robuste e precise per l'utente.

Il programma di Navigazione Satellitare si articola in una serie di progetti nel campo della Ricerca e Sviluppo relativi alle infrastrutture di navigazione, al trasporto (rail, maritime, automotive e aviation), geomatica, veicoli spaziali, sincronizzazione e ai nuovi algoritmi di processamento del dato PVT.

Con riferimento al progetto di infrastrutture per la navigazione, l'ASI promuove, in particolare, la realizzazione di sistemi e infrastrutture di terra, basati su nuove tecnologie e concezione, che, sfruttando la potenzialità delle tecniche di radio-localizzazione satellitare, contribuiscano in modo trasversale allo sviluppo nei diversi settori di applicazione in campi quali: trasporti, servizi mass-market (Location Based Services, anche indoor), sincronizzazione delle infrastrutture critiche, agricoltura sostenibile e circolare (precision farming), sorveglianza del territorio/ambiente e IOT.

In tale contesto si propone di dare avvio al progetto “Infrastrutture per la Navigazione Satellitare” con l'intento di aprire agli operatori pubblici e privati la possibilità di proporre infrastrutture e sistemi pre-operativi relativi a nuove architetture/algoritmi/concetti/tecnologie innovativi nel campo del servizio GNSS.

Le attività del presente progetto hanno ad oggetto servizi di ricerca e sviluppo di cui all'art. 158 del D.lgs. 50/2016 (Codice dei contratti pubblici), identificabili con il codice del Common Procurement Vocabulary CPV gruppo “Progettazione e realizzazione di ricerca e sviluppo”, codice CPV 73300000-5. e sono da considerarsi escluse dall'applicazione del D.Lgs. 50/16 secondo le previsioni di cui all'art. 158 co. 1 del medesimo, in quanto non ricorre il caso di cui alla lettera a) che recita i risultati appartengono esclusivamente all'amministrazione aggiudicatrice e all'ente aggiudicatore, affinché li usi nell'esercizio della sua attività. Infatti, i risultati del servizio in oggetto verranno resi disponibili dall'ASI alla comunità industriale e di ricerca spaziale nazionale. Tale progetto rispetta inoltre i principi di cui all'art. 4 del D. Lgs. 50/2016, vale a dire i principi di economicità, efficacia, imparzialità, parità di trattamento, trasparenza, proporzionalità e pubblicità.

##### 4.2 DESCRIZIONE DELLA FORNITURA

Il bando prevede cinque aree tematiche a cui seguiranno contratti dedicati.

I temi sono i seguenti:

a) **Sistema di navigazione con beacon metropolitano dedicato**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 10 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Considerando la difficoltà di posizionamento nell’ambiente urbano, si rende necessaria un’infrastruttura di supporto che irrobustisca la ricezione del servizio GNSS tramite la realizzazione di un sistema di beacon metropolitano (MBS) totalmente trasparente all’utente in sovrapposizione al GNSS satellitare, in modo da garantire la ricezione ottimale grazie a segnali pseudoliti con un guadagno in potenza fino a 50 dB rispetto al segnale satellitare.

ASI intende realizzare un primo esempio di tale sistema da dispiegare in ambiente urbano a scopo dimostrativo e conforme agli standard 3GPP e OMA della telefonia mobile.

Tale sistema potrà anche essere usato in teatri operativi come PNT alternativa (A-PNT) laddove il segnale satellitare venga negato o degradato.

#### b) Rete di augmentation nazionale

Al fine di garantire una mobilità moderna e sicura per il nostro Paese, si rende necessaria un’infrastruttura nazionale che fornisca un servizio di navigazione (PVT) con precisione aumentata in tempo reale, ad alta diponibilità e con garanzia di integrità che possa essere usata dall’utente alla guida di sistemi di trasporto ad alta automazione. In questo contesto, ASI intende, quindi, realizzare una soluzione di avanguardia per quanto riguarda i sistemi di Augmentation, avente come obiettivo la mobilità del futuro. Come prima istanza della sperimentazione si considererà il dispiegamento di un insieme limitato di stazioni lungo un tracciato ferroviario e/o stradale/autostradale in supporto agli autoveicoli connessi e alle strade intelligenti, ovvero, favorendo l’adeguamento del servizio ferroviario allo standard ERTMS/ETCS satellitare tramite l’utilizzo di una infrastruttura di aumento della precisione a bordo linea.

#### c) Centro nazionale di competenze GNSS

Nel rispetto della missione statutaria dell’Ente, che prescrive di definire e controllare i parametri di qualità sui prodotti e servizi in ambito spaziale, l’ASI intende dotarsi di un centro di competenze della Navigazione che consentirà di realizzare test bed specifici a fini di certificazione di nuovi ricevitori e tecnologia GNSS e alla loro diagnostica.

Il centro conterrà la strumentazione del laboratorio e un ambiente completo di sviluppo e prova (con capacità di modelling-and-simulation) per testare i nuovi ricevitori e gli algoritmi di navigazione in modalità sia HWIL che SWIL, capitalizzando i risultati dei vari programmi di sviluppo già conclusi dall’ASI e utilizzando i digital twin degli ambienti applicativi reali.

Il centro servirà, inoltre, da repository per tutti i prodotti e gli apparati prodotti sui programmi di Navigazione da ASI, nonché da centro di processamento dei dati acquisiti dalle varie missioni di Navigazione (p.es. Radio-occultazione e Riflettometria).

#### d) Missioni di Radio-Occultazione e Riflettometria GNSS

ASI promuove le missioni innovative GNSS aereo-trasportate di Radio Occultazione (RO) e Riflettometria. Queste tecniche hanno il vantaggio, rispetto ai sensori tradizionali radar o radiometri, di avere una migliore risoluzione temporale e spaziale grazie all’abbondanza dei segnali GNSS, utilizzando quegli effetti che normalmente sono considerati dannosi per un preciso calcolo della PVT, quali i ritardi iono-troposferici o il multipath.

Le attività prevedono in prima istanza la realizzazione dei due strumenti GNSS-RO e GNSS-R, per l’acquisizione del dato grezzo, il processamento dei dati acquisiti e la correlazione con i parametri geofisici di interesse (atmosfera, biomassa, umidità superficiale) per lo studio del clima, le previsioni meteo e le applicazioni dell’agricoltura di precisione. Le attività di ricerca e sviluppo saranno validate con il test sul campo da piattaforma aerea. In dipendenza della maturità tecnologica raggiunta, lo sviluppo sarà utilizzato come precursore di una missione satellitare dedicata, seguendo l’esempio di

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

**Documento: DC-UTN-2022-038**

**Revisione: A**

**Data: 14-06-2022**

Pagina: 11 di 72

**Raccolta: -**

### **Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

minisatelliti quali HydroGnss di ESA (Earth Scout 2) e CyGNSS, ovvero realizzando una missione di opportunità con future missioni di EO dell’ASI.

#### 4.3 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

Le finalità del bando sono le seguenti:

- Acquisire nuove proposte per architetture/concetti/algoritmi/tecnologie innovativi nel settore delle infrastrutture/sistemi di navigazione al fine di promuovere l’avvio di successive realizzazioni definitive ed operative;
- Favorire la concezione di sistemi/infrastrutture di navigazione radicalmente innovativi ed abilitanti utilizzabili nei futuri programmi realizzativi e operativi dell’ASI;
- Stimolare la creatività della comunità del settore di riferimento della navigazione favorendo un’attività di mining di idee innovative negli ambiti istituzionali (università, enti di ricerca, etc..) ed in settori industriali, anche con il coinvolgimento di soggetti non operanti in ambito navigazione;
- Incrementare la competitività dell’Italia facendo riaffiorare a livello produttivo la società della Conoscenza;
- Stimolare e Consolidare l’eccellenza nelle aree ritenute critiche e strategiche per la comunità GNSS nazionale sia di ricerca che industriale;
- Valorizzare le tecniche più avanzate che favoriscano la capacità competitiva del nostro Paese.

#### 4.4 DESCRIZIONE E REQUISITI DELLE ATTIVITA’

I progetti di ricerca dovranno:

- avere carattere di innovatività;
- avere potenzialità commerciali e/o di trasferimento tecnologico;
- collocarsi in una prospettiva volta a concretizzare e ampliare i risultati conseguiti dalle ricerche finora sostenute dall’ASI nel settore.

Le caratteristiche di innovatività che verranno valorizzate nel processo di valutazione riguardano:

- Capacità di abilitare nuovi concetti di sistema e sottosistemi di Navigazione Satellitare;
- Presenza di soluzioni tecnologiche alternative a quelle esistenti capaci di risolvere barriere tecnologiche o abilitare missioni o applicazioni fortemente innovative;
- Potenzialità di migliorare l’efficienza dei sistemi esistenti nella misura di un ordine di grandezza.
- Sostegno all’indipendenza tecnologica europea o nazionale supportata da un convincente evolution plan che dimostri un elevato ritorno industriale e scientifico e caratterizzato da un provato grado di auto-sostenibilità;
- Possibilità di creazione di second sources di approvvigionamento a livello Europeo, ove non già presente a livello nazionale, per le tecnologie abilitanti le missioni di interesse strategico per la comunità nazionale;

Di seguito sono delineati i requisiti relativi alle singole aree disciplinari.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 12 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Si precisa che quando il requisito di progetto o dell'innovazione è indicato come **aggiuntivo** o **addizionale** si intende che il proponente non è tenuto a soddisfare tale requisito, ma se la proposta è conforme anche a tali requisiti la proposta stessa riceverà punti aggiuntivi nella valutazione della Commissione di gara.

Area disciplinare	a) GNSS-R aviotrasportato
<b>Contesto</b>	<p>La Riflettometria GNSS è una tecnica innovativa per l'osservazione della terra. Questa tecnica ha il vantaggio, rispetto ai sensori tradizionali quali radar attivi, radiometri e sensori ottici, di avere una migliore risoluzione temporale e spaziale grazie all'abbondanza dei segnali GNSS ed inoltre garantisce condizioni di osservazione sia di notte che di giorno e in qualsiasi condizione atmosferica, incluse pioggia e copertura nuvolosa, utilizzando quegli effetti che normalmente sono considerati problematici per un preciso calcolo della PVT quali il multipath.</p> <p>Inoltre, considerando la radiometria passiva a microonde, le variazioni termiche dello sfondo non contaminano i segnali riflessi GNSS.</p> <p>Il sistema, in virtù dello sfruttamento dei segnali di opportunità GNSS in modalità bistatica, sfrutta la modulazione a spread spectrum per rilevare anche deboli segnali, non necessita di un proprio trasmettitore ma è passivo e quindi a basso consumo di potenza, di piccolo ingombro e peso, intrinsecamente a basso costo.</p> <p>La tecnica GNSS-R è nata all'inizio degli anni Novanta per le applicazioni oceanografiche (Hall and Cordy nel 1989) e si è successivamente estesa al monitoraggio del suolo e della criosfera.</p> <p>Benché con risoluzione inferiore, la migliore risoluzione spaziale e temporale della tecnica rispetto al RA (Radar Altimetro) monostatico e allo scatterometro la pongono come misura complementare per lo studio delle onde marine/oceaniche soprattutto su scala regionale per eventi estremi come gli Tsunami.</p> <p>Inoltre, la sua capacità di misurare i venti oceanici, anche in condizioni di pioggia estrema, è fondamentale per rilevare eventi estremi come gli uragani (vedi CyGNSS).</p> <p>Successivamente lo spettro di azione è stato allargato alla terra. Sono stati così rilevati parametri come "Soil moisture content" (SMC) e "Above-Ground Biomass" (AGB), che sono parametri chiave per comprendere i cicli idrologici e del carbonio.</p> <p>GNSS-R rientra, infatti, fra le tecniche di osservazione della terra radar in grado di osservare l'umidità del suolo (da 0 a 5cm) rilevando la maggiore riflettività in presenza di umidità e vegetazione che</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 13 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>espongono una maggiore costante dielettrica. Questo è particolarmente vero per la banda L (1.4GHz, L=20 cm) che garantisce una minore attenuazione e una migliore penetrazione del suolo rispetto alle altre bande radar (p.es banda C), nel caso di rugosità moderata del suolo.</p> <p>GNSS-R è, inoltre, l'unico strumento in grado di rilevare zone inondate o umide nascoste dalla vegetazione.</p> <p>Per quanto riguarda AGB, ottimi risultati sono stati riscontrati per le foreste rispetto al radar monostatico in banda L per valori di biomassa superiori a 150 t/ha senza problemi di saturazione osservando l'attenuazione causata dalla vegetazione per la riflessione speculare (dove la glistening area è trascurabile) invece della RCS.</p> <p>Nel futuro, GNSS-R giocherà un ruolo essenziale nel monitoraggio di SMC e relative applicazioni.</p>
<b>Obiettivi</b>	<p>L'obiettivo dell'attività è quella di identificare, realizzare e testare in ambiente rappresentativo soluzioni di riflettometria GNSS che sfruttando tecnologie attuali, nuove e/o in fase di sviluppo, ne migliorino le prestazioni rispetto allo stato dell'arte, per la medesima classe di servizi.</p> <p>Le attività oggetto di questo bando prevedono la realizzazione dello <b>strumento GNSS-R aviotrasportato</b>.</p> <p>Questo tipo di missione consente un controllo più accurato del territorio (risoluzione spaziale di 10-100 mq) in confronto alle missioni satellitari. La risoluzione di Cygnss è infatti 7 km X 1 km.</p> <p>In questo contesto, la missione di Riflettometria GNSS (GNSS-R) sarà di tipo avio-trasportata, utilizzerà il segnale GNSS MC/MF riflesso in modalità multi-statica per estrarre dati del suolo, mare, zone lacustri o zone fluviali tramite misure di potenza, ritardo e rapporto polarimetrico.</p> <p>I prodotti geofisici estratti dai dati grezzi raccolti in due tipologie di campagna, ovvero di terra e di mare, e includeranno almeno:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la stima dell'umidità del terreno</li><li>• la stima della biomassa</li><li>• la stima della velocità dei venti marini</li><li>• l'altimetria del mare</li></ul> <p>Il processore GNSS-R sarà realizzato con un modulo di acquisizione open-loop, correlazione con replica e generazione di DDM (Delay Doppler Map), ovvero mappa della cross-correlazione del segnale riflesso con una replica del segnale trasmesso. Dopo l'integrazione</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 14 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>non-coerente delle misure per aumentare SNR e ridurre lo speckle, si implementerà la stima del punto speculare e della sua potenza calibrata, ovvero corretta con il pattern di antenna in ricezione e normalizzata rispetto al rumore di fondo.</p> <p>Costituiscono caratteristiche innovative l'uso delle bande L5/E5a oltre a E1/L1, che consentirà una migliorata risoluzione spaziale dovuta alla riduzione dell'estensione della glistening zone per applicazioni incoerenti come quelle scatterometriche. Inoltre, la maggiore potenza trasmessa (+3 dB), e il migliore guadagno di correlazione (+10 dB) permettono la ricezione di segnali più deboli, aumentando la disponibilità del servizio. Nella campagna di terra l'uso della banda L5/E5a garantisce, inoltre, una migliore correlazione con SMC grazie alla migliore penetrazione del suolo e alla maggiore immunità alle variazioni della rugosità del terreno dovuta alla funzione di autocorrelazione più ristretta. Infine, in altimetria i codici PRN a larga banda con funzione di autocorrelazione più stretta aumentano la precisione delle misure (secondo il principio di CRB, Cramer-Rao Bound).</p> <p>Costituisce titolo innovativo del processore, inoltre, la possibilità di acquisire almeno tre PRN contemporaneamente in ogni banda e polarizzazione per un totale di almeno 24 canali di acquisizione in parallelo con la possibilità di eseguire missioni sia sul terreno che sul mare.</p> <p>Costituirà caratteristica innovativa del progetto, infine, l'implementazione del canale coerente. Esso sarà implementato tramite un processore del segnale riflesso di tipo MS-OL con generazione della DDM complessa, dove saranno disponibili per ogni cella sia le informazioni di fase che di potenza. Ciò consentirà di eseguire misure più accurate e meno suscettibili alla rugosità della superficie per rilevare l'umidità superficiale, la biomassa e i venti marini. Inoltre, ciò consentirà di eseguire l'altimetria sia con misure di codice che di fase.</p> <p>La missione consente la realizzazione della tecnologia abilitante per future missioni satellitari.</p> <p>Le fasi successive del progetto, da assegnare con bando successivo, potranno, infatti, evolvere in una missione satellitare dedicata, capitalizzando gli esempi di HydroGnss di ESA (Earth Scout 2), CYGNSS, TDS-1, BF-1, SPIRE-RO e simili, ovvero con una missione di opportunità a bordo di future missioni di EO.</p>
<b>Requisiti programmatici</b>	[RQ.1] OBIETTIVO PROGRAMMATICO – La riflettometria GNSS, applicata ai domini indicati, dovrà essere in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi per cui la soluzione è progettata velocizzando i

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 15 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>processi, riducendo la tempistica, migliorando l'autonomia e ottimizzando in generale le prestazioni allo stato dell'arte.</p> <p>[RQ.2] DURATA DELLE ATTIVITA' – la durata massima delle attività è di mesi 24 dal KO.</p> <p>[RQ.3] Il proponente condurrà l'analisi del rischio delle attività del progetto e proporrà le relative azioni di mitigazione.</p>
<b>Requisiti tecnici</b>	<p>[RQ.1] TRL - La soluzione proposta dovrà raggiungere, a fine progetto, il TRL 5 o superiore ad esso.</p> <p>[RQ.2] NORMATIVA APPLICABILE – Le soluzioni tecniche dovranno essere progettate, sviluppate, realizzate e testate in aderenza alle normative nazionali ed europee di pertinenza; inoltre, dovranno essere presi come riferimento gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.3] SAFETY - Gli aspetti di safety dovranno svolgersi in ottemperanza alle regole nazionali ed europee applicabili e secondo gli standard ECSS</p> <p>[RQ.4] CONCETTO OPERATIVO – La soluzione tecnica proposta dovrà essere in linea con il proposto Concept of Operation. Sarà stimata, in particolare, la latenza del servizio in ore dal momento dell'acquisizione alla messa a disposizione del prodotto di livello 2 con servizio off-line e con serie storiche.</p> <p>[RQ.5] AFFIDABILITA' – La soluzione dovrà garantire affidabilità e robustezza superiore o comparabile rispetto a quella delle soluzioni allo stato dell'arte. In particolare, il numero di bit della quantizzazione, la dimensione dello storage di bordo, la figura di rumore del ricevitore e il guadagno ad alta direttività delle antenne a zenith e nadir, il guadagno del LNA, la larghezza di banda saranno dimensionati per la missione tipica con opportuno margine e ridondanza.</p> <p>[RQ.6] PROCESSORE DDM – Il processore GNSS-R sarà realizzato con un modulo di acquisizione in configurazione master-slave open-loop (MS-OL) con il ricevitore del segnale diretto, correlazione con replica e generazione di DDM (Delay Doppler Map), ovvero mappa della cross-correlazione del segnale riflesso con una replica del segnale trasmesso. Verranno seguite le seguenti linee guida [Oleguer Nogués-Correig, 2007]:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>La dimensione della mappa sarà decisa in base alla risoluzione along-track prescelta e alla dinamica relativa del ricevitore (p.es. 500X5 a 50 Hz).</li><li>La spaziatura in tempo e frequenza fra correlatori sarà fatta considerando i parametri della WAF (Woodward Ambiguity Function) ovvero tempo di correlazione e frequenza del codice PRN.</li></ol>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 16 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- c. Sarà scelta la frequenza di campionamento del segnale IF e la quantizzazione a più livelli più adatta. La frequenza di campionamento del segnale sarà definita dal proponente in funzione della capacità di memorizzazione della memoria di massa SSD e della risoluzione temporale richiesta dalla missione
- d. Il proponente sceglierà l'architettura più efficiente da un punto di vista computazionale tra le varie possibilità, ovvero correlazione seriale, correlazione parallela nel dominio del ritardo, correlazione parallela nel dominio doppler, correlazione parallela nel dominio delay-doppler (consigliata).
- e. Il processore DDM funzionerà in tempo reale e risiede a bordo. Verranno anche registrate le sequenze I,Q a frequenza intermedia
- f. Il processore potrà funzionare in tempo reale anche con il canale coerente (vedi requisiti di seguito), dove verranno calcolate e registrate una serie di coppie dirette e riflesse di forme d'onda, ciascuna associata a un PRN.

[RQ.7] PROCESSAMENTO DDM - I passi di processamento DDM saranno i seguenti [Stephen T. Lowe, 2020] (il proponente può proporre alternative se opportunamente giustificate):

- Si selezionerà il PRN in visibilità con il migliore C/NO. Il processore è in grado di gestire almeno tre PRN per polarizzazione e frequenza. Nel caso un satellite esca dalla visibilità verrà selezionato un nuovo PRN. In caso di instabilità di assetto durante le manovre, i dati saranno flaggati come inutilizzabili.
- Verrà letto il messaggio di navigazione per estrarre i dati del tempo di trasmissione e le effemeridi del satellite e si userà la PVT calcolata del ricevitore di riferimento.
- In configurazione MS-OL, la replica di codice verrà calcolata stimando il ritardo addizionale del segnale riflesso usando le informazioni geometriche del punto precedente.
- Le DDM saranno calcolate eseguendo la correlazione fra il segnale riflesso e una serie di repliche sfalsate di un ritardo costante rispetto a quello della replica iniziale per le diverse doppler. Il risultato della correlazione (potenza, le fasi non sono considerate) viene accumulato nel periodo di integrazione in modo coerente (tipicamente 20 msec).

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





**CAPITOLATO TECNICO**

**Documento: DC-UTN-2022-038**

**Revisione: A**

**Data: 14-06-2022**

Pagina: 17 di 72

**Raccolta: -**

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

- Le DDM saranno poi combinate in modo incoerente. Nel caso di DDM acquisita a 50Hz, si passerà dai 50 Hz originario della DDM a DDM a 10-Hz mediando la potenza di picco di cinque consecutive DDM, per aumentare il rapporto segnale rumore (SNR) e ridurre lo speckle delle riflessioni incoerenti (vedi requisito successivo).
- Verrà estratto il valore di picco di potenza della DDM. La potenza di picco della DDM sarà corretta per tener conto del guadagno di antenna e del rumore strumentale (SNR e Potenza Calibrata, vedi requisito seguente).
- Si geolocalizzerà la DDM, implementando una procedura iterativa per calcolare la posizione del punto speculare sulla superficie riflettente (“minimum path length”)[Benjamin J. Southwell, 2017]. Il punto speculare sarà ricavato con una tecnica che minimizza la differenza di percorso vincolata con l’appartenenza alla superficie di riflessione (Teorema di Fermat). Nel caso marino si potrà usare il modello ellissoidale WGS84 o altro datum e nel caso terrestre si potrà usare il dato ancillare del DEM.
- Alla fine del processamento DDM, sarà disponibile il picco di potenza calibrato di ogni DDM a 10 Hz (nel caso di esempio) e i valori corrispondenti di ritardo e frequenza doppler.

[RQ.8] SNR E POTENZA CALIBRATA– La Potenza di picco della DDM è proporzionale alla riflettività ma contiene anche gli effetti del rumore del ricevitore e il guadagno di processo. Per mitigare questi effetti verrà calcolato il rapporto segnale-rumore, ovvero il valore di picco della DDM al netto del rumore di fondo e normalizzato al rumore di fondo, che viene calcolato nella zona della DDM priva di segnale, p.es tramite il valore mediano nella trailing edge della IDWF (Integrated Doppler Waveform), dove è presente solo il rumore di fondo. Per tener conto anche del guadagno delle antenne sarà poi anche calcolata la potenza calibrata come rapporto fra SNR diretto e riflesso corretto per i rispettivi guadagni di antenna, tenendo conto del ritardo fra segnale diretto e riflesso. La potenza calibrata è proporzionale al coefficiente di backscattering (modalità incoerente) e all’indice di riflettività (modalità coerente) per le acquisizioni dal terreno.

[RQ.9] INTEGRAZIONE COERENTE E INCOERENTE - Il problema dello speckle (fading), dovuto alla combinazione delle fasi dei vari punti di riflessione diffusa, sarà mitigato con un’opportuna scelta del tempo di integrazione coerente (CIT) e relativamente lungo di integrazione non coerente (tipicamente da 100 a 1000 msec) con



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 18 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

somma non coerente delle diverse misure coerenti DDM (analogamente al multilook nella tecnica radar). Il CIT è limitato dal periodo del messaggio di navigazione (20 ms) a meno che il messaggio sia soppresso (come nel canale coerente, vedi requisito dedicato). Il tempo di integrazione coerente sarà calcolato in base all'incremento desiderato di SNR (p.es per mitigare gli effetti di rugosità del terreno). Nel caso generale di scattering incoerente il tempo di integrazione coerente ha come limite superiore il tempo di correlazione secondo il teorema di Cittert-Zernike (p.es nel calcolo della velocità del vento marino). Nel caso di integrazione incoerente si deve tener presente che il miglioramento della risoluzione radiometrica al crescere del numero di periodi di integrazione provoca una degradazione della risoluzione geometrica. Inoltre, nel tempo di integrazione incoerente la geometria trasmettitore-ricevitore non dovrà cambiare significativamente, altrimenti servirà un riallineamento delle DDM (retracking) basato sulla traiettoria calcolata a posteriori.

[RQ.10] POLARIMETRIA - Costituirà titolo di merito per l'innovazione l'uso di nuovi tipi di misura in doppia polarizzazione per la campagna di terra. L'uso del Polarimetric ratio LHRC/RHCP è sensibile alle caratteristiche dielettriche della superficie riflettente ed è consigliato come un ottimo indicatore di moderata umidità del suolo. Dalla letteratura appare, in particolare, che l'uso del rapporto HH/VV e LR/RR consentono di migliorare il rilevamento dell'umidità mitigando gli effetti della rugosità (specialmente HH/VV). Altri studi mostrano che la risposta dinamica migliora usando polarizzazioni lineari per un ampio spettro di angoli di incidenza (da 10 a 70 gradi). Inoltre, le misure speculari a bassi angoli di incidenza e con polarizzazione RL sembrano essere le più adatte per il rilevamento della biomassa delle foreste. Nel caso della campagna di mare la Potenza riflessa è dominata dalla polarizzazione LHCP(RHCP) per valori di elevazione superiori(inferiori) all'angolo di Brewster di 8 gradi [Smyrniaios et al., 2013] e quindi l'aereo dovrà impiegare antenne al nadir con doppia polarizzazione per aumentare la probabilità di ricezione. Il proponente proporrà l'approccio polarimetrico ritenuto migliore.

[RQ.11] OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSAMENTO DDM PER IL CASO AEREO – Il proponente dovrà proporre tecniche di ottimizzazione del processamento dei dati GNSS-R da aereo in aggiunta al metodo standard della media incoerente delle DDM, con l'obiettivo di migliorarne l'accuratezza e la robustezza in condizioni non ottimali. È stato dimostrato [Erwan Motte, 2017], infatti, che esistono tecniche per la localizzazione dei massimi delle DWF in condizioni alta dinamica, di bassa riflettività e/o contaminazione del segnale diretto, correggendo e i valori di riflettività reale nell'intorno del



**CAPITOLATO TECNICO**

**Documento: DC-UTN-2022-038**

**Revisione: A**

**Data: 14-06-2022**

Pagina: 19 di 72

**Raccolta: -**

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

punto speculare e migliorando la sensibilità e accuratezza. A titolo esemplificativo, dalla letteratura si citano le seguenti possibilità:

- a) Media Incoerente e smoothing (IAS)
- b) Uso addizionale di un filtraggio adattivo nel dominio del ritardo per mitigare il contributo del segnale diretto (DM)
- c) In scenari dinamici la stima a-priori del ritardo nominale del ricevitore o di alcuni suoi parametri può non essere aggiornata in tempo o è sbagliata, quindi è richiesto un riallineamento (shift-delay della DWF rispetto al resto) delle DWF prima dell'integrazione incoerente usando stime a posteriori dei parametri di interesse (posizione e assetto del ricevitore, efemeridi del trasmettitore). Questo è particolarmente vero per lunghi tempi di integrazione incoerente necessari per massimizzare SNR nell'applicazione altimetrica. (Re-Tracking)

[RQ.12] CANALE COERENTE – Costituirà titolo di merito innovativo l'implementazione del canale coerente. Esso sarà implementato tramite un processore del segnale riflesso di tipo MS-OL con generazione della DDM complessa [L. Lestarquit, 2016]. Saranno disponibili per ogni cella sia le informazioni di fase che di ampiezza, ovvero la differenza di fase fra il segnale diretto e riflesso e il rapporto delle ampiezze. Inoltre, si implementerà il data wipe-off del messaggio di navigazione per aumentare il tempo di integrazione coerente oltre i 20 msec (p.es 500 msec) e migliorare C/NO. Ciò consentirà di eseguire misure più accurate e meno suscettibili alla rugosità della superficie per rilevare l'umidità superficiale e la biomassa. Infine, ciò consentirà di eseguire l'altimetria a partire dalla misura del ritardo di riflessione, una volta corretti gli effetti di dispersione troposferica usando modelli troposferici disponibili quali il Global Pressure and Temperature-3 (GPT3) ovvero misurando direttamente lo Zenith Delay (ZD) ed estrapolando alla quota della superficie riflettente. L'altimetria può essere eseguita nelle due modalità:

- a. Altimetria con misura di pseudo-range
- b. Altimetria con misura di fase

[RQ.13] ALTIMETRIA CON RITARDO DI GRUPPO – Per ogni DDM complessa del canale coerente, sarà estratta la misura del ritardo di codice aggiuntivo fra trasmettitore e ricevitore dall'errore di allineamento all'uscita del discriminatore di codice confrontando la forma d'onda diretta e riflessa per il PRN di riferimento. Questo valore, assieme al valore del ritardo di codice modellato al punto speculare consente di calcolare il ritardo complessivo di codice del



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 20 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

segnale riflesso. Considerando che la rugosità della superficie ritarda il picco riflesso rispetto alle condizioni stazionarie, il valore del picco sarà considerato secondo le tecniche del Peak-Derivative o Model-Fitting [Carreno-Luengo et al., 2013]. Sono previste risoluzioni metriche delle misure in dipendenza della lunghezza del tempo di integrazione incoerente.

[RQ.14] ALTIMETRIA CON RITARDO DI FASE – Per ogni DDM complessa del canale coerente, sarà estratta la misura del ritardo aggiuntivo fra trasmettitore e ricevitore dall’errore di allineamento all’ uscita del discriminatore di fase confrontando la forma d’onda diretta e riflessa per il PRN di riferimento. Questo valore, assieme al valore del ritardo di fase modellato al punto speculare consente di calcolare il ritardo complessivo di fase del segnale riflesso una volta risolta l’ambiguità di fase (unwrapping, p.es con l’aiuto delle misure di distanza basate sul codice; si veda anche “Maximum Phase Gradient Algorithm” [Ghiglia and Pritt, 1998]). Secondo Semmling et al. [2016], SNR della forma d’onda riflessa deve essere alto abbastanza (~30 dB) tale da mitigare gli errori di unwrapping. Dopo l’estrazione delle misure si verificherà il livello di coerenza delle stesse prima di usarle per l’altimetria (vedi le diverse metriche in letteratura, p.es statistica circolare [Carolyn J. Roesler, 2022]). Se queste condizioni sono rispettate sono previste risoluzioni centimetriche delle misure altimetriche.

[RQ.15] ALTIMETRIA CON MISURE DI FASE CON MS-CL -La tecnica MS-OL con misure di fase soffre di discontinuità nelle misure se il C/NO è troppo basso o ci sono interferenze da multipath. Sarà dunque considerato titolo di merito aggiuntivo per l’innovazione l’implementazione di tecniche MS-CL, quali Adaptive Closed-loop (ACL, in post-processing) e Adaptive Hybrid Tracking (AHT, in tempo reale) [Yang Wang, Y. Jade Morton, 2019, 2020, 2021 e 2022]

[RQ.16] MISURE GEOFISICHE - Saranno messi a punto gli algoritmi innovativi per l’estrazione delle misure geofisiche a partire dai parametri estratti, basandosi sulla letteratura. Si potrà effettuare la regressione dei parametri tramite l’interpolazione/estrapolazione dei dati rispetto a una geophysical model function (GMF) o Look-Up-Table (LUT), laddove la GMF è stata pre-calcolata da un opportuno sottoinsieme di dati di training. Le misure minime, oggetto della proposta, sono riportate di seguito; eventuali misure aggiuntive (p.es MSS (Mean of the Square Slopes) che può essere estratto dal ritardo scatterometrico) costituiranno titolo di merito aggiuntivo per la proposta:

*campagna terrestre*

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 21 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- a. Umidità del suolo (SMC: Soil Moisture Content): Il tasso di umidità del terreno potrà essere estratto dalla riflettività apparente (associata alla zona di Fresnel) e SNR del segnale riflesso. Si consigliano misure nel caso di rugosità moderata del suolo, ovvero sigma inferiore a 3 cm [A. Egido et.al, 2014], [Komi Edokossi, 2020]
- b. Biomassa (AGM: Above Ground Biomass,): La quantità di biomassa potrà essere estratta misurando la riflettività apparente, SNR del segnale riflesso e il rapporto polarimetrico (PR). Si consiglia il caso delle foreste con bassi angoli di elevazione [P. Ferrazzoli et al, 2010], [ Mehrez Zribi, 2018]
- c. Nelle misure di cui ai due punti precedenti sarà usato anche il canale coerente.

#### campagna marina

- a. Velocità dei venti marini (2-70 m/s). La velocità dei venti marini potrà essere estratta usando uno dei seguenti metodi:
  - a. computo del coefficiente di backscattering normalizzato (N-BRCS). La scelta dell'area da considerare nell'intorno del picco (SP) dipenderà dalla risoluzione spaziale desiderata [G. Schiavulli,2014].
  - b. verifica della DWF o DDM rispetto al modello teorico, per esempio, con minimi quadrati (DM, DDM-fit, ecc.) [ James L. Garrison, 2002]
  - c. Computo del volume della DDM, della media nell'intorno del punto speculare della potenza o della N-BRCS (DDMA), o del volume normalizzato nell'intorno di SP, TES/LES (trailing, leading edge slope) della IDW, ecc., [Nereida Rodriguez-Alvarez, 2013]
  - d. una combinazione di più metodi (p.es combinazione lineare pesata di N-BRCS DDMA e LES della IDW di CyGNSS, con pesi dinamici in funzione di SNR e media temporale (TA) sugli osservabili o sulle misure di vento) [M.P. Clarizia, 2016].
- b. Altimetria marina: L'altitudine istantanea del mare (SSH), nota l'altezza del ricevitore, potrà essere calcolata dalla distanza verticale fra superficie e ricevitore estratta dalle misure di codice e fase dal ritardo del segnale riflesso

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 22 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>usando il canale coerente con riferimento all’ellissoide WGS84 o altro datum (altimetria marina) o al geoide (topografia marina). Nel caso coerente, si consiglia il caso di mare calmo (venti fino a 6 m/s e onde inferiori a 1,6 m) o costale e a bassi angoli di elevazione (fra 5 e 45 gradi). Si tenga anche conto che a bassi angoli di elevazione aumenta la fluttuazione delle misure a causa della troposfera. Sarà ammessa, in alternativa, l’altimetria su laghi e bacini interni in condizioni stazionarie. Nel caso incoerente, invece, l’elevazione minima consigliata è di 50 gradi.</p> <p>[RQ.17] PRODOTTI - Saranno generati almeno i seguenti prodotti:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Livello 0: Raw IF (per post-processing in debugging, calibrazione e commissioning), DDM, DDM complessa e DWF (o IDW),</li><li>Livello 1: SNR del segnale riflesso, Riflettività apparente, (N)BRCS, ritardo del segnale riflesso (codice e fase) e rapporto polarimetrico (PR),</li><li>Livello 2: Prodotti con quantità bio-geofisiche, quali AGB (t/ha), wind speed (m/s), soil moisture (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>), altimetria (m).</li></ol> <p>L’offerente proporrà, inoltre, il formato dei prodotti; p.es. netCDF (Network Common Data Form) per dati e metadati.</p> <p>[RQ.18] ACCURATEZZA DELLE MISURE – La sensibilità e correlazione delle misure bio-geofisiche sarà verificata a fronte dei requisiti di letteratura che dovranno essere riportati in proposta. A titolo di esempio, si citano come valori tipici lo 0,7-3,8 dB/10% per SMC e 0,05dB/(t/ha) per AGB delle foreste e indice di correlazione superiore allo 0,9. Per la stima della velocità del vento marino si riportano valori di RMSE 2.11 m/s and 2.15 m/s (con NBRCS).</p>
<b>Requisiti di innovazione</b>	<p>[RQ.19] BENEFICI – I benefici introdotti dalla soluzione dovranno essere misurabili in relazione al contesto in cui sono applicati.</p> <p>[RQ.20] EVOLUZIONE DELLA SOLUZIONE – la soluzione deve assicurare indipendenza nazionale ed europea, eccellenza ed eventuale unicità dal punto di vista scientifico, tecnologico, applicativo e di servizi; le prospettive di ritorno industriale saranno oggetto di valutazione. Lo strumento sarà scalabile per applicazioni satellitari.</p> <p>[RQ.21] INNOVAZIONE – il contenuto di innovazione deve essere identificato e garantito in termini di algoritmi di processamento, decision making e monitoring processes e/o architetture realizzative efficaci e/o approcci innovativi di V&amp;V al fine di ottenere benefici per tecnologia/applicazioni/servizi nei settori tecnologici presi a riferimento, rispetto allo stato dell’arte.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 23 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.22] ELEMENTI DI FORNITURA – Verrà fornito un ricevitore di riferimento GNSS per l’acquisizione diretta del segnale GNSS verso lo zenith con una sezione in closed loop per la geolocalizzazione e la misurazione dell’assetto del ricevitore e l’acquisizione dei dati di navigazione. Il ricevitore di ricevitore sarà ibridato con una piattaforma inerziale. Verrà inoltre fornito il processore del segnale riflesso in configurazione MS-OL, come descritto nei requisiti precedenti. Saranno forniti, inoltre, la strumentazione accessoria, le antenne, la memoria di massa, l’alimentatore, cavi e supporti meccanici e quant’altro serve alla corretta installazione a bordo dell’aereo. Lo strumento sarà accompagnato da una interfaccia MMI su laptop per il monitoraggio e la configurazione. Lo strumento può includere COTS o componenti specificatamente progettati, anche SDR.

[RQ.23] ANTENNE – Saranno fornite un’antenna omnidirezionale puntata allo zenith (RHCP) e almeno due antenne puntate al nadir in banda E1/L1 e E5a/L5 in LHCP e RHCP. Ovvero si potrà proporre la polarizzazione lineare per il calcolo del PR HH/VV. L’isolamento di cross-polarizzazione deve essere migliore di 15 dB fino a 45 gradi di elevazione. Le antenne saranno calibrate, ove necessario, per stimare il corretto pattern di antenna.

[RQ.24] BEAMFORMING- Costituisce titolo di merito aggiuntivo la capacità di eseguire il beam-steering dell’antenna sul canale riflesso per mitigare/compensare gli effetti di instabilità dell’assetto dell’aereo durante la traiettoria aerea. Costituisce, inoltre, titolo di merito aggiuntivo la possibilità di eseguire il beamforming in antenna sul canale diretto per incrementare la ricezione di PRN contemporanei.

[RQ.25] ARTIFICIAL INTELLIGENCE - Costituirà titolo di merito aggiuntivo innovativo l’uso di tecniche di AI (quali ANN e CNN) per il computo dei parametri geofisici, miscelando i dati di riflettività acquisiti con passaggi multipli con i dati ottenuti da altri strumenti e missioni e dati ancillari.

[RQ.26] DATI ANCILLARI – Il proponente può usare dati ancillari per consentire, per esempio, di separare le componenti di rugosità e vegetazione e ricavare i parametri di biomassa e di umidità del suolo. Possono essere integrati dati quali VWC (Vegetation Water Content), LCS (Land Cover State), GPM (Ground Precipitation Map), LAI (Leaf Area Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ecc.

[RQ.27] CANALI DI ACQUISIZIONE – GNSS-R potrà acquisire almeno 24 canali digitali campionati a un bit (o numero superiore di bit come proposto e con AGC) a frequenza intermedia (IF) in modo



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 24 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>simultaneo in modalità multi-GNSS (almeno GPS e Galileo) e multi-polarizzazione. Un numero maggiore di canali e l’uso di altre costellazioni sarà considerato titolo di merito innovativo aggiuntivo del progetto.</p> <p>[RQ.28] BANDE DI FREQUENZA - Costituiscono caratteristiche innovative l’uso delle bande L5/E5a oltre a E1/L1, che consentirà una migliorata risoluzione spaziale dovuta alla riduzione dell’estensione della glistering zone per applicazioni incoerenti come quelle scatterometriche. Inoltre, la maggiore potenza trasmessa (+3 dB), e il migliore guadagno di correlazione (+10 dB) permettono la ricezione di segnali più deboli, aumentando la disponibilità del servizio. Nella campagna di terra l’uso della banda L5/E5a garantisce una migliore correlazione con SMC grazie alla migliore penetrazione del suolo e alla maggiore immunità variazioni della rugosità del terreno dovuta alla funzione di autocorrelazione più ristretta. Infine, in altimetria i codici PRN a larga banda con funzione di autocorrelazione più stretta aumentano la precisione delle misure [Joan Francesc Munoz-Martin, 2020 e 2021].</p> <p>[RQ.29] DATA FUSION - Costituirà ulteriore titolo di merito innovativo della ricerca l’applicazione di tecniche di data fusione del sensore GNSS-R con altri sensori quali SAR, ottici, multispettrali o L-band radiometri o scatterometri/altimetri. L’ uso di camera ottica collocata a bordo con lo strumento con frequenza di acquisizione di almeno 2 secondi è fortemente consigliata nella missione di terra.</p> <p>[RQ.30] SIMULATORE - Per valutare le prestazioni dell’algoritmo airborne GNSS-R si userà un simulatore end-to-end (E2ES, si prenda come riferimento il simulatore SAVERS (Soil And VEgetation Reflection Simulator) di UNIROMA1/UNIROMA3, IECC-CSIC,..). Il simulatore potrà essere fornito con licenza qualora sia stato sviluppato in altri programmi ovvero sviluppato ad-hoc. In questo ultimo caso sarà considerato come titolo di qualità innovativo aggiuntivo della proposta.</p> <p>[RQ.31] CSWAP – Considerando la possibilità di rideshare, la ridotta complessità dello strumento in termini di Cost, Size, Weight, and Power (CSWaP) è considerata fattore di merito del progetto.</p>
Requisiti di validazione	<p>[RQ.32] PIANO VERIFICA E VALIDAZIONE- Dovranno essere selezionati metodi di test opportuni per la dimostrazione del TRL finale della soluzione sviluppata, in accordo con la normativa ECSS (e.g. test di laboratorio, test funzionali, etc.) e/o utilizzando le normative nazionali ed europee applicabili.</p> <p>[RQ.33] TAILORING ECSS – Considerando gli standard ECSS, il piano di verifica e validazione dovrà essere formulato sulla base di opportuno tailoring dello stesso.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 25 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.34] MODELLI – Sulla base del TRL obiettivo e coerentemente ad esso, dovranno essere definiti e realizzati i modelli e/o scenari opportuni per effettuare le attività di verifica della soluzione finale.

[RQ.35] AMBIENTE DI TEST - Le caratteristiche dell’ambiente di test dovranno essere l’involuppo delle caratteristiche ambientali per cui la soluzione è progettata

[RQ.36] ESECUZIONE DEI TEST – Le attività di test dovranno essere eseguite secondo quanto stabilito dal piano di verifica e validazione e della documentazione applicabile (i.e .procedure); il contraente assicurerà ad ASI la completa visibilità delle attività di test e dei suoi risultati (i.e. test report, post test analysis).

[RQ.37] CALIBRAZIONE DELLO STRUMENTO - Dovrà essere eseguita la calibrazione dello strumento per tener conto della variabilità temporale della potenza GNSS trasmessa, dei pattern di antenna e del rumore termico e di antenna. Si potranno usare tecniche quali:

- a. Black body
- b. Acquisizione diretta
- c. Riflessione da bacini d’acqua o lacustri con permittività nota

[RQ.38] VALIDAZIONE DELLO STRUMENTO - Dovrà essere eseguita la validazione dello strumento usando dati di riferimento quali:

- a. Umidità del suolo. CYGNSS test sites, ISMN (International Soil Moisture Network: SMOS, SMAP sites), EO products (e.g. CCI: Climate Change Initiative), modelli (p.es. ERA-5)
- b. Biomassa. EE Biomass sites, EO products (CCI)
- c. Velocità dei venti marini. ERA-5, NSIDC
- d. Altimetria marina. Dati dei Mareografi.

[RQ.39] VALIDAZIONE HWIL e SWIL- I processori di GNSS-R saranno dapprima validati in ambiente simulativo (SWIL), poi con l’hardware target in HWIL e infine con prove sul campo di cui al punto successivo. Per la messa a punto degli algoritmi di generazione dei prodotti di livello 1 e 2 si potranno usare i dati grezzi acquisiti in altre campagne, anche su piattaforme spaziali, presenti (p.es Cygnss, TDS-1, BF-1, SPIRE-RO, ..) o passate.

[RQ.40] CAMPAGNE AEREE- Saranno eseguite almeno due serie di campagne di prova su velivolo u terra e su mare a varie altezze di volo (da 150 a 3000 mt) per un totale di almeno 20 ore di volo e con varie inclinazioni dell’antenna a nadir, come richiesto dall’applicazione specifica. Ulteriori campagne saranno considerate titolo di merito per la qualità del progetto.



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 26 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Area disciplinare	b) GNSS-RO aviotrasportato
<b>Contesto</b>	<p>La Radio-Occultazione GNSS è fondamentale per l’osservazione dell’atmosfera. Questa tecnica ha il vantaggio, rispetto ai sensori tradizionali quali radar o radiometri, di avere una migliore risoluzione temporale, grazie all’abbondanza dei segnali GNSS, utilizzando quegli effetti che normalmente sono considerati problematici per un preciso calcolo della PVT quali il ritardo troposferico e ionosferico. Il sistema è in geometria limb e quindi complementare ai sensori nadir a infrarosso o a microonde e può essere usato per la loro calibrazione. Il sensore ha alta risoluzione verticale (100 mt vicino alla superficie fino a 1km in tropopausa), non ha bisogno di calibrazione esterna, non risente delle condizioni meteo (pioggia, nubi e aerosol) e non deriva.</p> <p>Inoltre, esso è intrinsecamente a basso costo, basso consumo di potenza e basso ingombro; quindi, è sostenibile da un punto di vista della missione.</p> <p>A partire dalla prima missione di radio-occultazione (GPS/MET del 1996) la tecnica si è ormai consolidata.</p> <p>L’assimilazione dei dati rilevati da RO è fondamentale negli studi di dell’atmosfera (come p.es il rilevamento di cicloni tropicali, dei fronti meteo a differente densità, delle correnti della tropopausa e stratosfera), per le previsioni meteo e gli studi di climatologia grazie alla stabilità e accuratezza delle misure.</p> <p>Questo tipo di sensori si integra, inoltre, perfettamente con le prossime costellazioni PNT in orbita LEO consentendo misure precise e frequenti dei parametri atmosferici indispensabili per aumentare la rapidità di convergenza del posizionamento di precisione per i futuri servizi CAD (Connected and Automated Driving).</p>
<b>Obiettivi</b>	<p>L’obiettivo dell’attività è identificare, realizzare e testare in ambiente rappresentativo soluzioni di radio-occultazione GNSS che sfruttando tecnologie attuali, nuove e/o in fase di sviluppo, ne migliorino le prestazioni rispetto allo stato dell’arte, per la medesima classe di servizi.</p> <p>Le attività oggetto di questo bando prevedono la realizzazione dello <b>strumento GNSS-RO aviotrasportato</b>.</p> <p>La missione di Radio-Occultazione GNSS (GNSS-RO) sarà di tipo avio-transportata, ovvero Airborne Radio Occultation (ARO), utilizzerà il segnale GNSS MC/MF e prevedrà lo sviluppo di un ricevitore adatto alle misure in atmosfera.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 27 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Il sistema ARO consentirà di consolidare la tecnologia offrendo il vantaggio di estrarre profili atmosferici ad alta risoluzione spaziale dell’atmosfera neutrale (troposfera,  $h < 10\text{km}$ ) in una determinata regione di interesse. In particolare, potrà essere rilevato accuratamente il profilo verticale della bassa atmosfera fino alla quota del velivolo con una durata media dell’osservazione di 20 minuti rispetto ai 2 minuti tipici da satellite.

Costituisce motivo di innovazione la capacità di acquisire almeno 24 canali in modo simultaneo in modalità multi-GNSS a doppia frequenza, consentendo di avere un numero minimo di tre sondaggi atmosferici per ogni antenna, in una configurazione a tre antenne.

La missione ARO userà il segnale rifratto in atmosfera ed avrà lo scopo di migliorare le previsioni meteo e gli studi climatici tramite l’acquisizione del dato grezzo (livello 0), il calcolo dell’eccesso di fase e doppler e l’estrazione delle misure di rifrattività, deflessione (bending angle) (livello 1) e la derivazione dei parametri geofisici quali temperatura/pressione/umidità/densità dell’aria in atmosfera neutra (prodotti di livello 2).

L’uso di ARO aumenterà l’accuratezza delle misure di variazione dell’umidità e temperatura dell’atmosfera su scala regionale consentendo più accurate previsioni meteo regionali anche per prevenire fenomeni meteo estremi, grazie alla maggiore risoluzione spaziale e temporale delle misure rispetto alle misure satellitari sulla stessa regione. Tipicamente dal satellite si ottiene un profilo giornaliero su un’area di  $400 \times 400 \text{ Km}$  mentre con una missione ARO si ha un incremento di almeno un fattore di sette.

Per la corretta estrazione di misure nella bassa troposfera (“Atmospheric Boundary Layer” (ABL), fino a  $3\text{Km}$ ), laddove ARO non potrà lavorare in closed loop (CL) standard a causa del ridotto SNR e presenza di multipath che provocano errori di misura e possibili perdite di lock nel PLL, sarà necessario implementare, in questo caso, l’architettura in Open Loop nel ricevitore.

Sarà considerato titolo di merito innovativo della proposta l’implementazione anche di un modello di tracking PLL (Closed Loop) basato sulle tecniche filtrate di Kalman per ridurre il numero dei cycle slips e migliorare la qualità delle misure.

Il progetto è propedeutico alla missione satellitare dedicata, da eseguire con bando successivo, come la costellazione COSMIC-2 o l’iniziativa commerciale Cicero, ovvero con una missione di opportunità con altre missioni satellitari di EO (come TerraSarX o GRASS) ovvero palloni meteorologici ad alta quota o iniziative di impiego operativo del sondaggio troposferico a bordo di aerei commerciali di linea.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 28 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	Il prodotto dovrà essere quindi scalabile per missioni satellitari.
<b>Requisiti programmatici</b>	<p>[RQ.1] OBIETTIVO PROGRAMMATICO – La radio-occultazione GNSS (ARO), applicata nei domini indicati, dovrà essere in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi per cui la soluzione è progettata velocizzando i processi, riducendo la tempistica, migliorando l'autonomia e ottimizzando in generale le prestazioni allo stato dell'arte.</p> <p>[RQ.2] DURATA DELLE ATTIVITA' – la durata massima delle attività è di mesi 24 dal KO.</p> <p>[RQ.3] ANALISI DEL RISCHIO - Il proponente condurrà l'analisi del rischio delle attività del progetto e proporrà le relative azioni di mitigazione.</p>
<b>Requisiti tecnici</b>	<p>[RQ.4] TRL - La soluzione proposta dovrà raggiungere, a fine progetto, almeno il TRL 6.</p> <p>[RQ.5] NORMATIVA APPLICABILE – Le soluzioni tecniche dovranno essere progettate, sviluppate, realizzate e testate in aderenza alle normative nazionali ed europee di pertinenza; inoltre, dovranno essere presi come riferimento gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.6] SAFETY - Gli aspetti di safety dovranno svolgersi in ottemperanza alle regole nazionali ed europee applicabili e secondo gli standard ECSS</p> <p>[RQ.7] CONCETTO OPERATIVO – La soluzione tecnica proposta dovrà essere in linea con il proposto Concept of Operation (CONOPS). Sarà stimata, in particolare, la latenza del servizio dal momento dell'acquisizione alla messa a disposizione del prodotto di livello 2 (servizio in quasi real time) in post-processing.</p> <p>[RQ.8] AFFIDABILITA' – La soluzione dovrà garantire affidabilità e robustezza superiore o comparabile rispetto a quella delle soluzioni allo stato dell'arte. In particolare, il numero di bit della quantizzazione, la dimensione dello storage di bordo, la figura di rumore del ricevitore e il guadagno ad alta direttività delle antenne in configurazione limb, il guadagno del LNA, la larghezza di banda saranno dimensionati per la missione tipica con opportuni margini e ridondanze.</p> <p>[RQ.9] TIPI DI MISURE – La misura principale della RO sarà il calcolo dell'eccesso di fase e doppler e dell'angolo di deflessione del segnale GNSS da cui si deriverà l'indice di rifrazione tramite l'inversione di Abel. Per il metodo radio olografico in bassa troposfera sarà calcolata sia il ritardo di fase che l'ampiezza del segnale GNSS.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 29 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.10] PASSI DI PROCESSAMENTO - Il processamento GNSS-RO sarà svolto nei seguenti passi [Shuanggen Jin, 2014], [Bryan C. Chan,2021]:

- a. *-Calibrazione.* Verranno acquisiti le misure GNSS dell'eccesso di fase (rispetto alla distanza geometrica fra ricevitore e trasmettitore) tramite serie temporali dell'eccesso di fase per ciascun canale e frequenza. Essi saranno calibrati per calcolando la geometria precisa dell'occultazione (cioè le posizioni e velocità del trasmettitore e del ricevitore GNSS) e le correzioni degli orologi.
- b. *-Inversione.* Si calcolerà il differenziale (doppler)dell'eccesso di fase e, basandosi sul principio fisico della radio-occultazione, verranno calcolati l'angolo di deflessione e il profilo di refrattività verticale lungo il percorso di acquisizione.
- c. *- Estrazione dei parametri geofisici.* saranno ricavati i parametri geofisici dell'atmosfera.
- d. *- Assimilazione.* I parametri di bending angle e/o indice di rifrazione verranno integrati in modelli NWP per l'atmosfera.

[RQ.11] CALIBRAZIONE IONOSFERICA - L'indice di rifrattività dell'atmosfera neutrale sarà ricavato tramite la calibrazione ionosferica per rimuovere il ritardo ionosferico (combinazione iono-free).

[RQ.12] RADIO-OLOGRAFIA (RH) Nel caso della bassa troposfera l'assunzione che, alle frequenze GNSS, l'indice di rifrazione è reale (i.e., assorbimento zero) e il segnale è di tipo monocromatico non è più valida a causa del multipath dovuto alla diffrazione del vapore acqueo. Il proponente dovrà quindi proporre una tecnica per l'estrazione dell'angolo di deflessione in ambiente neutrale affetto da diffrazione e multipath di tipo radio-olografica (RH) invece del semplice modello geometrico (GO) usando sia misure di fase che di ampiezza, Si citano a titolo di esempio Canonical-Transform, Full-Spectrum-Inversion (FSI), phase matching (PM) o back-propagation. Questi metodi garantiscono una migliore risoluzione verticale, stimata teoricamente a circa 60 mt. L'uso di tecniche RH è considerato fattore di innovazione della proposta.

[RQ.13] CALIBRAZIONE DELLE MISURE - Il processo di calibrazione delle misure consente l'estrazione dell'eccesso di fase tramite la rimozione dei termini non legati al ritardo atmosferico in fase di post-processamento e dovrà comprendere almeno tre fasi:

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 30 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- a. *Bias di fase*. Modellamento e rimozione degli errori di fase causati dall'orientamento fra trasmettitore e dall'antenna e dalla variazione del centro di fase. Il proponente proporrà il metodo ritenuto più adottato.
- b. *POD*. Determinazione delle posizioni e velocità del trasmettitore (p.es con dati orbitali broadcast, IGS o altri) e del ricevitore in PPK a partire dalle misure grezze della PVT del ricevitore ibridate con IMU e includente il modello dinamico della piattaforma di volo. Ovvero determinazione in tempo reale della PVT del ricevitore con ricezione di correzioni di tipo PPP da rete terrestre o da satellite. Il proponente proporrà il metodo ritenuto più adottato.
- c. *Clock*. Rimozione degli errori dei clock. La rimozione dell'errore dell'orologio del ricevitore potrà essere effettuata tramite singola differenziazione (misure di codice e di fase) usando un'altra antenna (ad alta elevazione) per ricevere un segnale GNSS di riferimento e usando orologi ultrastabili a bordo del ricevitore per ridurre il bias dell'orologio (metodo zero difference). Lo svantaggio di questa tecnica è l'aumentato contributo del rumore del ricevitore e multipath che deve essere mitigato con misure con alto SNR. Il proponente può proporre altri metodi.

[RQ.14] ERRORI DI MISURA – In fase di progetto, saranno mitigati gli errori di misura in termine di:

- a. Errori nelle misure di fase dovuti al clock e thermal noise
- b. Errori orbitali e di traiettoria
- c. Modelli geometrici e atmosferici usati per la propagazione
- d. Errori residuali nella rimozione del ritardo ionosferico
- e. Multipath locale
- f. Altri

Per quanto riguarda il possibile cycle slip si procederà, in fase di processamento dei dati, a una regressione con curva esponenziale per correggere eventuali salti di fase.

[RQ.15] GEOMETRIA AIR-BORNE DI RO - Considerata l'applicazione ARO, oggetto del progetto, la tecnica di sounding dell'atmosfera neutrale con RO da satellite dovrà essere specializzata per tener conto della mutata geometria rispetto a quella satellitare, che include sia elevazioni positive che negative (partial bending angle) [Cinzia Zuffada,1999]. Si userà, in particolare, una trasformata di Abel modificata [S. B. Healy, 2002] che include l'indice di rifrattività nel punto del ricevitore e le due contribuzioni di rifrazione ad

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 31 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

elevazione positiva e negativa. Si terrà conto, inoltre, della singolarità nell'estrazione del profilo di refrattività per elevazioni vicino allo zero, dove piccoli errori nell'angolo del raggio tangente possono provocare grandi errori nella stima dell'angolo di deflessione. Per mitigare il problema, in fase di post-processamento, le misure dell'angolo di deflessione in una zona di 1,5 Km contigua all'orizzonte verranno sostituite con valori simulati di angolo estratti dal profilo di refrattività ERA5, estratto in base ai dati di temperatura e rapporto di miscelazione del vapore acqueo.

[RQ.16] MISURE GEOFISICHE - Saranno messi a punto gli algoritmi per l'estrazione delle misure geofisiche basati sulla letteratura che includono almeno la densità, pressione, temperatura e umidità dell'atmosfera. Nell'atmosfera bassa (media e bassa troposfera) il contenuto di vapore acqueo diventa significativo e la derivazione matematica del vapore d'acqua, temperatura e pressione dai valori di rifrattività è sotto-determinata ed è necessaria una conoscenza indipendente della pressione o della temperatura (e.g., da osservazioni in-situ, sensore a bordo, modelli globali) ovvero un metodo variazionale (1D-VAR). Il proponente dovrà indicare il metodo prescelto.

[RQ.17] ASSIMILAZIONE DELLE MISURE - L'assimilazione delle misure in modelli di previsione meteo è considerato titolo di merito aggiuntivo per la qualità della proposta. Saranno utilizzate le tecniche di assimilazione dei dati ricavati (primariamente angolo di deflessione e anche indice di rifrattività, o altri dati come scelti dal proponente) in NWP (Numerical Weather Prediction) locali e/o globali (p.es ECMWF, NOAA) al fine di avere accurate previsioni locali sul breve periodo. L'assimilazione sarà fatta con modelli 1D o 2D con dati esterni dei gradienti orizzontali di rifrattività per la bassa troposfera) per migliorarne l'accuratezza di misura.

[RQ.18] PRODOTTI - Saranno generati almeno i seguenti prodotti:

- Level 0: raw data (RINEX contenenti le misure di fase, pseudorange e di ampiezza (o C/N0) del ricevitore di RO e del ricevitore di riferimento) +dati ancillari (effemeridi, misure di sensori di bordo, dati di bordo del velivolo).
- Level 1: excess phase, angolo di deflessione, indice di rifrazione
- Level 2: densità, temperatura, pressione e umidità

Il proponente fornirà inoltre il formato dei prodotti per dati e metadati (p.es. NetCDF-Network Common Data Form).



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 32 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>Ogni evento ARO sarà identificato dal PRN di calibrazione e acquisizione, il tempo UTC di inizio, la durata, la natura di alba/tramonto, latitudine e longitudine, il Tangent Point Drift e l'azimuth.</p> <p>[RQ.19] ACCURATEZZA - Per quanto riguarda le accuratezze RMS in atmosfera neutra delle misure, i valori di riferimento saranno [Feiqin Xie, 2018], [Hyeyeon Chang, 2020]:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>T, accuratezza = 0,1-0,4 K,</li><li>H, accuratezza = 0,3 g/Kg,</li><li>P, accuratezza = 0,01 hPa,</li><li>Risoluzione verticale = 150-250 metri</li></ol> <p>Per le misure di livello 1 i valori di errore di riferimento sono:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>bending angle = 0,5 microrad</li><li>Indice di rifrattività N = 0,3-0,5%</li></ul> <p>Il proponente stabilirà i propri requisiti di qualità per le misure in atmosfera, con riferimento a quelli proposti nei requisiti precedenti, fornendo opportuna giustificazione in modo sperimentale, analitica o ricavata dalla letteratura.</p>
<b>Requisiti di innovazione</b>	<p>[RQ.20] BENEFICI – I benefici introdotti dalla soluzione dovranno essere misurabili in relazione al contesto in cui sono applicati.</p> <p>[RQ.21] EVOLUZIONE DELLA SOLUZIONE – la soluzione deve assicurare indipendenza nazionale ed europea, eccellenza ed eventuale unicità dal punto di vista scientifico, tecnologico, applicativo e di servizi; le prospettive di ritorno industriale saranno oggetto di valutazione. Lo strumento sarà scalabile per applicazioni satellitari.</p> <p>[RQ.22] INNOVAZIONE – il contenuto di innovazione deve essere identificato e garantito in termini di algoritmi di processamento, decision making e monitoring processes e/o architetture realizzative efficaci e/o approcci innovativi di V&amp;V al fine di ottenere benefici per tecnologia/applicazioni/servizi nei settori tecnologici presi a riferimento, rispetto allo stato dell'arte.</p> <p>[RQ.23] RICEVITORE DI RIFERIMENTO - Alla fine del progetto saranno consegnati il ricevitore GNSS di riferimento (ibridato con IMU) e la strumentazione accessoria (la memoria di massa, alimentatore, antenne, cavi e supporti meccanici e quant'altro serve alla corretta installazione a bordo dell'aereo). L' accuratezza della misura della velocità del ricevitore dovrà essere di almeno 5mm/sec. La frequenza di acquisizione dei dati PVT per eseguire la</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 33 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

calibrazione dell'errore del clock con un satellite in alta elevazione sarà decisa dal proponente (p.s 5Hz-10Hz) e sarà coordinata con la frequenza di acquisizione delle misure di occultazione. Saranno anche forniti, come applicabili, sensori meteo esterni (pressione o temperatura o umidità) per consentire la completa estrazione delle misure geofisiche. Come titolo innovativo della proposta il ricevitore di riferimento sarà MC/MF.

[RQ.24] RICEVITORE DI RO - Il ricevitore RO eseguirà l'acquisizione e tracking della portante con PLL, genererà le misure di fase (ADR) per il calcolo della fase e della doppler in eccesso. Lo strumento RO sarà accompagnato dalla strumentazione accessoria di cui al punto precedente e da una interfaccia MMI su laptop per il monitoraggio e la configurazione e potrà includere elementi COTS o componenti specificatamente progettati, anche SDR. Come titolo innovativo della proposta il ricevitore di RO sarà MC/MF. Normalmente esso lavorerà in closed loop (CL) (con qualità del ricevitore di tipo geodetico), ad eccezione delle zone basse della troposfera (ABL) dove, per bassa inclinazione, a causa del ridotto SNR e presenza di alto tasso di umidità e conseguente multipath si presenteranno errori nel calcolo dell'indice di rifrazione e possibili perdite di lock nel PLL. In tale caso sarà implementato in configurazione Open Loop (OL) tramite la generazione della portante di riferimento (che pilota NCO) usando un modello dello spostamento doppler previsto e relativo angolo di deflessione [Wang, K. N., 2016], [S. Sokolovskiy, 2006 e 2009].

[RQ.25] KALMAN FILTER BASED CLOSED LOOP - Sarà considerato titolo di merito innovativo della proposta l'implementazione anche di un modello di tracking PLL (CL) basato sulle tecniche “Kalman Filter based Closed-Loop” (KFC), che garantiscono migliore precisione e un numero inferiore di cycle slips [Yang Wang, Y. Jade Morton, 2018].

[RQ.26] ANTENNE – Saranno fornite almeno un'antenna puntata allo zenith e una puntata all'orizzonte. Si suggerisce una soluzione a tre antenne: una omnidirezionale puntata allo zenith e due laterali in direzione dell'orizzonte sulle ali per avere una ridondanza delle misure. Le antenne saranno calibrate, ove necessario, per ricavare il centro di fase. È fondamentale garantire un adeguato C/N0 nelle zone di bassa troposfera con un adeguato progetto delle antenne.



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 34 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>[RQ.27] BEAMFORMING- Costituisce titolo di merito aggiuntivo la capacità di eseguire il beamforming in antenna sui canali di acquisizione per incrementare la ricezione di PRN contemporanei.</p> <p>[RQ.28] SIMULATORE - Per valutare le prestazioni dell’algoritmo airborne GNSS-RO verrà realizzato un simulatore end-to-end. Il proponente proporrà l’architettura. ASI suggerisce che il simulatore includa le seguenti sezioni:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Geometrical Optics (GO) ray-tracer</li><li>GO/RH retrieval module. Esso deriva l’angolo di deflessione dalle misure di eccesso di fase</li><li>Forward integrator. Genera il profilo dell’angolo di deflessione</li><li>Inverse operator. Estrae il profilo di refrattività con una inversione di Abel.</li></ol> <p>Il simulatore potrà essere fornito con licenza qualora sia stato sviluppato in altri programmi ovvero sviluppato ad-hoc. In questo ultimo caso sarà considerato come titolo di qualità innovativo addizionale della proposta.</p> <p>[RQ.29] NUMERO DI CANALI DI ACQUISIZIONE di GNSS-RO - Sarà possibile acquisire almeno 24 canali in modo simultaneo in modalità multi-GNSS (almeno GPS e Galileo) sia in frequenza E1/L1, che E5/L5. Questo consentirà di avere un numero minimo di tre PRN per i sondaggi atmosferici per ogni singola antenna nella configurazione a tre antenne. Un numero maggiore di canali per singola antenna sarà considerato titolo di merito innovativo del progetto.</p> <p>[RQ.30] CSWAP – Considerata la possibile futura realizzazione del sondaggio troposferico a bordo di aerei commerciali di linea, la ridotta complessità dello strumento in termini di Cost, Size, Weight, and Power (CSWaP) è considerata fattore di merito del progetto.</p> <p>[RQ.31] FUSIONE DEI DATI - La possibilità di integrare misure GNSS a terra del contenuto di vapore acqueo con quelle di ARO e quelle di umidità da sensori SAR o ottici, ovvero dati da radiosonde, boe, o altre missioni satellitari di GNSS-RO, dati di scatterometria, dati di radiometria ecc. è considerata titolo aggiuntivo da valutare per l’innovatività del progetto.</p>
<b>Requisiti di validazione</b>	<p>[RQ.32] PIANO VERIFICA E VALIDAZIONE- Dovranno essere selezionati metodi di test opportuni per la dimostrazione del TRL finale della soluzione sviluppata, in accordo con la normativa ECSS (e.g. test di laboratorio, test funzionali, etc.) e/o utilizzando le normative nazionali ed europee applicabili.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



**CAPITOLATO TECNICO**

**Documento: DC-UTN-2022-038**  
**Revisione: A**  
**Data: 14-06-2022**  
Pagina: 35 di 72  
**Raccolta: -**

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

	<p>[RQ.33] TAILORING ECSS – Considerando gli standard ECSS, il piano di verifica e validazione dovrà essere formulato sulla base di opportuno tailoring dello stesso.</p> <p>[RQ.34] MODELLI – Sulla base del TRL obiettivo e coerentemente ad esso, dovranno essere definiti e realizzati i modelli e/o scenari opportuni per effettuare le attività di verifica della soluzione finale.</p> <p>[RQ.35] AMBIENTE DI TEST - Le caratteristiche dell’ambiente di test dovranno essere l’iniluppo delle caratteristiche ambientali per cui la soluzione è progettata</p> <p>[RQ.36] ESECUZIONE DEI TEST – Le attività di test dovranno essere eseguite secondo quanto stabilito dal piano di verifica e validazione e della documentazione applicabile (i.e. procedure); il contraente assicurerà ad ASI la completa visibilità delle attività di test e dei suoi risultati (i.e. test report, post test analysis).</p> <p>[RQ.37] VALIDAZIONE DELLE MISURE - La qualità delle misure di RO sarà determinata con il confronto con dati indipendenti (p.es radio-sonde o modelli analitici o simulatori). Si consiglia l’uso di Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, NOAA) e ECMWF Fifth Generation Re-analysis product (ERA5).</p> <p>[RQ.38] TECNICHE DI VALIDAZIONE - I processori di GNSS-RO saranno dapprima validati in ambiente simulativo (SWIL), poi con l’hardware target in HWIL e infine con prove sul campo di cui al punto successivo. Per la messa a punto degli algoritmi di generazione dei prodotti di livello 1 e 2 si potranno usare i dati grezzi acquisiti in altre campagne, anche su piattaforme spaziali, presenti (p.es COSMIC-1) o passate.</p> <p>[RQ.39] CAMPAGNA DI VOLO - Sarà eseguita una campagna di volo su velivolo ad un’altezza di volo tali da garantire una sufficiente penetrazione verticale della troposfera (valori tipici compresi fra 3000 e 13000 mt) per un totale di almeno 20 occultazioni e 4 ore di volo, per una durata tipica dell’evento di 30-40 min. La traiettoria sarà pianificata in modo opportuno (rettilinea, lawnmower o a spirale) per coprire la zona di interesse.</p>
--	--

<b>Area disciplinare</b>	<b>c) Centro di competenza GNSS</b>
<b>Contesto</b>	L’ ASI intende dotarsi di un Centro di Competenze della Navigazione Satellitare GNSS (CCG) al fine di contribuire a promuovere, sviluppare e diffondere la ricerca scientifica e tecnologica nel

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 36 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>settore GNSS e le sue applicazioni, perseguendo obiettivi di eccellenza.</p> <p>Il CCG consentirà inoltre, nel rispetto della missione statutaria dell’ASI, di definire e controllare i parametri di qualità sui prodotti e servizi in ambito GNSS.</p> <p>Infine, il CCG permetterà di soddisfare anche i principi propri dell’Ente di diffusione della cultura scientifica e tecnica nel settore, di comunicazione e promozione della ricerca, garantendo l’utilizzazione delle conoscenze GNSS prodotte e il loro trasferimento tecnologico.</p>
<b>Obiettivi</b>	<p>L’obiettivo del CCG è di realizzare e testare con alcuni sviluppi pilota il centro di competenze GNSS che sfruttando tecnologie attuali, nuove e/o in fase di sviluppo, migliori le prestazioni del servizio GNSS rispetto allo stato dell’arte, per la medesima classe di servizi.</p> <p>Le attività prevedono, inoltre, la predisposizione di locali adeguati e lo staffing per almeno due anni dopo la sua realizzazione.</p> <p>Le attività oggetto di questo bando prevedono, in particolare, il procurement e/o la realizzazione della strumentazione del laboratorio e di un ambiente completo di sviluppo e prova, con capacità di modelling-and-simulation (M&amp;S), per testare i nuovi ricevitori e gli algoritmi di navigazione.</p> <p>L’ambiente di M&amp;S includerà un ambiente di prova in SWIL basato su un ambiente di simulazione e un ricevitore programmabile in grado di usare sia segnali reali che sintetici.</p> <p>Sarà realizzato anche un laboratorio con camera anecoica per i test HWIL che consentiranno di realizzare test bed specifici a fini della realizzazione, diagnostica e certificazione di nuovi ricevitori e di nuova tecnologia GNSS.</p> <p>Il Centro archiverà i prodotti e le tecnologie risultanti dai vari programmi di sviluppo conclusi dall’ASI e li renderà disponibili ai progetti futuri e alla comunità GNSS.</p> <p>Il CCG agirà, inoltre, da stazione permanente di ricezione del servizio GNSS ai fini del controllo di qualità del servizio [si veda p.es. L.Greda et al., 2022].</p> <p>Il Centro sarà anche dotato di tool e materiale didattico adeguati alla formazione di base del personale in ambito GNSS.</p> <p>Il Centro sarà predisposto, infine, per l’outreach mediatico tramite un portale web creato ad-hoc per la comunicazione pubblica e la condivisione delle risorse di sviluppo e di formazione.</p> <p>Sarà considerato come titolo di merito innovativo la capacità del CCG di mettere a disposizione della comunità GNSS nazionale in</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 37 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>modalità platform-as-a-service i dati, le tecnologie, i risultati e i tool al fine di favorire l’incubazione e la cross-fertilizzazione delle nuove tecnologie della Navigazione.</p> <p>Costituirà, inoltre, titolo di merito per l’innovazione la realizzazione del Service Volume Simulator (SVS), ovvero un tool di simulazione software che riproduce il comportamento funzionale e le prestazioni dei sistemi GNSS nello spazio e/o deep space.</p>
<b>Requisiti programmatici</b>	<p>[RQ.1] OBIETTIVO PROGRAMMATICO –Il centro di competenze GNSS, anche applicato ai progetti pilota selezionati, dovrà essere in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi per cui la soluzione è progettata velocizzando i processi, riducendo la tempistica, migliorando l’autonomia e ottimizzando in generale le prestazioni allo stato dell’arte. Il centro potrà avere anche un’architettura distribuita e sarà localizzato nel territorio Italiano.</p> <p>[RQ.2] DURATA DELLE ATTIVITA’ – la durata massima delle attività è di mesi 24 dal KO.</p> <p>[RQ.3] Il proponente condurrà l’analisi del rischio delle attività del progetto e proporrà le relative azioni di mitigazione.</p>
<b>Requisiti tecnici</b>	<p>[RQ.4] TRL - La soluzione proposta dovrà raggiungere, a fine progetto, almeno il TRL 7.</p> <p>[RQ.5] NORMATIVA APPLICABILE – Le soluzioni tecniche dovranno essere progettate, sviluppate, realizzate e testate in aderenza alle normative nazionali ed europee di pertinenza; inoltre, dovranno essere presi come riferimento gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.6] SAFETY - Gli aspetti di safety dovranno svolgersi in ottemperanza alle regole nazionali ed europee applicabili e secondo gli standard ECSS. Saranno, in particolare, rispettate tutte le prescrizioni di sicurezza di un centro elaborazioni dati, laboratorio e camera anecoica.</p> <p>[RQ.7] CONCETTO OPERATIVO – La soluzione tecnica proposta dovrà essere in linea con il Concept of Operation selezionato e volto ad ottimizzare i tempi di concezione dei nuovi prodotti e servizi GNSS, di simulazione, prova e analisi dei dati di test e di verifica del servizio GNSS. Il concetto operativo dovrà garantire, in particolare, una sorveglianza continua del servizio GNSS.</p> <p>[RQ.8] AFFIDABILITA’ – La soluzione dovrà garantire affidabilità e robustezza superiore o comparabile rispetto a quella delle soluzioni allo stato dell’arte. In particolare, il controllo di qualità dei dati GNSS dovrà essere realizzato su macchine virtualizzate e ridondate.</p> <p>[RQ.9] MONITORAGGIO DEL SERVIZIO GNSS - Il CCG avrà una sezione dedicata al <u>monitoraggio del servizio GNSS</u>. Essa controllerà l’affidabilità e la qualità dei segnali di navigazione, rileverà</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 38 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

prontamente i possibili errori e disseminerà le informazioni associate emanando adeguati messaggi di allerta. A questo scopo, il CCG avrà al suo interno una stazione di riferimento che riceverà il segnale e genererà i dati grezzi GNSS. Essa sarà corredata da un ricevitore di tempo calibrato GNSSDO con riferimento esterno di precisione per la misura dell'accuratezza della disseminazione UTC (UTC0 e CGGTTS).

[RQ.10] DATI RINEX - Il CCG riceverà i dati RINEX resi disponibili dalle stazioni di riferimento tramite il server GEODAF della Rete Fiduciale Nazionale (RFN) o da altre reti federate o commerciali o da sorgenti di dati RINEX di pubblico dominio, analizzerà tali dati grezzi, ed eseguirà il controllo di qualità del servizio GNSS.

[RQ.11] CONTROLLO DEI KPI - Saranno usati algoritmi automatici per la detezione degli errori e l'analisi a fronte dei KPI (Key Point Indicator) stabiliti nei documenti Service Definition Document (SDD) dei vari servizi di interesse che includano almeno Open Service (OS) di Galileo e GPS. Si calcoleranno almeno i seguenti KPI:

- a. SIS Error for ranging (Galileo), equivalente a GPS URE
- b. Disponibilità dei Satellite in healthy status
- c. Disponibilità media con PDOP<6
- d. Accuratezze mensili orizzontali e verticali al 95% per un numero significativo di stazioni per Galileo e Galileo & GPS

Il proponente può specificare KPI addizionali specifici per applicazioni Safety-of-life quali quelle aeronautiche, marittime, ferroviarie o altri.

In caso di KPI aggiuntivi monitorati, il numero di servizi KPI aggiuntivi costituisce fattore di merito aggiuntivo per la qualità del progetto

[RQ.12] PRODOTTI DI RIFERIMENTO - Nel calcolo dei KPI potranno essere usati i prodotti di riferimento (anche estratti da pubblico dominio, p.es IGS) insieme con i dati delle stazioni di riferimento. Tali prodotti includeranno:

- a. – Consolidated navigation messages
- b. – Reference orbits, clocks, BGDs
- c. – Antenna offset information
- d. – Reference station observation data
- e. – Reference station coordinates

[RQ.13] PARAMETRI DI ALLERTA - Saranno costantemente monitorati i parametri di allerta generati dal gestore del servizio di navigazione che, nel caso di Galileo OS, corrispondono al SHS (Signal

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 39 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Health Status), DVS (Data Validity Status), SISA index e le NAGU. Simili parametri saranno controllati per gli altri servizi monitorati (p.es. GPS OS).

[RQ.14] CAPACITA' AGGIUNTIVE AL MONITORAGGIO - Costituiranno titolo di merito aggiuntivo del progetto le seguenti capacità:

- a. previsioni meteo e dello space-weather partendo dai dati locali di ZTD e TEC raccolti dalle stazioni di riferimento.
- b. Generazione di correzioni real-time per i servizi PPP (precise point positioning) e RTK/PPP.
- c. Controllo dell'integrità delle correzioni di cui al punto precedente
- d. Eventuali altre funzioni aggiuntive proposte dal contraente

[RQ.15] ARCHIVIO A LUNGO TERMINE - Le osservazioni e i dati di navigazione ricavati dalla rete delle stazioni di riferimento saranno immagazzinati in un archivio a lungo termine e saranno eseguite, anche con tecniche quali quelli di intelligenza artificiale, le analisi della qualità del servizio a medio e lungo termine estrapolando le linee di tendenza e comparando Galileo con GPS e altri servizi, se monitorati.

[RQ.16] MODELLING AND SIMULATION - Il CCG ospiterà un ambiente di modelling-and-simulazione (M&S) ispirato al concetto di Model-based Systems Engineering (MBSE) o equivalenti, che supporta l'ingegneria di Sistema nelle sue varie fasi dal primo concetto, al disegno e realizzazione fino alla fase di verifica e validazione in SWIL e HWIL. Questo modello consentirà di trattare la complessità delle missioni spaziali (e in questo caso GNSS) basate su una miriade di requisiti, dipendenze e interfacce in modo collaborativo da esperti nei diversi campi di interesse. Il processo di scambio di informazioni viene infatti facilitato e accelerato rispetto allo scambio ordinario di tipo testuale perché si usano modelli di dati formalizzati che descrivono i requisiti, la struttura e comportamento. Ciò consente di visualizzare oggetti complessi in un modo migliore (per mezzo p.es. del linguaggio di modellizzazione quale OPM ISO 19450 ovvero OMG SysML), scartando informazioni non necessarie e gestendo in modo semplice e automatico il processo di cambio dei requisiti e del progetto.

[RQ.17] SOFTWARE-IN-THE-LOOP – L'ambiente di M&S includerà un ambiente di prova in SWIL basato su un ambiente di simulazione. La modalità di simulazione deve raggiungere un alto grado di realismo. Tale realismo sarà considerato come parametro di qualità del progetto. A questo scopo la catena di simulazione dovrà includere (almeno):

- a. Simulatore del segnale GNSS
- b. Implementazione del ICD e modello della costellazione

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



**CAPITOLATO TECNICO**

**Documento: DC-UTN-2022-038**  
**Revisione: A**  
**Data: 14-06-2022**  
Pagina: 40 di 72  
**Raccolta: -**

**Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

- c. Simulazione dello space weather e degli effetti atmosferici
- d. Simulazione dell’ambiente locale anche con digital twin e con mappe 3D, inclusivo degli effetti del multipath e delle interferenze.
- e. Modello della piattaforma che ospita il RX o TX, inclusivo della sua struttura e della sua dinamica
- f. DUT costituito da prototipo SDR (SWIL)

[RQ.18] ARCHITETTURA DI RIFERIMENTO DEL RICEVITORE SDR – L’ambiente di M&S conterrà un ricevitore/trasmittitore SDR programmabile di riferimento che avrà almeno le seguenti caratteristiche:

- a. Sistema configurabile e parametrico
- b. Banda Base di Acquisizione e Multi-finger Tracking (software, FPGA o GPU)
- c. Processore software di navigazione con soluzione Multi-frequenza e Multi-GNSS
- d. Detezione e mitigazione delle interferenze, dello spoofing e del multipath
- e. Supporto per la fusione dei sensori
- f. Supporto all’augmentation, navigazione cooperativa e V2X
- g. RAIM
- h. Interfaccia con il Front end RF e l’antenna (inclusi in fornitura)

[RQ.19] AMBIENTE DI SVILUPPO – M&S includerà un ambiente di sviluppo e da una libreria di moduli sviluppati in Matlab/Simulink/Python o equivalenti, con il quale sarà possibile, in particolare, realizzare e verificare nuovi algoritmi di ricezione e processamento da inserire nel ricevitore da inserire in una catena SWIL. Si utilizzeranno, di preferenza, ambienti di sviluppo open-source quali RTKlib, G-LAB di ESA, FGI-GRSx (NL), G-NUT/Anubis, GFZRNx, TECQC, goGPS, Bernese (closed source), Multi-Sensor Navigation Analysis Tool (MuSNAT), NavSU e MAAST (Stanford GPS lab), GoGPS, Napeos, GPS measurement tool di Google, Gipsy.. e/o add-on specifici o altri prodotti a scelta del proponente. Si cita infine la libreria gns\_lib\_py disponibile in Python sulla pagina GitHub dello Stanford NAV lab [Derek Knowles et al, 2022]. La libreria installata in SWIL conterrà almeno i seguenti moduli:

- Weighted Least Squares (WLS)
- GNSS-only and GNSS-IMU Extended Kalman Filter (EKF)
- Carrier Phase positioning
- Factor Graph Optimization (FGO) for positioning
- Unscented Kalman Filter (UKF)
- Residual-based Fault Detection and Exclusion (FDE)





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 41 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- Solution Separation FDE

Costituiranno titolo di merito aggiuntivo per l’innovazione l’implementazione di moduli per Euclidean Distance Matrix-based FDE e l’uso delle deep neural networks per la localizzazione GNSS.

[RQ.20] **HARDWARE-IN-THE-LOOP** – Sarà possibile eseguire prove su apparati in modalità HWIL usando il laboratorio e la camera anecoica. La modalità HWIL sarà usata per la valutazione di nuove tecnologie, HW, sistemi e sottosistemi, per l’identificazione di tecnologie adatte per lo sviluppo dei prototipi e per il trasferimento tecnologico in collaborazione con istituti di ricerca e scientifici. Il laboratorio sarà anche usato per la qualifica e controllo di qualità dei ricevitori e sistemi correlati sviluppati dall’ASI o da enti terzi che lo richiedano. A questo scopo, il laboratorio del CCG sarà a norma ETSI-EN-303-413 (Satellite Earth Stations and Systems (SES)) e ss.mm.ii. sia per i test di tipo conducted che di tipo radiated. Si applicano inoltre gli standard della serie ETSI-TS-103-246-5 per la realizzazione e prova degli apparati GNSS. Il proponente proporrà un tailoring di questi standard adeguato al progetto.

[RQ.21] **LABORATORIO GNSS** - Il CCG conterrà un laboratorio GNSS costituito, come minimo, dagli apparati di simulazione della costellazione (RFCS, della classe equivalente alla classe Spirent 9000) e dei sensori addizionali ( p.es IMU), apparati di registrazione del segnale reale (Record and playback), una serie di antenne multibanda fisse calibrate e di antenne mobili (CRPA e FRPA), i generatori di disturbi (jammer, meaconer e spoofer), il tool di configurazione e gestione dell’ambiente di simulazione, il tool per il post-processing (PPK, RTK, PPP e PPP-RTK), un analizzatore di spettro, una serie di ricevitori commerciali e la camera anecoica per i test in RF.

[RQ.22] **CAMERA ANECOICA** - La camera anecoica consentirà di eseguire almeno le seguenti misure di antenna:

- Reflection coefficient and impedance matching
- Frequency of operation and bandwidth
- Radiation pattern
- Gain and efficiency
- Antenna polarization and Axial Ratio
- FBR e MPR

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 42 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- Phase Centre stability

[RQ.23] CALIBRAZIONE - Sarà possibile, tramite il laboratorio e la camera anecoica, eseguire almeno le seguenti attività di calibrazione:

- a. la calibrazione delle antenne tramite la camera anecoica (in alternativa, o con braccio robotizzato sul campo o per comparazione rispetto ad un’antenna di riferimento calibrata) al fine di calcolare la quantità “carrier phase center variations” (PCV) e “code group delay variations (GDV)” e “phase-center offset “(PCO), che descrivono l’errore di misura in dipendenza del segnale in arrivo. Questi valori saranno misurati per i differenti modelli di antenna, corretti nel processore di navigazione e verranno registrati in un file ANTEX.
- b. la calibrazione di un ricevitore di tempo (antenna, cavo e ricevitore) di tipo GNSS disciplined oscillator (GNSS-DO) con misure di codice utilizzando la camera anecoica e un VNA (Vector Network Analyzer).

[RQ.24] TIPOLOGIA DI PROVE – Nelle due modalità SWIL e HWIL, si potranno utilizzare sia segnali reali che sintetici, integrando anche dati georeferenziati collezionati in ambiente reale, serie storiche relative a guasti e malfunzionamenti rari di tali sistemi, comportamenti anomali dell’atmosfera e guasti simulati delle costellazioni GNSS. Si potranno inoltre eseguire campagne di prova sul campo (Experiment-in-the-loop) con gli apparati reali. La selezione del tipo di prove sarà fatta in base alle seguenti caratteristiche:

- a. Live-sky (realistiche) sia in laboratorio che sul campo,
- b. Simulazione (ripetibili, controllabili, rappresentative e confrontabili con reference truth),
- c. Record&Playback (R&P) (ripetibili, parzialmente controllabili, realistiche).

[RQ.25] PORTALE WEB - Con lo scopo di favorire i contatti con i partners industriali e scientifici e con gli stakeholders, il CCG sarà in grado di visualizzare, a scopo dimostrativo e di outreach mediatico, i risultati delle prove, controlli e delle simulazioni svolte tramite un portale web dedicato che descriverà il centro e ne illustrerà le attività svolte. Il portale sarà in lingua italiana e inglese.

[RQ.26] FORMAZIONE- Il Centro sarà dotato di tool e materiale didattico adeguati alla formazione di base del personale in ambito GNSS. Metterà a disposizione la sala per tenere i corsi e le conferenze per una capienza minima di venti persone. Nel corso dei



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 43 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>due anni di fase di avviamento del centro saranno organizzati corsi semestrali per tale formazione. I contenuti del corso (syllabus) saranno concordati con ASI. Il corso sarà erogato in lingua inglese e avrà come titolo “Multi-constellation GNSS Signals and Systems” e includerà come minimo i seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ GNSS segments; space, ground, user segments</li><li>○ GNSS link budget</li><li>○ Fundamental concept of GNSS position and time determination</li><li>○ GNSS coordinate frames, datums and time</li><li>○ GNSS antenna &amp; receiver technologies - overview</li><li>○ GNSS signal structure formats: carrier, code, data</li><li>○ Direct sequence spread spectrum; auto and cross correlation</li><li>○ GPS legacy and modernized signals</li><li>○ GLONASS legacy and modernized signals</li><li>○ Galileo, frequencies and data formats</li><li>○ BeiDou, signals and formats</li><li>○ SBAS and EGNOS</li><li>○ QZSS and NAViC:signals, message types</li><li>○ GNSS corrections for clock, code, atmospheric, transit time, etc.</li></ul>
<b>Requisiti di innovazione</b>	<p>[RQ.27] <b>BENEFICI</b> – I benefici introdotti dalla soluzione progettuale dovranno essere misurabili in relazione al contesto in cui sono applicati.</p> <p>[RQ.28] <b>EVOLUZIONE DELLA SOLUZIONE</b> – la soluzione progettuale deve assicurare indipendenza nazionale ed europea, eccellenza ed eventuale unicità dal punto di vista scientifico, tecnologico, applicativo e di servizi; le prospettive di ritorno industriale saranno oggetto di valutazione.</p> <p>[RQ.29] <b>INNOVAZIONE</b> – il contenuto di innovazione del progetto deve essere identificato e garantito in termini di algoritmi di processamento, decision making e monitoring processes e/o architetture realizzative efficaci e/o approcci innovativi di V&amp;V al fine di ottenere benefici per tecnologia/applicazioni/servizi nei settori tecnologici presi a riferimento, rispetto allo stato dell’arte.</p> <p>[RQ.30] <b>PLATFORM-AS-A-SERVICE</b> - Sarà considerato titolo di merito per l’innovazione la capacità del CCG di mettere a disposizione i tool, i dati e i prodotti disponibili nel centro secondo il concetto di platform-as-a-service. Sarà possibile anche l’accesso diretto di personale esterno al sito del Centro. Il portale condividerà, inoltre,</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 44 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>le risorse formative preparate in ambito GNSS. L'accesso alle risorse del Centro sarà regolato da una politica di accesso basata su registrazione e concessione di licenza d'uso.</p> <p>[RQ.31] AUTOMAZIONE; STAFFING E INGOMBRO - La ridotta occupazione fisica del Centro, la possibilità di rilocalazione, la sua automazione e il numero ridotto dello Staffing richiesto sono considerati fattore di merito innovativo del progetto. L'architettura del Centro potrà prevedere un concetto di dispiegamento su un sito singolo o una distribuzione su più siti</p> <p>[RQ.32] SERVICE VOLUME SIMULATOR. Costituirà titolo di merito per l'innovazione la realizzazione del Service Volume Simulator (SVS), ovvero un tool di simulazione software che riproduce il comportamento funzionale e le prestazioni dei sistemi GNSS nello spazio e/o deep space.</p> <p>[RQ.33] ESPANDIBILITA' - Costituisce titolo di merito aggiuntivo per l'innovazione la capacità di espansione del centro per includere l'archivio e i tool per il processamento dei dati scientifici acquisiti dalle varie missioni di Navigazione di Radio-occultazione e Riflettometria nazionali e internazionali.</p> <p>[RQ.34] Costituirà titolo di merito aggiuntivo della proposta la messa a disposizione dal proponente di tool e programmi di sua proprietà intellettuale con licenza gratuita per ASI e i suoi designati.</p>
<b>Requisiti di validazione</b>	<p>[RQ.35] PIANO VERIFICA E VALIDAZIONE- Dovranno essere selezionati metodi di test opportuni per la dimostrazione del TRL finale della soluzione sviluppata, in accordo con la normativa ECSS (e.g. test di laboratorio, test funzionali, etc.) e/o utilizzando le normative nazionali ed europee applicabili.</p> <p>[RQ.36] TAILORING ECSS – Considerando gli standard ECSS, il piano di verifica e validazione dovrà essere formulato sulla base di opportuno tailoring dello stesso.</p> <p>[RQ.37] MODELLI – Sulla base del TRL obiettivo e coerentemente ad esso, dovranno essere definiti e realizzati i modelli e/o scenari opportuni per effettuare le attività di verifica della soluzione finale.</p> <p>[RQ.38] AMBIENTE DI TEST - Le caratteristiche dell'ambiente di test dovranno essere l'involuppo delle caratteristiche ambientali per cui la soluzione è progettata</p> <p>[RQ.39] ESECUZIONE DEI TEST – Le attività di test dovranno essere eseguite secondo quanto stabilito dal piano di verifica e validazione e della documentazione applicabile (i.e. procedure); il contraente assicurerà ad ASI la completa visibilità delle attività di test e dei suoi risultati (i.e. test report, post test analysis)</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 45 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.40] La capacità tecnica ed operativa del centro sarà dimostrata per le quattro componenti: monitoraggio del servizio, laboratorio, M&S e sito web.

- a. Per quanto riguarda il monitoraggio si raccoglieranno i dati grezzi in modo statico per un periodo di almeno tre mesi, se ne realizzerà l'analisi e se ne confronteranno i risultati con quelli calcolati da enti terzi quali GRC (Galileo Reference Centre). Inoltre, nello stesso periodo verranno eseguite almeno tre campagne di misura dinamica con rover veicolare e UAV (in ambiente urbano, semi-urbano e rurale).
- b. Per quanto riguarda il sito web sarà verificato il corretto funzionamento con ispezione visuale da postazione utente. Verrà inoltre verificata la capacità di condivisione dei tool messi a disposizione dal centro alla comunità GNSS.
- c. Per quanto riguarda il laboratorio in modalità HWIL si verificheranno le prestazioni di targa di COTS con la strumentazione disponibile. Per la capacità di calibrazione si farà riferimento ad antenne COTS già calibrate e GNSS-DO già calibrati
- d. Per quanto riguarda il laboratorio in modalità SWIL, saranno progettati con M&S e realizzati alcuni progetti pilota, provati in SWIL con simulazione e successivamente anche R&P e live-sky. Il proponente potrà scegliere i progetti da realizzare e provare fra quelli di seguito:
  - i. Progetto #1: Il proponente realizzerà una soluzione di correzione PPP/RTK e ne verificherà gli errori di correzione
  - ii. Progetto #2: Il proponente realizzerà un'applicazione Multi-Antenna o Beamforming e ne verificherà le prestazioni
  - iii. Progetto #3: Il proponente realizzerà un'applicazione che usi simultaneamente i segnali di opportunità (LEO, 5G, DVB,..) e GNSS e ne valuterà le prestazioni
  - iv. Progetto #4: Il proponente realizzerà il Data Fusion dei dati di bordo di un autoveicolo (GNSS con dati di CAN bus, video e AM/FM, DTV,...) e ne verificherà la qualità dei risultati
  - v. Progetto #5: il proponente realizzerà un'applicazione di sua scelta e ne valuterà le prestazioni.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 46 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Si richiede che vengano eseguite almeno un'attività in SWIL. Nel caso 5 il progetto è soggetto all'approvazione di ASI e qualora non ritenuto soddisfacente, il proponente dovrà scegliere un'attività scelta fra la lista del punto precedente.

[RQ.41] Costituirà titolo di merito aggiuntivo della proposta la realizzazione di un numero ulteriore di attività nell'ambiente target di SWIL/HWIL del CCG.

Area disciplinare	d) Sistema di radiofaro metropolitano
Contesto	<p>C'è un generale consenso nella comunità GNSS che il solo PNT basato sul GNSS è insufficiente per garantire le applicazioni critiche che richiedono disponibilità continua e operazioni di sicurezza. Si veda p.es European Radionavigation Plan, 2018 <i>“In some specific cases, e.g., for critical infrastructures and applications requiring both continuous availability and fail-safe operations, GNSS cannot be the sole means of positioning and timing information.”</i></p> <p>L'integrazione di altre funzionalità PNT con la tecnologia GNSS sarà dunque fondamentale per il successo di qualsiasi sistema che richieda il posizionamento e la sincronizzazione affidabili (in termini di integrità e continuità), con particolare riferimento ai sistemi di trasporto automatizzati e autonomi e alle infrastrutture critiche.</p> <p>La protezione del GNSS richiede, quindi, non solo il rafforzamento del servizio GNSS medesimo, ma anche lo sviluppo di fonti alternative di dati PNT (APNT-Alternative PNT) e dei modi per integrarli nella miriade di sistemi che attualmente si basano sul GNSS.</p> <p>I sistemi di APNT includono le costellazioni LEO (P.ES STL di Iridium), i segnali di opportunità (SoOP), la sincronizzazione su fibra ottica (p.es. White Rabbit PTP), Dead reckoning con INS e altri sensori, navigazione visuale con map-matching, LF eLoran, MF VDES R-mode, LOCATA ecc.</p> <p>In questo contesto, e con riferimento al tipico ambiente urbano, che sarà lo scenario del trasporto ad alta automazione del futuro, e considerando la difficoltà di posizionamento nell'ambiente urbano medesimo, sarà fondamentale realizzare un'infrastruttura di supporto che irrobustisca la ricezione del servizio GNSS tramite la realizzazione di un sistema di radiofaro metropolitano.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 47 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>Questo servizio APNT, in aggiunta al GNSS, consentirà una robusta PNT in ambiente urbano e sarà una tecnologia abilitante per i servizi LBS, Internet of Things, autoveicoli autonomi e droni.</p>
<b>Obiettivi</b>	<p>L’obiettivo dell’attività è identificare, realizzare e testare il sistema MBS che sfruttando tecnologie attuali, nuove e/o in fase di sviluppo, migliori le prestazioni del servizio GNSS rispetto allo stato dell’arte, per la medesima classe di servizi.</p> <p>MBS sarà dispiegato come primo passo del Terrestrial Beacon Systems (TBS) dislocato su larga scala e utilizzerà radio fari sincronizzati a costo contenuto, garantendo una disponibilità e accuratezza rafforzata negli ambienti urbani che più risentono degli effetti NLOS e oscuramento del segnale GNSS.</p> <p>Il sistema MBS trasmetterà in modo unidirezionale (broadcast) un messaggio di navigazione per consentire la trilaterazione TOA e sarà totalmente trasparente all’utente funzionando in sovrapposizione al GNSS satellitare, in modo da garantire una ricezione e posizionamento ottimali grazie all’integrazione dei segnali pseudoliti sincronizzati fra di loro con il servizio satellitare.</p> <p>MBS garantirà anche il posizionamento interno fino alla categoria indoor e deep-indoor in zone prescelte.</p> <p>Il segnale di navigazione sarà trasmesso su canale sicuro utilizzando meccanismi di cifratura dei codici PRN e/o autenticazione del messaggio di navigazione.</p> <p>Sarà titolo di innovazione la capacità del sistema MBS di lavorare sia in modalità standalone che in modalità assistita (A-MBS).</p> <p>Sarà anche titolo di innovazione la possibilità di usare MBS in versione rapidamente dispiegabile in situazioni operative di emergenza per effetto di disastro ambientale. In tali situazioni una soluzione basata solo su GNSS non potrebbe, infatti, fornire adeguatamente la localizzazione degli utenti in difficoltà. Una volta localizzato l’utente potrà ricorrere al canale secondario di assistenza per la trasmissione della propria PVT per facilitare le operazioni di SAR (Search and Rescue).</p> <p>ASI intende realizzare un primo esempio di tale sistema da dispiegare in ambiente urbano a scopo dimostrativo conforme agli standard 3GPP e OMA della telefonia mobile.</p>
<b>Requisiti programmatici</b>	<p>[RQ.1] OBIETTIVO PROGRAMMATICO –Il MBS, dovrà essere in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi per cui la soluzione è progettata velocizzando i processi, riducendo la tempistica, migliorando l’autonomia e ottimizzando in generale le prestazioni allo stato dell’arte.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 48 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>[RQ.2] DURATA DELLE ATTIVITA' – la durata massima delle attività è di mesi 24 dal KO.</p> <p>[RQ.3] Il proponente condurrà l'analisi del rischio delle attività del progetto e proporrà le relative azioni di mitigazione.</p>
<b>Requisiti tecnici</b>	<p>[RQ.1] TRL - La soluzione proposta dovrà raggiungere, a fine progetto, almeno il TRL 6.</p> <p>[RQ.2] <b>NORMATIVA APPLICABILE – NORMATIVA APPLICABILE</b> – Le soluzioni tecniche dovranno essere progettate, sviluppate, realizzate e testate in aderenza alle normative nazionali ed europee di pertinenza; inoltre, dovranno essere presi come riferimento gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.3] SAFETY - Gli aspetti di safety dovranno svolgersi in ottemperanza alle regole nazionali ed europee applicabili e secondo gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.4] <b>CONCETTO OPERATIVO</b> – La soluzione tecnica proposta dovrà essere in linea con il proposto Concept of Operation volto a garantire i tempi di risposta tipici di un sistema GNSS satellitare. Per l'uso tattico in zone disastrate sarà fondamentale il tempo di set-up dei ripetitori.</p> <p>[RQ.5] <b>AFFIDABILITA'</b> – La soluzione dovrà garantire affidabilità e robustezza superiore o comparabile rispetto a quella delle soluzioni allo stato dell'arte.</p> <p>[RQ.6] <b>DISLOCAZIONE DI MBS</b> - Il sistema MBS sarà realizzato per l'ambiente urbano e garantirà prestazioni di posizionamento e sincronizzazione accurate tramite la dislocazione terrestre di trasmettitori su torri della telefonia mobile, tetti degli edifici o altri siti. La prima soluzione è quella favorita perché sfrutta l'alta densità delle torri sul territorio nazionale per supportare i servizi 5G (una ogni 15 km quadrati circa) e beneficia dei sistemi generali di alimentazione e sicurezza del sito. In questo caso dovrà essere valutata accuratamente la possibilità interferenza fra i segnali mobili e GNSS/beacon.</p> <p>[RQ.7] <b>INTERFACE CONTROL DOCUMENT</b> - I segnali saranno conformi a ICD realizzato secondo gli standard TBS (Terrestrial Beacon System) della telefonia cellulare. Il proponente progetterà l'ICD secondo gli standard 3GPP Release 13 o superiori nonché OMA SUPL 2.0.3 e MLP vers. 3.5 o superiori. Altri standard sono accettabili se opportunamente giustificati. Verrà specificato un ICD ad-hoc in modo da minimizzare le differenze rispetto allo ICD del GNSS e consentire il riutilizzo della banda base del ricevitore satellitare. Si veda come esempio lo ICD di Terrapoint e Locata.</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 49 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.8] STRUTTURA DEL SEGNALE - La struttura del segnale sarà di tipo CDMA del tipo TB1 (2Mhz) per GPS e TB2 (5 Mhz) per GNSS; il proponente implementerà la soluzione TB2. Questa soluzione garantisce una migliore resistenza al multipath. Altre soluzioni, quali p.es una miscela di segnali TB1 e TB2 o altri tipi di segnali, possono essere proposte se opportunamente giustificate. Lo spettro in uscita sarà compatibile con i ricevitori GNSS satellitari.

[RQ.9] MESSAGGIO DI NAVIGAZIONE - Il messaggio di navigazione conterrà, al minimo, informazioni sulla posizione del trasmettitore, le correzioni del suo orologio, informazioni atmosferiche (pressione, temperatura e umidità) e/o messaggi di controllo. Le informazioni atmosferiche saranno ricavate da una stazione meteo locale e trasmesse per il calcolo del ritardo troposferico. Il messaggio sarà provvisto di codici FEC.

[RQ.10] SPETTRO E POTENZA DEL SEGNALE - In US MBS usa la banda UHF “*Location and Monitoring Service*” (LMS) 919.75-927.25 MHz. In Italia sarà proposta la frequenza della portante (p.es 700 Mhz del 5G), la banda di trasmissione e la potenza di trasmissione in modo da essere conforme alla normativa nazionale e sarà preparata la relativa istruttoria autorizzativa (anche temporanea) presso le competenti autorità regolatorie (MISE). I trasmettitori trasmetteranno ad una potenza tipica da 30W a 100W e, in ogni caso, secondo il valore massimo autorizzato dall’ente regolatore italiano. La condivisione della banda 5G o comunque della telefonia mobile è consigliabile al fine di riutilizzare la stessa sezione RF dei ricevitori cellulari e consentire agli operatori del settore di fornire, come servizio aggiuntivo, quello del posizionamento robusto urbano grazie al MBS.

[RQ.11] INDOOR e DEEP-INDOOR - Il MBS garantirà il posizionamento interno fino alla categoria indoor e deep-indoor in zone prescelte.

[RQ.12] LA STAZIONE DI RIFERIMENTO - L’architettura di riferimento della stazione trasmittente MBS includerà, come minimo, il trasmettitore CDMA/TDMA/OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing, opzionale), l’antenna omnidirezionale, la banda base, il processore PVT, il sistema di alimentazione, il monumento, la stazione meteo, il riferimento di tempo ad alta stabilità e il collegamento dati per la gestione remota della stazione tramite il centro M&C e il canale ausiliario.

[RQ.13] RICEVITORE DI TEMPO NELLA STAZIONE MBS- Il ricevitore di tempo della stazione MBS include un orologio atomico (p.es. Cesium/Rb, o comunque un orologio ad alta stabilità) in modalità di hold-over rispetto al segnale GNSS (GNSS disciplined oscillator). La stazione sarà capace di autosincronizzarsi (in tempo e frequenza)

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 50 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

mettendosi in modalità di ascolto degli altri trasmettitori. Considerando la natura statica del ricevitore si imposteranno tempi di integrazione sufficientemente lunghi per migliorare la sensibilità e la resistenza al jamming. *La capacità di implementare il concetto di composite clock (GNSS, oscillatore locale e altri beacon) e l'uso di tecniche T-ARAIM sono considerate fattori di innovazione aggiuntivi del progetto.*

[RQ.14] MITIGAZIONE DEL NEAR-FAR - Sarà affrontato il problema *near-far*, per cui un ricevitore vicino al trasmettitore non riesce a ricevere altri trasmettitori più lontani. Si proporranno tecniche adeguate di mitigazione quali la multiplazione TDMA e l'alta cross-correlazione fra i codici di pseudo range dei singoli canali (almeno 40 dB).

[RQ.15] PRESTAZIONI DEL TERMINALE- Il terminale MBS sarà in grado di calcolare la localizzazione 3D del ricevitore anche in assenza del GNSS. Il proponente stimerà, per analisi e/o simulazione, il requisito dell'accuratezza, disponibilità e precisione della posizione. Si consideri come riferimento la capacità di calcolare la posizione MBS in modalità stand-alone con errore massimo di sub-10 metri (2D, ad un sigma) in ambienti urbani e sub-urbani. A questo proposito, e con riferimento al valore massimo di EIRP autorizzato dalla Federal Communications Commission (FCC) degli US 30 watt (45 dBm), si hanno prestazioni tipiche in ricezione di circa -80 dBm ad una distanza di 1 km, con un guadagno quindi in potenza di circa 50 dB rispetto al segnale satellitare.

[RQ.16] MISURE BAROMETRICHE - Considerando la limitazione dovuta alla VDOP, i terminali MBS eseguiranno la trilaterazione integrando anche misure differenziali barometriche per migliorare l'accuratezza verticale ad almeno a 3 metri (utile per la localizzazione del piano in un edificio)

[RQ.17] SINCRONIZZAZIONE DEL TERMINALE- Il terminale MBS manterrà la sincronizzazione anche in assenza del GNSS. Il proponente stimerà, per analisi e/o simulazione, il requisito l'accuratezza della sincronizzazione da verificare sul campo. Si consideri come riferimento la capacità di mantenere la sincronizzazione per 72 ore in assenza di GNSS con errore massimo di 50 nanosecondi (ad un sigma) in ambienti urbani e sub-urbani.

[RQ.18] CALCOLO DELLA PVT - WLS. Nel terminale, la soluzione WLS (inclusiva della misura barometrica) sarà ottimizzata per migliorare la linearità dell'algoritmo WLS di localizzazione considerando la ridotta distanza del trasmettitore terrestre rispetto a quello spaziale.

[RQ.19] CALCOLO DELLA PVT - SOLUZIONE FILTRATA - Il terminale MBS potrà calcolare la soluzione PVT con filtro di Kalman esteso o

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 51 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>sue varianti (UKF, GSF, PF, FGF, ...) fondendo le misure GNSS (p.es. carrier-phase-differential GNSS-CDGNSS), MBS, IMU e barometriche, in dipendenza del profilo dinamico del rover. [Robert Tenny, and Todd E. Humphreys, ION 2022+]. La modalità di fusione sarà studiata dal proponente.</p> <p>[RQ.20] INTEROPERABILITA'- Il servizio MBS sarà interoperabile, ovvero MBS dovrà avere interfacce standard verso il Ricevitore di Bordo in modo da essere compatibile con i sottosistemi di costruttori diversi, massimizzerà l'uso della banda base standard GNSS e possibilmente utilizzerà la stessa sezione RF del ricevitore GNSS o cellulare.</p> <p>[RQ.21] CIFRATURA E/O AUTENTICAZIONE DEL CANALE – Il segnale di navigazione sarà trasmesso su canale sicuro utilizzando meccanismi di cifratura dei codici PRN e/o autenticazione del messaggio di navigazione.</p> <p>[RQ.22] MITIGAZIONE DEL MULTIPATH – MBS induce normalmente effetti di multipath più elevati a livello stradale nei centri urbani rispetto al servizio satellitare GNSS. Il terminale del rover includerà, dunque, tecniche robuste di mitigazione del multipath quali tecniche in antenna o in post-correlazione (p.es. multi-delay correlation function), o altre tecniche a discrezione del proponente.</p> <p>Al fine di ridurre gli errori del multipath, la larghezza della finestra di acquisizione sarà dimensionata in modo da includere il maggior numero dei segnali diretti in relazione agli scenari tipici di uso urbano, suburbano e urbano denso.</p> <p><i>L'uso di nuove tecniche costituirà titolo di merito <u>aggiuntivo</u> per l'innovatività per il progetto. Si citano, a mero titolo dimostrativo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. <i>supercorrelazione e 3DMA</i></li><li>b. <i>filtraggio adattivo delle misure basandosi sui residui post-fit o innovazione</i></li><li>c. <i>correlazione basata su rete neurale</i></li></ul>
<b>Requisiti di innovazione</b>	<p>[RQ.23] BENEFICI – I benefici introdotti dalla soluzione dovranno essere misurabili in relazione al contesto in cui sono applicati.</p> <p>[RQ.24] EVOLUZIONE DELLA SOLUZIONE – la soluzione deve assicurare indipendenza nazionale ed europea, eccellenza ed eventuale unicità dal punto di vista scientifico, tecnologico, applicativo e di servizi; le prospettive di ritorno industriale saranno oggetto di valutazione.</p> <p>[RQ.25] INNOVAZIONE – il contenuto di innovazione deve essere identificato e garantito in termini di algoritmi di processamento,</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 52 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

decision making e monitoring processes e/o architetture realizzative efficaci e/o approcci innovativi di V&V al fine di ottenere benefici per tecnologia/applicazioni/servizi nei settori tecnologici presi a riferimento, rispetto allo stato dell’arte.

[RQ.26] FORNITURA DELLA RETE MBS- Il sistema MBS sarà provvisto di un centro di monitor& control (M&C) per la supervisione e configurazione da remoto dei trasmettitori e per gestire il canale assistito (A-MBS). La fornitura include sia i ripetitori che il centro di controllo M&C. Il numero dei ripetitori sarà dimensionato in modo da garantire la trilaterazione di tipo TOA anche in assenza di GNSS nella zona prescelta, ovvero con almeno quattro ripetitori in visibilità contemporaneamente per PVT a 3-D integrato con barometro. In base alla potenza trasmessa sarà stimata il raggio di copertura massimo per avere prestazioni di potenza comparabili a quelle del GNSS tenendo conto dell’attenuazione del percorso. A questo scopo si useranno modelli di attenuazione di spazio libero (Friis) o il modello Okamura Hata a seconda della tipologia di zona di operazioni. I trasmettitori saranno autonomi e richiederanno solo una configurazione iniziale e il monitoraggio tramite una telemetria dedicata ricevuta dal centro di controllo della rete.

[RQ.27] TERMINALI DI FORNITURA - Saranno realizzati tre terminali MBS che riceveranno contemporaneamente i segnali GNSS e i segnali terrestri: uno per un rover veicolare, uno per un drone UAV di tipo MALE e uno statico/pedestre per posizionamento indoor, SAR e trasferimento del tempo. I ricevitori utilizzeranno la stessa banda base del ricevitore GNSS ma implementeranno anche un’acquisizione a multiplazione di tempo e un controllo di AGC a risposta rapida in funzione del received signal strength indicator (RSSI). I ricevitori del rover possono includere COTS e OEM.

[RQ.28] A-MBS - Sarà titolo di innovazione la capacità del sistema MBS di lavorare sia in modalità standalone che in modalità assistita (A-MBS). Quest’ultima modalità garantirà una migliore sensibilità in ricezione e più veloce TTFF. Usando un canale secondario A-MBS fornirà assistenza al ricevitore trasmettendo informazioni di almanacco/effemeridi ovvero, nota la posizione approssimata del ricevitore, invierà la lista dei beacon visibili riducendo lo spazio di ricerca in fase di acquisizione.

[RQ.29] MBS RAPIDAMENTE DISPIEGABILE E SAR - Sarà titolo valutabile ai fini dell’innovazione, la possibilità del sistema MBS di essere dispiegabile rapidamente sul territorio in caso di necessità dovuto a situazioni di emergenza. In questo caso sarà identificato il supporto adeguato al sistema di trasmissione del radiofaro (p.es. drone, elicottero, tethered balloon, piccolo zeppelin, trasmettitore installato sul tetto o su edifici vicini, ecc.) con riferimento alla

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 53 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>propagazione RF nei vari tipi di ambiente di disastro (edificio, blocco, quartiere anche parzialmente collassati e/o inondati, incendiati ecc.) e saranno stabilite la frequenza usata, la potenza, la larghezza di banda e la modulazione prescelte. L’utente bisogno di aiuto attiverà la richiesta di aiuto e invierà la propria PVT o le misure grezze al centro di M&amp;C della rete MBS sul canale secondario di assistenza bidirezionale A-MBS e il sistema entrerà in modalità di tracking nei suoi confronti, fornendo supporto sulla posizione dell’utente alle squadre di search and rescue.</p> <p>[RQ.30] APNT - Sarà fattore addizionale di innovazione del progetto l’inclusione nel ricevitore del rover delle capacità di elaborare anche segnali di opportunità (SoOP) terrestri quali TV, AM/FW radio, e cellulari ovvero satellitari LEO o altre sorgenti APNT, quali dead-reckoning, navigazione visuale con map-matching e altro come presentato dal proponente.</p>
<b>Requisiti di validazione</b>	<p>[RQ.31] PIANO VERIFICA E VALIDAZIONE- Dovranno essere selezionati metodi di test opportuni per la dimostrazione del TRL finale della soluzione sviluppata, in accordo con la normativa ECSS (e.g. test di laboratorio, test funzionali, etc.) e/o utilizzando le normative nazionali ed europee applicabili.</p> <p>[RQ.32] TAILORING ECSS – Considerando gli standard ECSS, il piano di verifica e validazione dovrà essere formulato sulla base di opportuno tailoring dello stesso.</p> <p>[RQ.33] MODELLI – Sulla base del TRL obiettivo e coerentemente ad esso, dovranno essere definiti e realizzati i modelli e/o scenari opportuni per effettuare le attività di verifica della soluzione finale.</p> <p>[RQ.34] AMBIENTE DI TEST - Le caratteristiche dell’ambiente di test dovranno essere l’involuppo delle caratteristiche ambientali per cui la soluzione è progettata</p> <p>[RQ.35] ESECUZIONE DEI TEST – Le attività di test dovranno essere eseguite secondo quanto stabilito dal piano di verifica e validazione e della documentazione applicabile (i.e. procedure); il contraente assicurerà ad ASI la completa visibilità delle attività di test e dei suoi risultati (i.e. test report, post test analysis).</p> <p>[RQ.36] AMBIENTE URBANO DI TEST - Il progetto prevede una fase di concezione, realizzazione e test in ambiente urbano rappresentativo, sia reale che simulato.</p> <p>[RQ.37] TEST SUL CAMPO - Il test sul campo sarà realizzato in ambiente rappresentativo urbano e semi-urbano con ricevitori statici e dinamici (veicolari) e avrà, fra i suoi obiettivi, la validazione dei requisiti di prestazioni stabiliti precedentemente per analisi e/o simulazione. La durata delle prove sarà tale da avere una statistica attendibile delle prestazioni raggiunte in termini di accuratezza,</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 54 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>precisione e disponibilità. L'obiettivo dei test di qualifica è quello di verificare le seguenti caratteristiche:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Copertura: Disponibilità del servizio PVT dentro una regione definita</li><li>2. Posizionamento dinamico a 2D (con rover veicolare) e 3D (con UAV): Disponibilità del servizio e accuratezza in condizioni dinamiche con velocità e accelerazioni lineari/angolari costanti e variabili,</li><li>3. Posizionamento statico indoor e deep-indoor con e senza A-MBS</li><li>4. Trasferimento del tempo, sia indoor che outdoor anche long-term (72 ore)</li><li>5. Localizzazione e tracking dell'utente con sistema MBS dispiegabile per fini di SAR con A-MBS a due vie.</li></ol> <p>Durante l'esecuzione di ogni test dinamico sarà registrato il ground truth con ricevitore GNSS di riferimento e IMU di precisione.</p>
--	--

Area disciplinare	e) Rete di augmentation terrestre nazionale
Contesto	<p>Oggi, decine di servizi di correzione pubblici e commerciali consentono agli utenti di raggiungere l'accuratezza di decimetri, centimetri o anche millimetri. Infatti, molti servizi di elaborazione GNSS correggono le misurazioni effettuate sul campo utilizzando dati provenienti da punti di riferimento. L'aumento della precisione di posizionamento è diventato la pietra angolare della moderna pratica GNSS.</p> <p>Le reti di riferimento tradizionali - spesso chiamate CORS o reti di stazioni di riferimento virtuali (VRS) - sono state a lungo una fonte di correzioni differenziali GPS (DGPS) e RTK, principalmente per applicazioni del rilevamento topografico, che richiedono elevata accuratezza.</p> <p>La precisione è fondamentale per l'accettazione e l'adozione di massa di veicoli autonomi su strada e in fabbriche, aeroporti, cantieri navali e qualsiasi sito in cui le macchine sono in movimento, ma anche per i sistemi come la robotica, UAV, logistica e le applicazioni Internet of Things (IoT).</p> <p>L'attuale boom per i servizi di correzione è determinato principalmente dalla richiesta di alta precisione da parte</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 55 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>dell'industria automobilistica e i trasporti con crescenti livelli di automazione.</p> <p>I servizi di correzione GNSS ad alta precisione per applicazioni che richiedono accuratezza continueranno a crescere e richiederanno, quindi, in misura crescente anche la garanzia di integrità del servizio.</p> <p>Per soddisfare questa duplice esigenza, i servizi di correzione GNSS, che in precedenza si concentravano sull'accuratezza come loro obiettivo primario, devono iniziare a lavorare per fornire adeguate informazioni sull'integrità per fornire posizioni e livelli di protezione affidabili.</p>
<b>Obiettivi</b>	<p>Al fine di garantire una mobilità moderna e sicura per il nostro Paese l'ASI ritiene necessario dotarlo di un'infrastruttura nazionale che fornisca un servizio di navigazione (PVT) con precisione aumentata in tempo reale, ad alta diponibilità e con garanzia di integrità che possa essere usato dall'utente alla guida di sistemi di trasporto ad alta automazione.</p> <p>In questo contesto, ASI intende quindi realizzare una Rete di augmentation <u>terrestre</u> nazionale (RAN) che costituisca una soluzione di avanguardia per quanto riguarda i sistemi di "Augmentation", avente come obiettivo la mobilità multimodale del futuro [si veda p.es. DR 77, F. Rispoli et al, ION+ 2022].</p> <p>Come prima istanza della sperimentazione RAN si considererà il suo dispiegamento in un insieme limitato di stazioni lungo un tracciato ferroviario e/o (auto)stradale in supporto agli autoveicoli connessi, alle strade intelligenti e alle applicazioni satellitari ferroviarie.</p> <p>Al fine di garantire la massima disponibilità globale del servizio di correzione per il trasporto multimodale (stradale e ferroviario), ASI richiede di combinare i due servizi di correzione diversi in tempo reale NRTK e PPP-RTK. Il proponente potrà proporre una combinazione di tecniche diverse fornendo una opportuna giustificazione.</p> <p>Dovranno essere disponibili almeno due canali di trasmissione ridondati. Le correzioni e le informazioni di integrità saranno trasmesse su canale sicuro utilizzando meccanismi di cifratura o autenticazione dei dati.</p> <p>Il proponente stimerà, per analisi e/o simulazione, i requisiti prestazionali compatibili con l'uso previsto stradale e/o ferroviario e li verificherà con appropriata campagna di test simulata e sul campo.</p> <p>Nel caso di PPP-RTK, sarà considerata caratteristica innovativa la capacità di estrarre le informazioni precise ionosferiche e troposferiche dalla rete di stazioni di riferimento con alta densità</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 56 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>spaziale e fornire un servizio con bassi tempi di convergenza e alta precisione.</p> <p>Nel caso RTK sarà considerato titolo di merito innovativo la capacità di trasmettere correzioni RTK in modalità broadcast senza cambio di stazione di riferimento lungo il percorso facendo riferimento ad un'unica stazione master e senza necessità di trasmettere la propria posizione con un collegamento bi-direzionale.</p> <p>Sarà fattore di innovazione fondamentale il trattamento dell'integrità e l'inclusione nel ricevitore dei rover di tecniche RAIM per la detezione e rimozione degli outliers dovuti a fault multipli e il calcolo dei livelli di protezione nel rover.</p> <p>L'obiettivo del progetto è di identificare, realizzare e testare il sistema RAN che sfruttando tecnologie attuali, nuove e/o in fase di sviluppo, migliori le prestazioni del servizio GNSS rispetto allo stato dell'arte, per la medesima classe di servizi.</p> <p>L'obiettivo a medio termine della RAN è quello servire come modello con cui federare le reti CORS regionali integrandole in una rete nazionale.</p>
<b>Requisiti programmatici</b>	<p>[RQ.1] OBIETTIVO PROGRAMMATICO –La RAN, dovrà essere in grado di garantire il raggiungimento degli obiettivi per cui la soluzione è progettata velocizzando i processi, riducendo la tempistica, migliorando l'autonomia e ottimizzando in generale le prestazioni allo stato dell'arte.</p> <p>[RQ.2] DURATA DELLE ATTIVITA' – la durata massima delle attività è di mesi 24 dal KO.</p> <p>[RQ.3] Il proponente condurrà l'analisi del rischio delle attività del progetto e proporrà le relative azioni di mitigazione.</p>
<b>Requisiti tecnici</b>	<p>[RQ.4] TRL - La soluzione proposta dovrà raggiungere, a fine progetto, il TRL di almeno 6.</p> <p>[RQ.5] NORMATIVA APPLICABILE – NORMATIVA APPLICABILE – Le soluzioni tecniche dovranno essere progettate, sviluppate, realizzate e testate in aderenza alle normative nazionali ed europee di pertinenza; inoltre, dovranno essere presi come riferimento gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.6] SAFETY - Gli aspetti di safety dovranno svolgersi in ottemperanza alle regole nazionali ed europee applicabili e secondo gli standard ECSS.</p> <p>[RQ.7] CONCETTO OPERATIVO – La soluzione tecnica proposta dovrà essere in linea con il proposto Concept of Operation volto a garantire i tempi di risposta tipici di un sistema di aumento della precisione del GNSS satellitare per applicazioni safety critical.</p> <p>[RQ.8] AFFIDABILITA' – La soluzione dovrà garantire affidabilità e robustezza superiore o comparabile rispetto a quella delle soluzioni allo stato dell'arte tramite l'uso di canali ridondati.</p> <p>[RQ.9] DOPPIO SISTEMA DI CORREZIONE - Al fine di garantire la massima disponibilità globale del servizio di correzione per il trasporto</p>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 57 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

multimodale (stradale e ferroviario), ASI richiede di combinare i due servizi di correzione diversi in tempo reale NRTK e PPP-RTK. Tale servizio misto sarà implementato e testato al fine di garantire la massima disponibilità del servizio PVT in caso di sganciamento delle misure di fase (p.es cycle slips) o comunque indisponibilità di un servizio singolo. Il proponente potrà proporre una combinazione di tecniche diverse fornendo una opportuna giustificazione scegliendo fra le seguenti [[DR 51] GSA-MKD-SM-UREQ-229766, is 2.0, 2019 e ss.mm.i]:

- NRTK (OSR-CS2):
  - ✓ VRS= Virtual Base Stations,
  - ✓ MAC=Master-Auxiliary Concept,
  - ✓ FKP (Flächen Korrektur Parameter)
  - ✓ PRS (Pseudo Reference Station)
- RTK (OSR-CS2)
- DGNSS (OSR-DS1)
- Float PPP, PPP-AR (SSR-CQ2, SSR-DS1), PPP-AR a tre frequenze (SSR-CM3)
- PPP-RTK (SSR-CS2)
- Altri a discrezione del proponente

Legenda: (ATF: A=accuratezza [Centimetro, Decimetro], T=tempo di convergenza [Secondi, Quarto di ora, 5 Minuti], F=numero di frequenze [1,2,3]).

P.es CQ2= accuratezza centimetrica in un quarto di ora con due frequenze.

[RQ.10] PRESTAZIONI - Una volta svolta l'analisi di cui al punto precedente, il proponente stimerà, per analisi e/o simulazione, i requisiti prestazionali compatibili con l'uso previsto stradale e ferroviario (ovvero applicazioni real time e safety critical), includendo come minimo:

- Complessità (Banda richiesta, Numero di frequenze, link two-way/broadcast)
- Accuratezza
- Tempo di Convergenza
- Copertura (locale/regionale/globale)
- Integrità

[RQ.11] CANALI DI TRASMISSIONE - La trasmissione delle correzioni potrà utilizzare vari mezzi di diffusione (e differenti capacità di banda), p.es. VDES/AIS, Internet (NTRIP), rete cellulare, DAB+ e satellite in banda L. Dovranno essere disponibili almeno due canali di trasmissione ridondati. La diffusione satellitare e in streaming costituiranno valore aggiunto in sede di valutazione della proposta. Costituirà titolo

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 58 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

- aggiuntivo di merito per l'innovazione la trasmissione delle correzioni su protocollo di posizionamento LTE (3GPP 5G) per i rover stradali.
- [RQ.12] NUMERO DELLE STAZIONI DI RIFERIMENTO - Il numero delle stazioni delle stazioni di riferimento, in relazione alla lunghezza della linea ferroviaria/stradale/autostradale, deve essere tale da garantire le prestazioni richieste e sostenere il relativo business case e comunque non inferiore a quattro.
- [RQ.13] ACCURATEZZA, INTEGRITA' e TTA - Il servizio fornirà sia correzioni che informazioni di integrità in relazione al servizio da erogare tali da garantire adeguati livelli di accuratezza ed integrità e un adeguato Time-To-Alert (TTA).
- [RQ.14] INEGRAZIONE DI RETI ESTERNE- Verrà capitalizzato l'asset costituito dalla Rete ASI Fiduciale Italiana con le sue 46 stazioni per il controllo geodetico nonché altre reti pubbliche e private nazionali.
- [RQ.15] CIFRATURA O AUTENTICAZIONE DEL CANALE - Le correzioni e le informazioni di integrità saranno trasmesse su canale sicuro utilizzando meccanismi di cifratura o autenticazione dei dati.
- [RQ.16] FORMATO DEI DATI DI CORREZIONE - Verrà studiato un formato di dati compatibile con il formato RTCM SC-104 v3 e superiore (e RTCM SC-134 in fase di finalizzazione) in modalità OSR e SSR [Rui Hirokawa, Ignacio Fernández-Hernández,2020]. Per quanto riguarda le correzioni SSR (orbite clock, bias, tropo e iono) si prenderanno come esempi il compact SSR, SSRZ (Geo++) e SPARTN (Sapcorda). Non esistendo attualmente una completa standardizzazione dei formati SSR che includano le informazioni di integrità, il proponente presenterà una proposta di adozione del formato per SSR, che dovrà rispondere a criteri di interoperabilità, dovrà essere ottimizzata per la trasmissione broadcast, supportare tutti i servizi GNSS disponibili, minimizzare il consumo di banda, supportare la trasmissione su vari mezzi di diffusione.
- [RQ.17] VERIFICA DELL'INTEGRITA' - I sistemi di correzione dovranno garantire il monitoraggio dell'integrità in due fasi: un controllo pre-trasmissione, in cui le correzioni potenzialmente difettose vengono rilevate e filtrate prima di lasciare il server di calcolo, e un controllo post-trasmissione, in cui vengono rilevati ulteriori errori nel canale di trasmissione e vengono emessi allarmi agli utenti. Questa caratteristica costituisce fattore di merito per l'innovatività del progetto.
- [RQ.18] RICEVITORI PER ROVER - Saranno realizzati i ricevitori dei rover anche con COTS e OEM, in grado di ricevere le correzioni della rete RAN. I ricevitori saranno di una tipologia scelta fra:
- treno
  - autoveicolo.
- L'implementazione di entrambi le tipologie costituisce titolo di merito aggiuntivo della proposta. I ricevitori dei rover includeranno l'interfaccia MMI su laptop, cassetteria, alimentatore e quant'altro di corredo per il montaggio sui rover.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 59 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[RQ.19] CENTRO DI SUPERVISIONE DELLA RETE - La RAN includerà un centro di supervisione per eseguire il monitor e controllo della rete, l'elaborazione delle correzioni e dell'integrità (su L-satellite, streaming NTRIP su rete o altri canali di distribuzione) in tempo reale. Il centro di supervisione adotta una configurazione ridondata e virtualizzata.

[RQ.20] GNSS-DO NEL CENTRO DI SUPERVISIONE - Il centro di supervisione della rete contiene un ricevitore di tempo costituito da un orologio atomico (p.es. Cesium/Rb o comunque un orologio con alta stabilità) in modalità di hold-over rispetto al segnale GNSS (GNSS disciplined oscillator). La capacità di implementare il concetto di composite clock (GNSS, oscillatore locale e altre stazioni di riferimento) e l'uso di tecniche T-ARAIM saranno considerate fattori di innovazione aggiuntivi del progetto.

[RQ.21] STAZIONE DI RIFERIMENTO - La configurazione minima della stazione di riferimento includerà il ricevitore MC/MF (almeno quattro costellazioni e SBAS e quaranta canali) di tipo geodetic-grade, l'antenna geodetica con mitigazione del multipath (p.es choke ring), il sistema di alimentazione, il monumento, la stazione meteo, un orologio ad alta stabilità (p.es. Cesium/Rb) e il collegamento dati per la gestione remota della stazione (Monitor e Controllo) e l'invio dei dati grezzi RINEX. La stazione di riferimento è capace di autosincronizzarsi (in tempo e frequenza) collegandosi con il centro di supervisione. Considerando la natura statica del ricevitore si imposteranno tempi di integrazione sufficientemente lunghi per migliorare la sensibilità e la resistenza al jamming.

[RQ.22] INTEROPERABILITA' - Il servizio di correzione dovrà essere interoperabile ovvero dovrà avere interfacce standard verso il Ricevitore di Bordo in modo da essere compatibile con i sottosistemi di costruttori diversi.

[RQ.23] BENEFICI – I benefici introdotti dalla soluzione dovranno essere misurabili in relazione al contesto in cui sono applicati.

[RQ.24] EVOLUZIONE DELLA SOLUZIONE – la soluzione deve assicurare indipendenza nazionale ed europea, eccellenza ed eventuale unicità dal punto di vista scientifico, tecnologico, applicativo e di servizi; le prospettive di ritorno industriale saranno oggetto di valutazione. Lo strumento sarà scalabile per applicazioni satellitari.

[RQ.25] INNOVAZIONE – il contenuto di innovazione deve essere identificato e garantito in termini di algoritmi di processamento, decision making e monitoring processes e/o architetture realizzative efficaci e/o approcci innovativi di V&V al fine di ottenere benefici per tecnologia/applicazioni/servizi nei settori tecnologici presi a riferimento, rispetto allo stato dell'arte.

[RQ.26] PPP-RTK – Nel caso di PPP-RTK, sarà considerata caratteristica innovativa la capacità di estrarre le informazioni precise ionosferiche e troposferiche dalla rete di stazioni di riferimento con alta densità spaziale e fornire un servizio con bassi tempi di convergenza e alta

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 60 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

precisione. Il miglioramento del tempo di convergenza di PPP e dell'accuratezza del posizionamento dipende infatti dalla realizzazione e utilizzo di prodotti atmosferici (ionosferici e troposferici) di precisione quali:

- il Satellite-based Ionospheric Model (SIM) per rappresentare lo ionospheric Slant TEC (STEC), per il quale l'accuratezza media RMS del modello è migliore di 2 TECU.
- Il modello Real-Time Tropospheric Grid Point (RTGP) costruito basandosi sul modello GPT2w, per il quale l'accuratezza media RMS del modello è migliore di 1.2 cm.

Entrambi i modelli saranno aggiornati con frequenza tipica di 10s per soddisfare le necessità del trasporto in tempo reale. Il rover riceve le correzioni atmosferiche direttamente dal server di rete e adotta un modello di tipo “*atmospheric constrained PPP*” per raggiungere alta accuratezza e rapida convergenza.

È stato dimostrato che il tempo di convergenza del calcolo della posizione orizzontale è funzione lineare della densità delle stazioni. Il proponente dovrà stimare, dunque, la densità delle stazioni di riferimento nella zona di interesse per raggiungere l'accuratezza necessaria delle correzioni atmosferiche.

[RQ.27] RTK IN MODALITA' BROADCAST – Nel caso RTK per rover cinematici il terminale deve organizzare il trattamento del cambio della stazione di riferimento lungo il percorso. In questo caso la risoluzione dell'ambiguità può essere un processo che richiede tempo, specialmente in ambienti complicati e ciò può essere problematico per la figura di disponibilità delle stime di posizione ad alta precisione per rover in alta dinamica e critici dal punto di vista della sicurezza. Nel caso RTK, dunque, sarà considerato titolo di merito innovativo la capacità di trasmettere correzioni RTK in modalità broadcast senza cambio di stazione di riferimento lungo il percorso facendo riferimento ad un'unica stazione master e senza necessità di trasmettere la propria posizione con un collegamento bi-direzionale. Questo è in linea con le raccomandazioni del “the 3rd Generation Partnership Project” (3GPP), che ha specificato la codifica di NRTK in formato RTCM come parte del LTE Positioning Protocol (LPP) sia in modalità unicast o broadcast cellulare da un operatore mobile per consentire la scalabilità al dispiegamento di massa. A questo proposito si citano, per esempio, la tecnologia “Virtual Virtual Reference station” (VVRS) e Homogeneous Network RTK (HN-RTK). Nel primo caso si riconducono i dati di ambiguità delle singole stazioni ad un'unica stazione usando p.es il meccanismo proposto da 3GPP, mentre nel secondo caso, gli utenti di HN-RTK riceveranno le osservazioni dalla stessa stazione master indipendentemente dalla loro posizione, grazie all'algoritmo di aggiustamento e fusione delle singole celle rispetto al master e conseguente generazione di un unico continuo piano spaziale di errore

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 61 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

[Cheolsoon Lim and Byungwoon Park, 2022], [Carsten Rieck, Per Jarlemark and Stefan Nord, 2021].

[RQ.28] MITIGAZIONE DEL MULTIPATH - I ricevitori delle stazioni di riferimento e dei rover includeranno tecniche di mitigazione del multipath quali tecniche in antenna o in post-correlazione o altre tecniche a discrezione del proponente. L'uso di tecniche innovative di mitigazione del multipath nei rover costituirà titolo di merito aggiuntivo per l'innovatività per il progetto. Si citano a questo proposito, a mero titolo esemplificativo, le seguenti tecniche emergenti:

- a. Supercorrelazione con 3DMA
- b. Filtraggio adattivo delle misure basandosi sui residui post-fit o innovazioni
- c. Metodi machine-learning del tipo support vector machine (SVM) per la classificazione e detezione di NLOS

[RQ.29] IBRIDAZIONE CON ALTRI SENSORI- I ricevitori dei rover saranno ibridati con altri sensori di bordo per aumentare la disponibilità del servizio PVT in caso di oscuramento (p.es. PPP-GNSS-INS). L'uso del filtro factor graph nel calcolo del posizionamento RTK o PPP e per l'ibridazione, invece del filtro standard Kalman Esteso (EKF), sarà considerato fattore di merito innovativo aggiuntivo.

[RQ.30] RAIM - Sarà fattore di innovazione fondamentale del progetto l'inclusione nel ricevitore dei rover di tecniche RAIM per la detezione e rimozione degli outliers dovuti a fault multipli e il calcolo dei livelli di protezione nel rover. In questo caso il rischio di integrità del sistema complessivo PNT verrà apporzionato con FMEA e FTA includendo il contributo dovuto alla RAN e l'Alarm limit/TTA saranno determinati dal tipo di applicazione. Il ricevitore in questo caso sarà predisposto per lo standard Automotive Safety Integrity Level (ASIL) C (ISO 26262) nel caso stradale e conforme a SIL4 secondo EN50128/EN50129 nel caso ferroviario.

[RQ.31] ALGORITMO RAIM – L'algoritmo RAIM si compone di una sezione FDE e una per il calcolo dei PL in presenza di guasti multipli. Numerosa letteratura esiste per le tecniche RAIM ed è compito del proponente proporre le soluzioni più idonee. Esse possono essere implementate sia nel dominio dello pseudo-range (con statistica SSE e residui) che nel dominio della posizione (usando uno stimatore MMSE del valore di bias); si veda per esempio [Letizia Lo Presti e Salvatore Sabina, 2018], [Mathieu Goerger et al., 2014], [Gunning et al., ION GNSS+, 2018] per una descrizione delle tue tecniche principali RB-RAIM e SS-RAIM. Nel caso di decisione per l'esclusione delle misure faulted si usa normalmente un rivelatore di tipo Neyman-Pearson fissata la Probabilità di Falso allarme (e quindi la correlata Probabilità di Mancata

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 62 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Detezione). Come esempi di applicazioni di metodi FDE con banco di filtri si cita [Applege et al, Inside GNSS, July/August 2021] laddove LDS si basa su un filtro di Kalman che integra le misure dell'odometro, pseudorange GNSS e DTM esegue il calcolo dei PL con SS, calcola la distanza di Mahalanobis di ogni pseudorange e la confrontando con una soglia predefinita per effettuare la FDE. Si veda anche [Frank M. Schubert, Inside GNSS, March 2018] per l'algoritmo Sensor-Agnostic-All-Source Residual Monitoring (SAARM) per FDE basato anch'esso sulla distanza di Mahalanobis. Nel caso di batch LS, che riformula la fusione multisensore come un problema LS (snapshot RAIM) [Joerger, M. and Pervan, P., 2011], trova diretta applicazione il metodo FDE di tipo Solution Separation [J. Blanch, T. Walter et al., 2014], l'algoritmo P-RANSAC [G. Castaldo et al., 2014] ovvero i metodi basati su residui o equivalente controllo della parità. L'esclusione delle misure faulted sarà integrata con gli allarmi provenienti dai sistemi di augmentation sia per il SIS che per le correzioni. Il reale errore di posizione non è noto, se non in fase di qualifica usando il true path, e non può essere usato dunque come metrica per confrontare tali misure con AL nel caso operativo. PL è quindi calcolata avendo IR come intervallo di confidenza, e confrontata con AL. La probabilità che, in ogni momento,  $PE > AL$  è chiamata Integrity Risk (IR). Se questa situazione accade viene inviato un messaggio di Loss Of Integrity (LOI) all'utente. Nel caso del calcolo di livello di confidenza dei PL, esso può essere calcolato sia con il metodo SS-RAIM dello slope (esteso al caso multi-fault) che con quello della separazione delle soluzioni, applicati dopo FDE. Si veda per esempio [Gunning et al., 2019], in cui si usa l'approssimazione n.2 di SS fissati IR e la Probabilità di Falso Allarme.

[RQ.32] SBAS - Sarà considerato fattore di merito innovativo aggiuntivo l'architettura di augmentation e integrità per il servizio GPS a tre livelli costituita da SBAS (EGNOS in versione attuale non MF/MC), rete di correzione di terra e RAIM.

[RQ.33] RILEVAMENTO DEL CYCLE SLIP – La detezione dello slittamento di fase è essenziale nei sistemi di posizionamento ad alta precisione al fine di rilevare potenziali soluzioni errate a causa del numero incorretto dei cicli. Saranno proposte le tecniche più efficaci per il rover come desunte dalla letteratura, quali p.es. la combinazione Geometry-Free (GF), Geometry-Ionosphere-Free (GIF) o double-differenced ionosphere-free wide-lane (IFWL).

[RQ.34] RISOLUZIONE DELL'AMBIGUITA' - Sarà considerato fattore di innovazione aggiuntivo l'uso di tecniche innovative di risoluzione dell'ambiguità nelle misure di fase rispetto all'algoritmo LAMBDA

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 63 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>(Least-squares Ambiguity Decorrelation Adjustment) per migliorare la risoluzione dell’ambiguità quali, p.es.:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>l’applicazione di tecniche di Machine Learning (p.es Genetic Algorithm) per migliorare la capacità di risolvere l’ambiguità delle misure di fase di PPP e RTK in ambienti challenging (multipath, diffrazione e oscuramento) laddove gli indicatori standard (ratio test, difference test, projector test e ambiguity dilution of precision (ADOP),...) non riescono a rilevare compiutamente le soluzioni non ambigue.</li><li>uso dell’ambiguity function method (AFM) potenziato con un particle filter (PF), il quale esegue una ricerca della soluzione in uno spazio a 3D invece che nel dominio dell’ambiguità. La funzione di valutazione è minimizzata imponendo il vincolo che l’ambiguità è un intero. Il metodo evita il calcolo della soluzione iniziale float (ambiguità/posizione iniziale e sua varianza).</li></ol>
<b>Requisiti di validazione</b>	<p>[RQ.35] PIANO VERIFICA E VALIDAZIONE- Dovranno essere selezionati metodi di test opportuni per la dimostrazione del TRL finale della soluzione sviluppata, in accordo con la normativa ECSS (e.g. test di laboratorio, test funzionali, etc.) e/o utilizzando le normative nazionali ed europee applicabili.</p> <p>[RQ.36] TAILORING ECSS – Considerando gli standard ECSS, il piano di verifica e validazione dovrà essere formulato sulla base di opportuno tailoring dello stesso.</p> <p>[RQ.37] MODELLI – Sulla base del TRL obiettivo e coerentemente ad esso, dovranno essere definiti e realizzati i modelli e/o scenari opportuni per effettuare le attività di verifica della soluzione finale.</p> <p>[RQ.38] AMBIENTE DI TEST - Le caratteristiche dell’ambiente di test dovranno essere l’involuppo delle caratteristiche ambientali per cui la soluzione è progettata</p> <p>[RQ.39] ESECUZIONE DEI TEST – Le attività di test dovranno essere eseguite secondo quanto stabilito dal piano di verifica e validazione e della documentazione applicabile (i.e. procedure); il contraente assicurerà ad ASI la completa visibilità delle attività di test e dei suoi risultati (i.e. test report, post test analysis.</p> <p>[RQ.40] AMBIENTE DI PROVA - Il progetto prevede una fase di concezione, realizzazione e test in ambiente rappresentativo, prima simulato e poi reale.</p> <p>[RQ.41] TEST SUL CAMPO - Le campagne di test sul campo valideranno, in particolare, i requisiti di prestazioni stabiliti precedentemente per analisi e/o simulazione. Si prevedranno due classi di ambienti per le prove in relazione al tipo di ricevitore realizzato:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>Prove (auto)stradali che traggono la futura infrastruttura (auto)stradale dotata di antenne radio RSU</li></ol>

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 64 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

	<p>(Road Side Unit) e collegamento in fibra ottica, in grado di rilevare, trasmettere, elaborare i dati provenienti dalla rete in tempo reale e abilitare tutti i sottosistemi all'interno della connettività V2X (vehicle to everything).</p> <p>b. Prove in ambiente ferroviario, con l'obiettivo dell'adeguamento del controllo marcia treno allo standard ERTMS satellitare tramite l'utilizzo di una infrastruttura di aumento della precisione a bordo linea</p> <p>[RQ.42] PARAMETRI DI VALIDAZIONE - Il test sul campo o simulato sarà realizzato in ambiente rappresentativo con ricevitori dinamici (ferroviari e veicolari) con e senza correzioni da sistemi di augmentation. La durata delle prove sarà tale da avere una statistica attendibile delle prestazioni raggiunte in termini di accuratezza, precisione e C/NO. L'obiettivo dei test di qualifica è quello di verificare le seguenti caratteristiche, considerate rilevanti nel trasporto multimodale e autonomo:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Copertura: Disponibilità del servizio di correzione dentro una regione definita</li><li>2. Posizionamento dinamico a 3D (con rover): Disponibilità del servizio e accuratezza in condizioni dinamiche con velocità e accelerazioni lineari/angolari costanti e variabili, sia in presenza che assenza di ausilio di augmentation</li></ol> <p>Durante l'esecuzione di ogni test sarà registrato, a scopo di confronto, il ground truth con ricevitore GNSS di riferimento e IMU di precisione.</p>
--	---

#### 4.5 ALBERO DEL PRODOTTO

I Proponenti dovranno fornire l'albero del prodotto sviluppato in dettaglio – in accordo alle norme ECSS - scomponendo il Prodotto secondo un approccio top-down e fornirlo ad ASI in sede di Offerta.

#### 4.6 FILOSOFIA DI SVILUPPO E DEI MODELLI

I Proponenti dovranno descrivere dettagliatamente la filosofia di sviluppo e dei modelli del prodotto e, coerentemente ad esso, un piano di validazione opportuno.

#### 5.0 PIANIFICAZIONE DELLE ATTIVITA' FASI ED EVENTI CHIAVE

La durata di riferimento del progetto è, al massimo 24 (ventiquattro) mesi.

Le riunioni di inizio attività avranno luogo entro, al minimo, 20 giorni dalla sottoscrizione dei singoli contratti.

La pianificazione è riferita rispetto alla riunione di Kick Off (KO), che stabilisce il riferimento “T0”; tutti gli eventi contrattuali sono definiti e si calcolano rispetto al “T0”.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**





## CAPITOLATO TECNICO

**Documento: DC-UTN-2022-038**

**Revisione: A**

**Data: 14-06-2022**

Pagina: 65 di 72

**Raccolta: -**

### **Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”**

I Proponenti dovranno definire le attività (durate e relazioni) in modo da stabilire una pianificazione solida e credibile per il raggiungimento degli obiettivi del contratto nei tempi richiesti; a tal fine, dovranno implementare opportune metodologie in accordo alle linee guida stabilite dalle norme ECSS (e.g.: SRR, PDR, CDR, FR, etc)

I Proponenti, per consentire ad ASI il controllo/monitoraggio dello stato del Programma, dovranno mantenere e fornire regolarmente ad ASI un “overall master schedule”, ad un livello di dettaglio almeno comparabile con la WBS e le Milestones contrattuali. La “overall master schedule” dovrà contenere tutte le attività, processi ed eventi essenziali ai fini del raggiungimento degli obiettivi del contratto.

I Proponenti dovranno effettuare, su tale pianificazione, un’analisi dei rischi ed una valutazione degli impatti associati e della probabilità di mantenere la pianificazione contrattuale (caso nominale e ottimistico).

#### **5.1 MILESTONE CONTRATTUALI**

Le “Milestones Contrattuali” o “Milestones” sono gli eventi ai quali sono associati i pagamenti e costituiscono gli unici riferimenti vincolanti, dove tipicamente intervengono verifiche di attività, consegne di beni, autorizzazioni, collaudi di verifica, qualifiche e sono autorizzate le relative fatturazioni.

Le milestone del progetto sono esami dello stato tecnico di un progetto e delle eventuali criticità associate in un determinato momento.

Il loro scopo primario è quello di fornire una valutazione completa dello stato del progetto nei confronti degli obiettivi e dei requisiti. Le revisioni supportano e facilitano le comunicazioni di progetto interne ed esterne e forniscono informazioni sulle attività, sui risultati e sul progresso delle attività ingegneristiche del progetto, fornendo un importante supporto decisionale a chi sta gestendo il progetto.

Le Milestone Review (milestone contrattuali) sono organizzate dal Contraente presso la propria sede seguendo le linee guida ECSS-M-ST-10C e discendenti.

Il Proponente dovrà proporre una pianificazione delle attività che preveda Milestone contrattuali (minimo 3 Milestone, oltre alla Riunione Iniziale), in occasione di eventi programmatici e tecnici significativi, con obiettivi chiari e misurabili.

L’ASI si riserva il diritto di modificare, in sede di stipula del contratto, la pianificazione proposta dal Contraente per renderla maggiormente attinente all’andamento delle attività.

La documentazione relativa a ciascuna milestone deve essere inviata al Committente, tramite opportuni canali, almeno 2 (due) settimane prima della milestone.

#### **6.0 FORNITURE DI RESPONSABILITA’ DELL’ASI**

N/A

#### **7.0 FORNITURA CONTRATTUALE**

I Contraenti dovranno consegnare gli elementi di fornitura identificati di seguito secondo la pianificazione e le modalità ivi indicate.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 66 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

#### 7.1 HW/SW

Nella proposta dovranno essere dettagliate le forniture HW/SW previste, necessarie per i test e le sperimentazioni previste dal programma, che potranno includere, a titolo esemplificativo:

- Prototipi, breadboard, modelli per lo sviluppo e la qualifica
- SW
- Modelli numerici, simulazioni e analisi

Per ogni elemento della fornitura il Proponente dovrà dettagliare la pianificazione delle consegne, che dovranno coincidere con gli eventi contrattuali. L'ASI si riserva il diritto di modificare, in sede di stipula del contratto, la pianificazione delle consegne per renderla maggiormente attinente all'andamento delle attività.

Il Contraente dovrà consegnare l'hardware ed il software riportati nel dettaglio nella lista di HW-SW da specificare al momento dell'offerta in risposta i requisiti di questo documento.

L'accettazione dell'HW e SW include le attività di verifica condotte dal Committente e dimostrazioni effettuate dal Contraente che la fornitura è conforme ai requisiti.

Il Contraente è responsabile della verifica dei requisiti che deve essere attuata mediante opportuni certificati di conformità.

Tutti gli elementi (ad es., H/W, S/W, modelli, tools, documenti/dati, COTS) prodotti, sviluppati o acquisiti, ed eventualmente modificati, nel corso del Progetto sono di proprietà del Committente e come tali anche da considerarsi elementi di fornitura in accordo alle condizioni generali dei Contratti ASI, pur se non soggetti a specifiche Delivery Review Boards (DRB).

Per quanto riguarda gli algoritmi ed il SW sviluppati nel corso del Progetto, il Contraente dovrà fornire al Committente sia i codici sorgente che quelli eseguibili e il relativo ambiente di sviluppo Tali algoritmi e SW dovranno riflettere lo stato aggiornato del progetto; ove questo subisse variazioni, essi dovranno essere aggiornati, configurati e riconsegnati al Committente.

L'accettazione dell'HW e SW include attività di verifica condotte dal Committente e dimostrazioni effettuate dal Contraente che la fornitura è conforme ai requisiti.

In fase d'offerta dovrà essere descritto il tipo di sviluppo HW (ricevitore, antenna, PC per MMI...) e SW (Mathlab, Simulink, Python,..) necessario a soddisfare gli obiettivi di progetto, dettagliandone le finalità, l'incremento del livello di maturità tecnologica (TRL) atteso e la tempistica di sviluppo.

Dovrà essere inoltre evidenziato, in fase di proposta, l'eventuale utilizzo di HW/SW proprietario, se necessario per lo svolgimento delle attività di progetto e quantificare lo sviluppo richiesto in ambito di progetto. Ogni vincolo legato a IPR dovrà essere evidenziato e segnalato espressamente nella offerta.

#### 7.2 MODELLI MATEMATICI E ALGORITMI

Nell'ambito della fornitura documentale, il Contraente dovrà fornire anche i Modelli Matematici e Algoritmi utilizzati e/o sviluppati nel corso del Progetto. Tali Modelli Matematici dovranno riflettere lo stato finale/congelato del progetto del Sistema; ove questo subisse variazioni, i budget ed i relativi modelli dovranno essere aggiornati, configurati e riconsegnati al Committente. I modelli dovranno essere corredati della documentazione descrittiva che ne consenta l'utilizzo; i modelli dovranno poter essere utilizzati usando SW commerciali.

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 67 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

Per quanto riguarda gli algoritmi ed il SW sviluppati nel corso dei singoli progetti, il Contraente dovrà fornire ad ASI sia i codici sorgente che quelli eseguibili. Tali algoritmi e SW dovranno riflettere lo stato aggiornato del progetto; ove questo subisse variazioni, essi dovranno essere aggiornati, configurati e riconsegnati al Committente.

Il SW di simulazione dovrà essere corredato di tutta la documentazione necessaria per l’installazione e l’utilizzo.

#### 7.3 GESTIONE DELLA FORNITURA

Ciascun elemento di fornitura contrattuale dovrà essere documentato e configurato come da normativa applicabile (ECSS) per consentirne sia l’identificazione che la presa in carico da parte di ASI in accordo a quanto identificato nel presente documento ed ai comuni standard/pratiche di ingegneria e Qualità.

I trasporti degli elementi di fornitura dovranno essere effettuati da ed a carico del Contraente fino alla consegna finale.

Tutti gli elementi di fornitura trasmessi, immagazzinati e/o trasportati dovranno essere protetti secondo gli standard di sicurezza industriale per prevenire accessi non autorizzati. Per gli elementi classificati, valgono le leggi ed i regolamenti vigenti.

#### 7.4 DOCUMENTAZIONE

Nella proposta dovrà essere dettagliata la fornitura documentale prevista per ogni milestone contrattuale prevista. Essa dovrà includere al minimo quanto previsto in Allegato 1, secondo gli standard ECSS.

Per ogni documento il Proponente dovrà dettagliare la pianificazione delle consegne, che dovranno coincidere con gli eventi contrattuali. L’ASI si riserva il diritto di modificare, in sede di stipula del contratto, la pianificazione delle consegne per renderla maggiormente attinente all’andamento delle attività.

Il Contraente dovrà consegnare almeno la documentazione riportata nel dettaglio nella Lista in Allegato 1, che identifica la pianificazione delle consegne di tale documentazione e la documentazione che sarà sottoposta all’approvazione dell’ASI.

I documenti da consegnare comprendono in linea generale:

- Le specifiche e l’architettura di riferimento
- I metodi di valutazione delle prestazioni e analisi RAMS,
- La documentazione di sviluppo del progetto
- La documentazione specifica per le fasi successive certificazione del sistema ed espandibilità delle funzionalità
- Specifiche dei di verifica di sistema e dei test funzionali (per fase)
- Rapporto dei test o verifica (per fase)
- Pubblicazioni scientifiche

Per quanto riguarda la pubblicazione di articoli o pubblicazioni scientifiche, si riporta quanto indicato in CGA [DA 03], art. 32.2 e Appendice F: “Il rilascio di comunicati-stampa, la pubblicazione di articoli e di scritti, le inserzioni pubblicitarie riguardanti le attività oggetto del contratto, potranno essere

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: DC-UTN-2022-038

Revisione: A

Data: 14-06-2022

Pagina: 68 di 72

Raccolta: -

### Bando: “Infrastrutture per la navigazione satellitare”

effettuati sia dall'ASI che dal Proponente e dai suoi Subcontraenti. In questo secondo caso, ciò potrà avvenire solo previo consenso scritto dell'ASI e le pubblicazioni suddette dovranno sempre recare l'indicazione: "Lavoro effettuato con contratto dell'ASI".

I documenti devono essere forniti in formato nativo, MS word o MS Excel, MS Project e formato PDF.

I documenti devono essere redatti in **lingua italiana**, tranne le pubblicazioni scientifiche che saranno in **lingua inglese**.

#### 8.0 PROPRIETA' INTELLETTUALE

La Proprietà Intellettuale, il know-how, i brevetti, i diritti, l'utilizzo futuro e le licenze dovranno essere regolati secondo quanto stabilito in [DA 03] all' art.30.

I risultati verranno resi disponibili dall'ASI alla comunità scientifica italiana e internazionale con modalità e tempistica da definire successivamente.

	<p align="center"><b>CAPITOLATO TECNICO</b></p>	<p>Documento: <b>DC-UTN-2018-XXX</b>  Revisione: A  Data: <b>21-05-2022</b>  Pagina: 69 di 52  Raccolta: -</p>
<p align="center"><i>Bando</i></p> <p align="center"><i>“Infrastrutture per la navigazione satellitare”</i></p>		

	<p align="center"><i>Bando</i></p> <p align="center"><i>“Infrastrutture per la navigazione satellitare”</i></p> <p align="center">Allegato 1</p> <p align="center"><b>DOCUMENTAZIONE MINIMA DA CONSEGNARE</b></p>
--	---

Rif.	Titolo del documento
<b>Documenti specifici della Proposta</b>	
DEL-OFF-01	Executive Summary dell'Offerta
DEL-OFF-02	Volume Tecnico (inclusivo di Product Tree e Matrice di compliance ai requisiti del Capitolato Tecnico)
DEL-OFF-03	Volume Manageriale (inclusivo di WBS, GANTT, descrizione WPD, pianificazione e struttura industriale)

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**

	<b>CAPITOLATO TECNICO</b>	Documento: <b>DC-UTN-2018-XXX</b> Revisione: A Data: <b>21-05-2022</b> Pagina: 70 di 52 Raccolta: -
<b><i>Bando</i></b> <b><i>“Infrastrutture per la navigazione satellitare”</i></b>		

Rif.	Titolo del documento
DEL-OFF-04	Volume Economico-finanziario (Inclusivo di PSS e file ECOS, se disponibile)
<b>Gestione programmatica</b>	
DEL-PM-01	Piano di gestione del programma (Project Management Plan- PMP, Configuration Management Plan - CMP)
DEL-PM -02	Product Assurance Plan (contiene il tailoring delle norme ECSS)
DEL-PM -03	Progress Report
DEL-PM-04	Rapporto Finale del progetto (Final Report)
DEL-PM-05	Pubblicazioni scientifiche
<b>Gestione della configurazione</b>	
DEL-CM-01	Lista dei documenti (Document Deliverable List)
DEL-CM-02	CIDL (Configuration Item Data List)
DEL-CM-03	Report di stato della Configurazione e PA (Document Status List, Action Item List, RID Lists, Change Status List, RFD/RFW List, NCR List, Audit report)
<b>RAMS</b>	

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**

**CAPITOLATO TECNICO**

Documento: **DC-UTN-2018-XXX**  
Revisione: A  
Data: **21-05-2022**  
Pagina: 71 di 52  
Raccolta: -

**Bando**

***“Infrastrutture per la navigazione satellitare”***

<b>Rif.</b>	<b>Titolo del documento</b>
DEL-PA-01	Studi RAMS (volti a stabilire la disponibilità del sistema e la sua affidabilità in caso di guasto)
<b>Gestione del rischio</b>	
DEL-RSK-01	Piano gestione dei rischi (Risk Management Plan)
DEL-RSK -02	Risk Register
<b>Specifica dei requisiti tecnici</b>	
DEL-REQ-01	Technical Requirement Specifications
DEL-REQ-02	Requirements Traceability Matrix (RTM) delle specifiche tecniche ai requisiti utente
<b>Specifica delle interfacce</b>	
DEL-REQ-03	External Interface Requirements Specifications
DEL-REQ-04	Internal Interfaces Requirements Specifications
<b>Progetto di dettaglio dell'architettura di sistema</b>	
DEL-DES-01	Design Definition File (inclusivo dei Function Tree e Product Tree)
DEL-DES-02	Design Justification File (inclusivo dei report di trade-off e algoritmi)
DEL-DES-03	Modelli degli algoritmi e dei prodotti (e.g.: CAD 3D, matematici, etc.)

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**



## CAPITOLATO TECNICO

Documento: **DC-UTN-2018-XXX**  
Revisione: A  
Data: **21-05-2022**  
Pagina: 72 di 52  
Raccolta: -

### *Bando*

*“Infrastrutture per la navigazione satellitare”*

Rif.	Titolo del documento
	<b>Interfacce</b>
DEL-DES-03	Internal Interface Control Document
DEL-DES-04	External Interface Control Document
	<b>Piano di sviluppo</b>
DEL-DEV-01	Piano di sviluppo e filosofia dei modelli per il raggiungimento del TRL obiettivo
	<b>Verifica, Validazione e dimostrazione delle performance</b>
DEL-TES-01	Piano di Verifica dei Requisiti (include VCRM) per il raggiungimento del TRL obiettivo
DEL-TES-02	Verification Control Document
DEL-TES-03	Test Report
DEL-TES-04	Verification Report
DEL-TES-05	Test Specifications e Test Procedures
	<b>Prima Attivazione</b>
DEL-PRO-01	Certificato di conformità
DEL-PRO-02	Manuale Utente e di installazione

**INFORMAZIONI NON CLASSIFICATE**