



**DITEN**

Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni  
Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova

---

## **DOCUMENTO DI SINTESI**

# **Linee Guida per la creazione del tracciato della monorotaia RFI – Erzelli**



# DITEN

Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni  
Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova

## Sommario

0 – PREMESSA e GLOSSARIO .....	1
1 – CONSIDERAZIONI GENERALI .....	2
1.1) ANALISI DELLE POSSIBILITA' DI TRASPORTO SULLA BASE DEL PARAMETRO "PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE" .....	3
2 – LIMITAZIONE DEGLI IMPATTI.....	4
2.1) INTERFERENZE .....	4
2.2) PROGETTAZIONE ACUSTICA .....	4
2.3) CANTIERIZZAZIONE .....	5
2.4) VERIFICA BELLICA.....	5
3 – Caratteristiche tecniche costruttive .....	5
3.1) UNITA' DI TRASPORTO.....	6
3.2) DEPOSITO COPERTO/OFFICINA .....	7
3.3) VIE DI FUGA IN LINEA .....	7
4 – Caratteristiche del tracciato .....	8
4.1) TRACCIATO .....	8
4.2) STAZIONI DI FERMATA.....	8
5 – Caratteristiche tecniche linea .....	9
5.1) CARATTERISTICHE IMPIANTO.....	9
5.2) SALA CONTROLLO.....	10
6 – Progetto In-Ge .....	10
6.1) CONNESSIONI PROGETTO In-Ge.....	10
ALLEGATO - Aree dedicate alle fermate .....	11



## 0 – PREMESSA e GLOSSARIO

La scelta di realizzare un sistema di trasporto di tipo monorotaia è emersa dalle risultanze di uno studio, commissionato al Dipartimento DITEN dell'Università degli Studi di Genova, volto alla identificazione degli scenari di mobilità e alla valutazione delle alternative progettuali, attraverso l'analisi di fattibilità tecnica e di sostenibilità economica e ambientale per ogni scenario, relativa al sistema di trasporto afferente al Parco Scientifico e Tecnologico degli Erzelli.

Ne è scaturita la delibera DGC numero 317 del 18 dicembre 2018 che ha individuato la monorotaia come la migliore scelta progettuale per collegare la collina degli Erzelli con la zona a valle, considerate le esigenze di mobilità e le caratteristiche del territorio.

Ciò consente alla pubblica amministrazione di Genova di procedere all'affidamento dello sviluppo del progetto anche in ottemperanza all'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 come modificato dal D.Lgs 56/2017 (Documento di valutazione delle alternative progettuali).

### Glossario

**Banchina:** area presente all'interno delle stazioni di fermata, in genere rappresentata da un marciapiede rialzato rispetto alla sede di corsa delle unità di trasporto, dedicata alla salita e alla discesa degli utenti dalle unità di trasporto che si fermano in corrispondenza delle stazioni di fermata.

**Campata:** distanza tra due appoggi consecutivi della trave guida.

**Cantierizzazione:** realizzazione tecnico esecutiva della fase progettuale.

**Infrastruttura monorail:** infrastruttura dedicata a sistemi di trasporto che prevedono l'utilizzo di unità di trasporto che si spostano su di una unica trave guida.

**Monorail:** sinonimo di monorotaia.

**Monorotaia:** sistema di trasporto di massa nel quale le unità di trasporto si spostano su una sola rotaia che costituisce l'unica via di corsa.

**pphpd:** passeggeri per ora per direzione, parametro tecnico in grado di rappresentare l'operatività di un servizio di trasporto.

**Sistemi di trasporto a guida vincolata:** sono i sistemi in cui la traiettoria del moto dell'unità di trasporto non viene decisa dal conducente, ma dalla stessa infrastruttura che l'unità di trasporto è costretta a seguire.



**Sistemi di trasporto monorail:** sistemi di trasporto che prevedono l'utilizzo di unità di trasporto che si spostano su di un'unica trave guida.

**Stazione di fermata:** edificio in corrispondenza del quale vengono effettuate le fermate del servizio di trasporto su monorotaia, deve avere dimensioni tali da contenere al proprio interno le banchine di fermata e tutti quegli apparati ausiliari necessari all'erogazione del servizio.

**Tracciato:** sviluppo piano altimetrico dell'infrastruttura monorail.

**Trave guida:** elemento strutturale dell'infrastruttura che costituisce la via sulla quale si muovono le unità di trasporto.

**Tronchini di manovra:** parti dell'infrastruttura dedicate alle fasi operative propedeutiche l'erogazione del servizio e non comprese tra la stazione di fermata iniziale e quella finale.

**Via di corsa:** sinonimo di trave guida.

**Via di fuga:** percorso attrezzato dedicato all'esodo degli utenti, fruibile in modo agevole anche in caso di emergenza e situazioni di panico collettivo.

**Unità di trasporto:** mezzo dedicato al trasporto di passeggeri che può risultare composto da varie unità che al momento del moto risultano essere accoppiate tra loro.

## 1 – CONSIDERAZIONI GENERALI

A seguito di approfondimenti tecnici fatti su letteratura dei trasporti, ripetuti confronti con i principali fornitori di **tecnologia monorail** e la presa visione di alcune simili applicazioni presenti sul territorio nazionale si è potuti giungere alle seguenti conclusioni:

- non esiste una vera e propria normativa nazionale che regolamenti dal punto di vista tecnico-legislativo la realizzazione di infrastrutture dedicate a unità di trasporto a guida vincolata su trave singola (**monorotaia**). Esiste quindi una significativa differenza rispetto alle infrastrutture stradali e ferroviarie, per le cui opere d'arte (ponti e viadotti) è possibile fare riferimento a norme tecniche che ne regolamentano la progettazione ed esecuzione (NTC2018);
- la carenza legislativa in cui le monorotaie si inseriscono unita alla continua evoluzione tecnologica cui sono soggetti i mezzi di trasporto (unità di trasporto) ha di fatto determinato la situazione per cui **l'infrastruttura monorail** risulta progettata e dimensionata in funzione esclusiva della specifica unità di trasporto che la percorrerà. Al contrario di quanto accade per autostrade e ferrovie, che possono essere percorse da qualsiasi tipo di mezzo gommato o convoglio (in quanto questi devono rispettare



requisiti standard di compatibilità con l'infrastruttura ad essi dedicata), le **infrastrutture monorail** possono essere utilizzate da una singola tipologia di unità di trasporto;

- l'infrastruttura di sistemi di trasporto monorail è parte integrante delle tecnologia dell'impianto, una specifica **trave guida** potrà servire ed essere utilizzata esclusivamente dalla tipologia di unità di trasporto per la quale è stata progettata;

Si richiede quindi al progettista di realizzare il progetto dell'infrastruttura monorail garantendo la massima interoperabilità possibile tra le singole componenti strutturali e tecniche che andranno a costituire la totalità dell'infrastruttura.

Sarà compito del progettista eseguire una preliminare relazione riportante le caratteristiche tecniche infrastrutturali delle principali applicazioni esistenti ed operative, a livello mondiale, di tecnologia monorail in grado di soddisfare i requisiti prestazionali minimi richiesti all'interno delle presenti linee guida. Il progetto della nuova infrastruttura dovrà tenere in considerazione i risultati di tale approfondimento e garantire congrui livelli prestazionali.

## 1.1) ANALISI DELLE POSSIBILITA' DI TRASPORTO SULLA BASE DEL PARAMETRO "PASSEGGERI/ORA PER DIREZIONE"

Sulla base di quanto indicato nelle premesse, da cui si evince la necessità di realizzare un sistema di trasporto atto a smaltire almeno 4000 pphpd, e quanto indicato successivamente al paragrafo 5.1, sarà cura del progettista:

- redigere una matrice delle configurazioni progettuali in cui riportare, a titolo indicativo e non esaustivo, costo struttura, tempo di smaltimento del carico massimo di passeggeri, dimensioni stazioni di fermata della monorotaia, velocità dell'unità di trasporto, emissioni acustiche, costi e intervalli di manutenzione, costo del ciclo di vita (LCC);
- fornire un'analisi costi/ benefici tra unità di trasporto di dimensioni maggiori operanti con frequenza minore e unità di trasporto di dimensioni minori ma con frequenza maggiore, al fin di individuare la soluzione progettuale ottimale.



## 2 – LIMITAZIONE DEGLI IMPATTI

### 2.1) INTERFERENZE

Le interferenze con la viabilità e le attività esistenti dovranno essere ridotte al minimo indispensabile anche in considerazione delle aree da espropriare. Pertanto non si dovrà realizzare un'infrastruttura sopraelevata passante al di sopra di abitazioni, edifici esistenti e luoghi pubblici di aggregazione.

In corrispondenza di sovrapposizione con assi viari esistenti destinati alla mobilità si dovrà rispettare l'altezza minima prevista da normativa vigente e non sarà consentito andare in deroga, se non previa autorizzazione delle autorità competenti. In corrispondenza di civili abitazioni ed attività umane si dovrà mantenere una soglia di rispetto, così come previsto da normativa, piani e regolamenti comunali in vigore.

Si dovranno rispettare i dettami provenienti dalla Soprintendenza ai Beni Culturali per definire il corretto tracciamento nella zona limitrofa ai forti (area di interesse monumentale sottoposta a vincolo).

Essendo l'area d'interesse caratterizzata dalla presenza di numerosi elettrodotti sarà necessario valutare le reciproche interferenze, prevedendo se necessario idonee opere di protezione. Si rammenta la necessità di fornire regolare dichiarazione di assenza da interferenze elettromagnetiche.

Il Progettista incaricato deve rispettare i principi di piena e leale collaborazione e cooperazione con gli uffici e servizi rendendosi disponibile a incontri periodici – che saranno stabiliti in ragione delle esigenze riscontrate – fino alla frequenza massima di un incontro a settimana – durante i quali dovrà essere prodotta, la documentazione progettuale (in progress) in corso di elaborazione. Con lo scopo di agevolare l'iter approvativo, ogni qualvolta la Civica Amministrazione lo ritenga opportuno, il progettista provvederà affinché le fasi di progettazione siano oggetto di condivisione anche con i soggetti detentori dei sistemi/impianti con cui potrebbero nascere interferenze (Terna, ENAC e quant'altri riscontrati in corso d'opera).

### 2.2) PROGETTAZIONE ACUSTICA

Ai fini della disciplina acustica, la legge quadro sull'inquinamento acustico n. 447/95 e i suoi decreti attuativi, la tipologia della monorotaia in esame, pur trattandosi di una infrastruttura, non può considerarsi né compresa né esclusa dal campo di applicazione del D.P.R. 18 novembre 1998 n. 459. Pertanto ai fini del rispetto della normativa in vigore si dovrà fare riferimento sia al D.P.C.M. 14/11/97 che disciplina i valori limite delle sorgenti sonore, sia all'art. 844 del codice civile sulle immissioni, in base al quale non dovrà essere superata la normale tollerabilità. Come noto la giurisprudenza, in assenza ancora di una più appropriata e



specifica definizione, assume come valore limite della normale tollerabilità il valore del rumore di fondo LAF95.

Il progettista dovrà quindi effettuare una campagna di rilevazioni acustiche lungo il percorso e in prossimità dei ricettori più esposti atto a verificare i rumori di fondo esistenti e progettare la monorotaia in modo che i rumori emessi sia dal motore che dal trascinamento del veicolo sulla rotaia non superi il rumore di fondo LAF95 di 5 dB(A) nel periodo diurno (6,00-22,00) e 3 dB(A) in quello notturno (22,00-6,00) in corrispondenza dei ricettori più esposti sia a finestre aperte che a finestre chiuse.

Per quanto esposto si ritiene indispensabile che il progetto, per la parte acustica, venga controfirmato da un Tecnico Competente in Acustica Ambientale regolarmente iscritto nelle liste regionali.

### 2.3) CANTIERIZZAZIONE

Il progettista dovrà, coordinandosi opportunamente con la Stazione Appaltante per valutare alternative sufficienti per individuare la soluzione con minor impatto, predisporre in particolare:

- cantierizzazione con indicazioni specifiche riguardo:
  - occupazione temporanea per aree di cantiere e pista di cantiere;
  - pista di cantiere per accesso alle aree di cantiere;
  - movimentazione travi e pilastri, ed eventuali carichi eccezionali;
  - piano di Sicurezza di Cantiere.

### 2.4) VERIFICA BELLICA

Il progettista dovrà predisporre un piano per la verifica bellica.

## 3 – Caratteristiche tecniche costruttive

La progettazione della nuova infrastruttura monorail dovrà essere eseguita in modo da conseguire il migliore risultato globale dal punto di vista tecnico-economico, con particolare riguardo alla durabilità dell'opera stessa e ai relativi interventi di manutenzione.

L'infrastruttura dovrà essere realizzata in conformità con la normativa tecnica vigente in materia di costruzioni (NTC2018).



# DITEN

Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni  
Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova

---

Dovrà essere posta la massima cura nella concezione generale dell'opera, nella definizione delle geometrie e dei particolari costruttivi in modo da rendere possibile l'accessibilità e l'ispezionabilità, nel rispetto delle norme di sicurezza, di tutti gli elementi strutturali.

Dovrà essere garantita la piena ispezionabilità di tutte le componenti tecniche primarie e secondarie e dovrà essere prevista la possibilità di sostituire/riparare questi elementi con la minima interferenza con l'operatività del servizio.

L'accessibilità alle singole componenti dell'infrastruttura dovrà essere garantita sia dalla linea sopraelevata che da terra.

Sarà possibile realizzare tratti in trincea, ove questo consentito in funzione della conformazione geologica del terreno, della presenza di attività umane e degli impatti che l'opera genererà. La sostenibilità dei tratti in trincea dovrà essere preventivamente comprovata attraverso indagini geotecniche approfondite.

Il progetto dell'infrastruttura dovrà tenere in considerazione una possibile futura estensione del tracciato in direzione aeroporto Cristoforo Colombo. Si dovrà garantire la massima interoperabilità sia in termini di servizio che di progettazione e realizzazione dell'infrastruttura.

La compatibilità tra necessità operative del servizio e prestazioni tecniche dell'infrastruttura dovrà essere sempre verificata e garantita in ogni sua singola componente.

Si dovrà prevedere un piano di manutenzione dell'opera in cui vengano esplicitate modalità e tempistiche di applicazione.

### 3.1) UNITA' DI TRASPORTO

Per le unità di trasporto dovranno essere specificate le seguenti caratteristiche:

- definizione di unità di trasporto;
- capacità minima passeggeri per unità di trasporto per ottemperare ai parametri indicati al punto 1.1 (4.000 pphpd per direzione) e 5.1, specificando n° totale passeggeri, n° posti a sedere (minimo 15), n° posti attrezzati per disabili motori (minimo 2), prendendo in considerazione un grado di affollamento massimo pari a 4 passeggeri/m<sup>2</sup>.
- tempo di percorrenza;
- velocità massima;
- peso dell'unità di trasporto;
- guida automatica "driverless";
- accoppiamento automatico porte di banchina/porte unità di trasporto.





### 3.2) DEPOSITO COPERTO/OFFICINA

Per il deposito/officina dovrà essere specificato:

- capacità/disposizione di parcheggio delle unità di trasporto (comprensiva di schema dimensionale e ambiti di manovra)
- localizzazione deposito e modalità di ingresso/uscita unità di trasporto;
- modalità di immissione/dismissione delle unità di trasporto dalla linea;
- attrezzaggio per manutenzione ordinaria e straordinaria;
- sezione di tracciato collegata al deposito e separata dalla linea e dai raccordi con il deposito/officina, da dedicarsi ai test funzionali di immissione in linea, alle prove periodiche con gli organi competenti o alle verifiche tecniche previste. In alternativa sarà compito del progettista fornire precise indicazioni in merito alle modalità di espletamento di test funzionali di immissione in linea, prove periodiche con gli organi competenti, verifiche tecniche previste e quant'altro previsto dalle normative vigenti;
- area per il personale operante in loco (spogliatoi, servizi igienici, ...);
- area di stoccaggio scorte (magazzini anche per materiali "pericolosi");
- vie di fuga, accesso dei VV.FF..

### 3.3) VIE DI FUGA IN LINEA

I sistemi di sicurezza utili all'evacuazione della linea da parte dei passeggeri (tra cui anche i sentieri di camminamento) dovranno essere progettati seguendo le indicazioni provenienti dalle autorità competenti in materia, alle quali dovrà essere chiesto parere preventivo e le cui richieste dovranno essere soddisfatte/agevolate sin dalla fase di progettazione dell'opera.

Il progettista dovrà dare indicazioni relativamente alle vie di fuga verso luogo sicuro e facilmente raggiungibile dai mezzi di soccorso sia per quanto riguarda la linea, sia per le stazioni di fermata con particolare riguardo alle persone con disabilità.



## 4 – Caratteristiche del tracciato

### 4.1) TRACCIATO

L'infrastruttura dovrà essere progettata a doppia via con sentiero di camminamento di emergenza centrale.

Il tracciato non dovrà avere lunghezza superiore a 2300 metri, esclusi "tronchini di manovra" e collegamenti con area deposito/manutenzione.

Il tracciato dovrà tenere conto dei nuovi insediamenti ed attività così come indicati nelle allegate planimetrie di cui al capitolo 7.

Dovrà essere prevista un'area di immissione e dismissione delle unità di trasporto dalla linea, facilmente raggiungibile anche da trasporti eccezionali (carico massimo e fuori sagoma).

L'interasse standard (campata standard) tra un pilastro e l'altro, disposti a sostegno delle travi guida, dovrà avere estensione compresa tra i 25 e 35 metri.

Saranno consentite 3 campate fuori standard non consecutive di estensione massima inferiore o uguale a 75 metri (da progettare eventualmente anche in acciaio).

Sarà cura del progettista predisporre un fotoinserimento ("rendering contestualizzato") del tracciato e, se possibile, delle stazioni.

### 4.2) STAZIONI DI FERMATA

La posizione delle stazioni di fermata della monorotaia (3 in totale, più una eventuale per aeroporto) dovrà tenere in considerazione l'identificazione delle specifiche aree ad esse dedicate, rappresentate nell'allegato.

La stazione di fermata della monorotaia a servizio della stazione ferroviaria di Sestri Ponente dovrà essere progettata sopraelevata tenendo in considerazione che verrà collegata, per via aerea, alla nuova stazione di RFI. Proprio per questo motivo la sua progettazione dovrà tenere conto dello stile architettonico utilizzato per realizzare la nuova stazione ferroviaria di Sestri Ponente cercando di uniformarle il più possibile l'una con l'altra e con il territorio che le ospita.

La stazione di fermata della monorotaia a servizio della stazione ferroviaria di Sestri Ponente dovrà essere progettata tenendo in considerazione la possibilità che nel futuro il servizio possa essere esteso fino all'aeroporto Cristoforo Colombo.



Tutte le stazioni di fermata della linea monorotaia dovranno essere progettate seguendo la normativa vigente in materia, delimitate da 3 mura più copertura e dotate di indicatori temporali riportanti lo stato del servizio in tempo reale, come ad esempio il tempo di attesa residuo.

Il Progettista incaricato deve rispettare i principi di piena e leale collaborazione e cooperazione con gli uffici e servizi rendendosi disponibile a incontri periodici – che saranno stabiliti in ragione delle esigenze riscontrate – fino alla frequenza massima di un incontro a settimana – durante i quali dovrà essere prodotta, la documentazione progettuale (in progress) in corso di elaborazione. Con lo scopo di agevolare l'iter approvativo, ogni qualvolta la Civica Amministrazione lo ritenga opportuno, il progettista provvederà affinché le fasi di progettazione siano oggetto di condivisione anche con i soggetti che si interconnettono con le stazioni da realizzare (GHT, RFI ed in caso di prolungamento Aeroporto di Genova).

L'accesso dalle banchine alle unità di trasporto dovrà essere regolato da porte di banchina automatiche.

Si dovrà realizzare un accesso a raso tra banchina e unità di trasporto.

## 5 – Caratteristiche tecniche linea

### 5.1) CARATTERISTICHE IMPIANTO

I cambi di pendenza della linea dovranno essere ridotti al minimo e le livellette dovranno avere massima estensione possibile

La pendenza massima di ciascuna livelletta non dovrà essere superiore al 7%.

Il raggio minimo di curvatura non dovrà essere inferiore a 60 metri. Nel caso in cui il progettista non riuscisse a giungere alla stesura di un tracciato che soddisfi tale vincolo, a seguito di opportune motivazioni riportate ed assumendosene le relative responsabilità, potrà prevedere in modo concordato con la parte committente la presenza di alcune curve a raggio inferiore.

L'infrastruttura (comprese le sue stazioni di fermata) dovrà avere dimensioni e caratteristiche tecniche tali da consentire l'esercizio di un servizio di trasporto su monorotaia in grado di movimentare almeno 4000 pphpd per direzione.

L'infrastruttura dovrà essere progettata in modo tale da consentire l'utilizzo di unità di trasporto aventi una capacità compresa tra 180 e 300 passeggeri ciascuna, considerando un grado di affollamento delle unità di trasporto pari a 4 passeggeri/m<sup>2</sup>.

L'infrastruttura dovrà essere progettata in modo tale da garantire una frequenza di esercizio che contempli almeno un transito ogni 90 secondi di una unità di trasporto.



Dovrà essere previsto un sistema di sicurezza e localizzazione della marcia adeguato ad un servizio di tipo automatico ed autorizzato dagli organi ministeriali di competenza (ove possibile garantire SIL4).

Il sistema di alimentazione dovrà essere continuo e posizionato sulla via di corsa.

Si dovrà progettare il sistema di alimentazione globale, comprensivo di sottostazioni, punti di allaccio a rete nazionale e sistema di alimentazione alternativo in caso di fuori servizio del sistema primario; in tal caso dovrà essere indicata l'autonomia garantita in servizio non alimentato da rete primaria.

Si dovrà indicare la metodologia di esodo dalle unità di trasporto e dall'infrastruttura per persone diversamente abili.

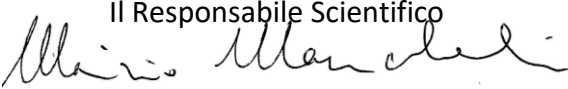
## 5.2) SALA CONTROLLO

Dovrà essere prevista la creazione di una sala operativa di monitoraggio traffico dedicata per stazioni e linea. Tale struttura dovrà essere progettata con caratteristiche tecniche ed architettoniche tali da consentire la presenza di personale umano durante l'orario d'esercizio del sistema di trasporto su monorotaia.

## 6 – Progetto In-Ge

### 6.1) CONNESSIONI PROGETTO In-Ge

È attualmente in fase di avvio il progetto europeo "InGE - Innovative solutions for Intermodal" promosso dalla Innovation and Networks Executive Agency su linea CEF (Connecting Europe Facility) avente ad oggetto lo sviluppo infrastrutturale rispetto alle dotazioni tecnologiche del nodo intermodale rappresentato dal nuovo polo localizzato nell'area di Sestri Ponente-Erzelli, comprendente la nuova stazione ferroviaria RFI di Sestri ponente, l'aeroporto Cristoforo Colombo, l'uscita autostradale dedicata all'aeroporto ed il nuovo sistema di trasporto su monorotaia. Il progettista dovrà costantemente monitorare l'evoluzione del progetto per recepirne gli indirizzi. Per questo motivo la committenza si lascia aperta la possibilità di richiedere alcune integrazioni, oggi non previste, per armonizzare progettualità e sviluppo della totalità dell'area oggetto dell'intervento.

Il Responsabile Scientifico  
  
(Prof. Maurizio Mazzucchelli)

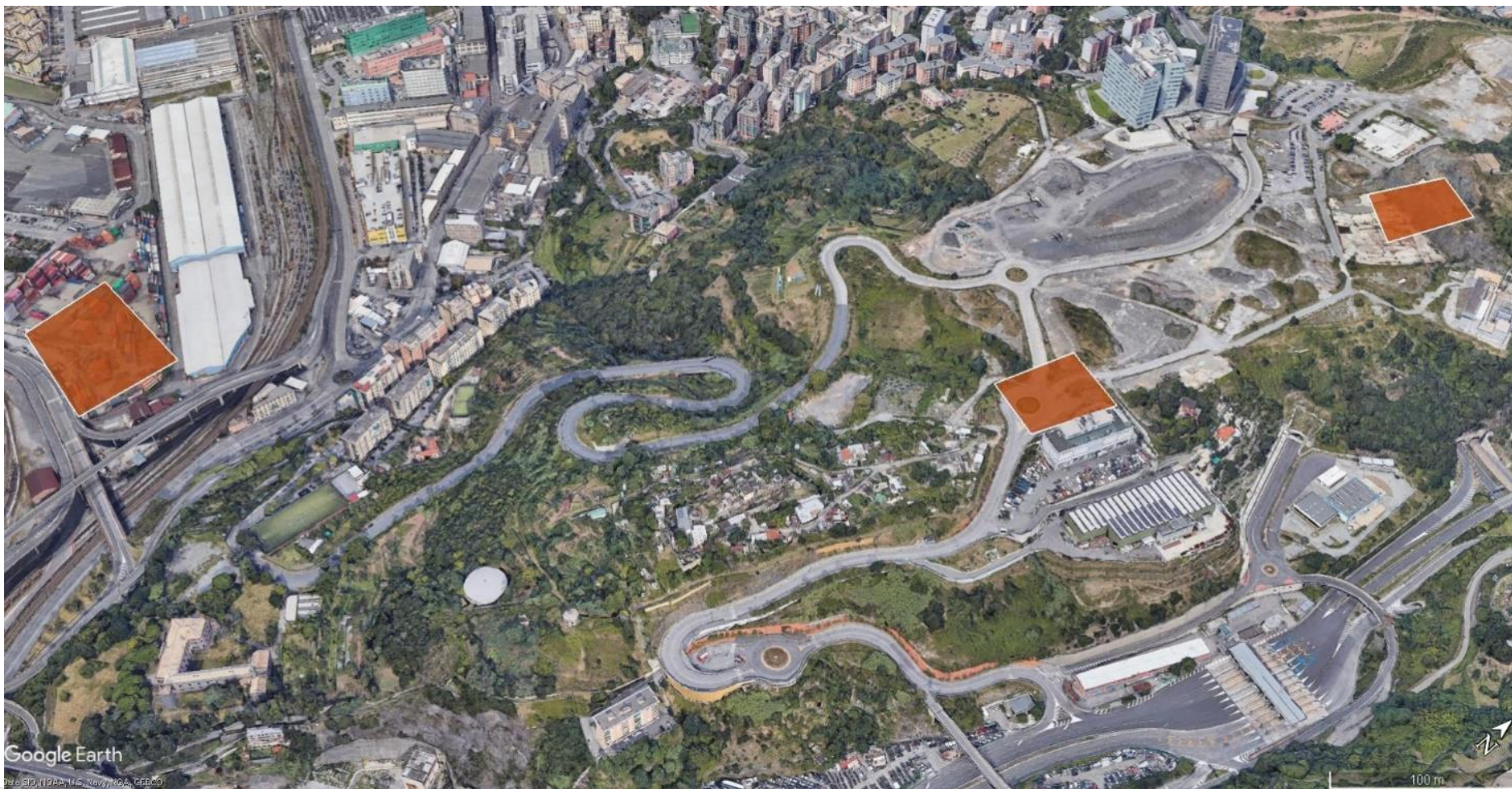




# DITEN

Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni  
Scuola Politecnica, Università degli Studi di Genova

## Allegato – Aree dedicate alle fermate



DITEN Via all'Opera Pia 11A 16145 Genova ITALY  
Tel: +39 010 353 2733 / Fax: +39 010 353 2700 - email: [diten@diten.unige.it](mailto:diten@diten.unige.it) - P.I. 00754150100