Comune di Trieste

Dipartimento Territorio, Economia, Ambiente e Mobilità
Direzione

Presentazione istanza per accesso alle risorse destinate al TMR a Impianti Fissi
Legge 30.12.2018, n. 145 "Legge di bilancio 2019", art.1 comma 95

CABINOVIA METROPOLITANA
TRIESTE - PORTO VECCHIO - CARSO

DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO E RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ing. Giulio Bernetti

PROGETTISTA OPERE INFRASTRUTTURALI

ing. Andrea Gobber

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. ANDREA GOBBER
Ing. civile e ambientale, industriale e dell'informazione
ISCR. ALBO N° 2101 - Sezione A degli Ingegneri

COLLABORATORI ED ESPERTI TECNICI E AMMINISTRATIVI

ing. Sara Borgogna
ing. Paola Capon
ing. Silvia Fonzari
ing. Fabio Lamanna
arch. Anna Monaco (per il progetto Civitas Portis)
dott. Stefano Mullner (per il progetto Civitas Portis)
dott. Roberto Prodan

Progetto preliminare
Relazione illustrativa

CODICE DOCUMENTO
1948-R01-A

ELABORATO	SCALA	DATA
TS1_All.6.02.01_Progetto Fattibilità		Dicembre 2020

Trieste

MONPLAN INGEGNERIA

INDICE

1 PREMESSA 3

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 4

2.1 OROGRAFIA 5

2.2 CLIMA 5

2.3 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 6

2.4 IL PORTO NUOVO E IL PORTO VECCHIO 6

3 IL CONCEPT PROGETTUALE 8

3.1 I VANTAGGI DI UN IMPIANTO A FUNE 8

3.2 LE POTENZIALITA' TURISTICHE DEL COLLEGAMENTO 9

3.3 LE POTENZIALITA' DELL'IMPIANTO: OBIETTIVI E STRATEGIE 10

3.3.1 MINIMIZZARE E VALORIZZARE 11

3.3.2 DIMINUIRE E RESTITUIRE 11

3.3.3 RIDURRE E RIGENERARE 12

3.3.4 TRASFORMARE E MIGLIORARE 12

3.3.5 EFFICIENZA E PRESTAZIONE 12

4 LA SCELTA DEI TRACCIATI DI LINEA 13

4.1 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI 13

4.2 LINEA OPICINA-BOVEDO 15

4.3 LINEA "BOVEDO - PORTO VECCHIO – TRIESTE" 16

5 LA SOLUZIONE TECNICA PROPOSTA 17

6 VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO 20

7 FUNZIONALITA' DELL'OPERA A FINI TRASPORTISTICI 23

8 FATTIBILITA' DELLA SOLUZIONE IN RAPPORTO AI VINCOLI PRESENTI SULLE AREE INTERESSATE 25

9 ITER AUTORIZZATIVO PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA 26

9.1 AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI 26

9.2 AUTORIZZAZIONI TECNICHE 27

10 PERSONALE NECESSARIO ALL'ESERCIZIO.....28

11 LIMITI DI ESERCIZIO: CHIUSURE PER MASSIMO VENTO 28

11.1 ANALISI DEI DATI SULLA MASSIMA VELOCITA' DEL VENTO E STIMA DELLE GIORNATE DI CHIUSURA PREVISTE 29

12 AZIONAMENTI DI RISERVA E DI EMERGENZA, EVACUAZIONE DEI PASSEGGERI IN CASO DI GUASTO 37

13 ASPETTI DA APPROFONDIRE IN SEDE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA 38

14 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 40

15 TIMBRI E FIRME.....46

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto europeo CIVITAS PORTIS il Comune di Trieste ha previsto la redazione di uno studio preliminare relativo al collegamento tra le Aree costiere di Porto Vecchio, Porto Nuovo e l'entroterra. Lo studio preliminare tecnica ed economica riguarda l'introduzione di un sistema di trasporto pubblico ibrido ed innovativo che permetta la riduzione di inquinamento e la congestione.

Il presente studio prevede la realizzazione di un primo collegamento funiviario tra il Carso triestino (Opicina) e la costa (Bovedo) ed un secondo collegamento tra Bovedo e il centro cittadino di Trieste, passando attraverso l'edificato di Porto Vecchio.

Lo studio è finalizzato a chiarire i seguenti aspetti:

- l'individuazione del tracciato di linea e della tipologia di impianto più indicata;
- il posizionamento delle stazioni di partenza ed arrivo;
- il posizionamento dei sostegni di linea;
- la fattibilità tecnica delle linee funiviarie;
- la valutazione delle opere accessorie necessarie a garantire la funzionalità del collegamento;
- la valutazione delle potenzialità di collegamento delle stazioni alle infrastrutture viarie e turistiche esistenti;
- l'analisi delle potenzialità turistiche del collegamento;
- l'analisi delle potenzialità dell'impianto funiviario quale collegamento alternativo al trasporto su gomma.

Nella parte iniziale lo studio ha esaminato le potenzialità presenti sul territorio di Trieste e individuato possibili corridoi utili alla connessione Carso-costa.

Dopo aver individuato le linee funiviarie che meglio conciliano le esigenze funzionali con la fattibilità tecnica, queste sono state studiate dal punto di vista paesaggistico e di inserimento nel contesto.

Tutte le analisi condotte sono state influenzate da problematiche orografiche, ambientali ma soprattutto urbanistiche in quanto il territorio di Trieste, compresa la zona collinare, risulta densamente abitata.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Trieste è un comune italiano di 203.877 abitanti, capoluogo della regione italiana a statuto speciale Friuli-Venezia Giulia ed è affacciato sull'omonimo golfo nella parte più settentrionale dell'Alto Adriatico.

La città si estende tra le Alpi Giulie e il mare Adriatico, comprendendo le terre poste fra golfo di Trieste, il golfo di Fiume e il Carso, altopiano roccioso calcareo appartenente alle Alpi Dinariche che si estende a cavallo tra il nord-est dell'Italia, la Slovenia e la Croazia.

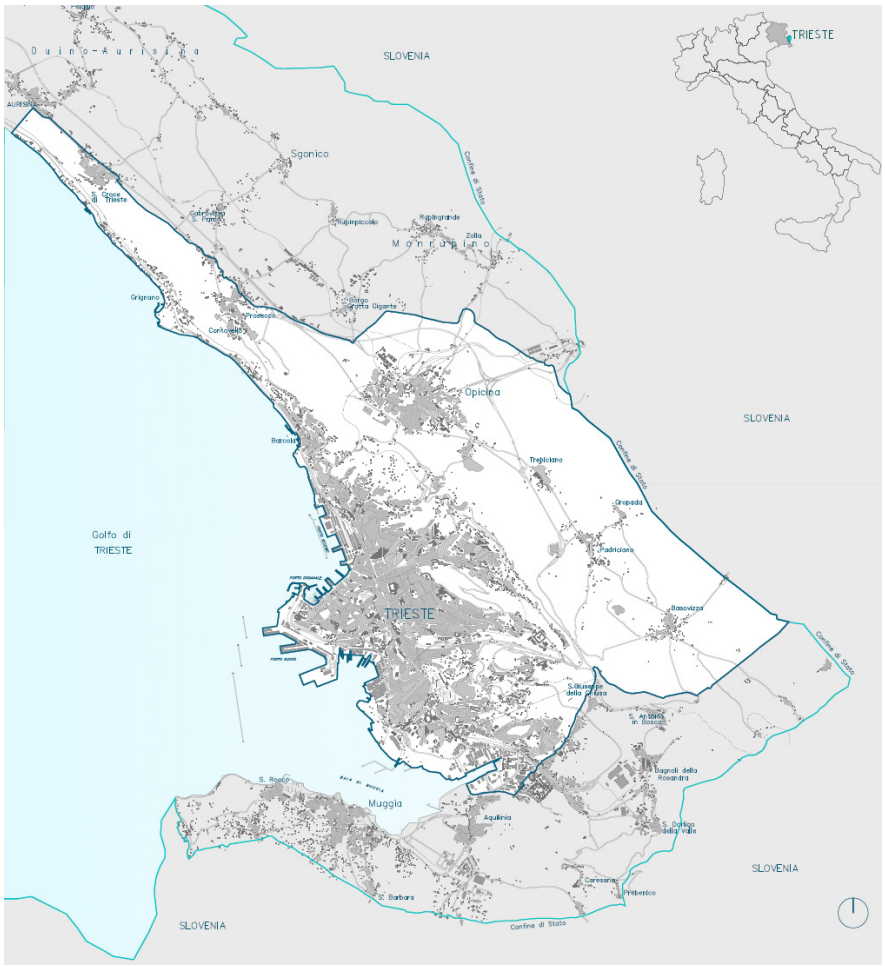

Figura 1 – Corografia generale

Trieste vanta un glorioso passato asburgico che ne fece "la piccola Vienna sul mare" e negli incroci di lingue, popoli e religioni che ancora la caratterizzano si intuisce con facilità la sua anima insieme mitteleuropea e mediterranea. Collocata fra la penisola italiana e l'Istria, confina con la Slovenia e rappresenta da secoli un ponte tra l'Europa occidentale e quella centro-meridionale, mescolando caratteri mediterranei, mitteleuropei e slavi grazie anche alla presenza di un importante porto mercantile.

Il porto di Trieste è il più grande d'Italia per quantità di merci scambiate, nonché uno degli snodi marittimi più significativi del sud Europa ed un importante polo per lo sbarco di navi da crociera.

Storicamente fu il principale sbocco marittimo dell'Impero austriaco, che nel 1719 gli riconobbe lo status di porto franco.

2.1 OROGRAFIA

Il territorio cittadino di Trieste è occupato prevalentemente da un pendio collinare che cresce di altitudine fino a terreno montagnoso anche nelle zone limitrofe all'abitato. La zona abitata di Trieste si trova tra i 2 ed i 260 metri s.l.m. su un paesaggio roccioso, calcareo e arido, noto per le sue grotte e le sue doline, ai piedi di un'imponente scarpata che dal Carso digrada bruscamente verso il mare. Il punto più elevato del territorio comunale raggiunge i 459 metri.

Figura 2 – Immagine del territorio di Trieste

2.2 CLIMA

Il comune di Trieste è diviso in varie zone climatiche, a seconda della distanza della zona dal mare e della sua altitudine. Grazie alla sua posizione costiera, la città gode di un clima mite d'inverno e caldo d'estate. Il centro città, presenta delle temperature miti e una discreta insolazione, mentre le località carsiche sul retrostante altipiano hanno un clima più continentale. Al clima generalmente mite fanno eccezione i giorni, in alcuni anni rari, in altri più frequenti, in cui soffia la Bora, vento catabatico di provenienza est/nord-est, che soffia con particolare intensità.

Figura 3 – Immagine evento di Bora a Trieste

2.3 INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

I collegamenti stradali principali della città di Trieste sono costituiti da strade statali, autostrada e trasporto pubblico locale che consentono una adeguata percorribilità urbana anche se il problema del traffico non è un elemento trascurabile per la città.

Trieste è servita dall'A4 attraverso il raccordo autostradale 13 Sistiana - Padriciano ed è inserita nei collegamenti europei E70, E61 ed E751. Il raccordo autostradale 13 diventa, dopo l'uscita di Cattinara, la nuova SS 202/sopraelevata di Trieste e arriva fino al porto della città.

Trieste è servita dalle ferrovie Venezia-Trieste e Udine-Trieste, dalla ferrovia Meridionale e dalla ferrovia Transalpina.

L'aeroporto di Trieste-Ronchi dei Legionari è situato a 30 km a nord-ovest dalla città ed è servito da voli nazionali e internazionali.

Figura 4 – Tram interurbano di Opicina

A Trieste è anche presente un servizio marittimo di traghetti che connette i principali poli costieri della città nelle varie stagionalità. Vengono organizzate linee di navigazione con il capoluogo verso la cittadina di Muggia e nel periodo estivo sono attivi altri collegamenti verso Barcola, Grignano, Sistiana e Grado. Trieste ha una lunga tradizione nei collegamenti via mare, che servono la città e le zone limitrofe sia nella regione Friuli-Venezia Giulia che nell'Istria.

In passato la città era dotata di una rete tranviaria e una rete filoviaria. Dal 1970, l'unica linea rimasta attiva è la Tranvia di Opicina.

2.4 IL PORTO NUOVO E IL PORTO VECCHIO

I porti orientano da secoli gli assetti organizzativi e infrastrutturali dei contesti urbani in cui si trovano poiché luoghi di scambio, motori di sviluppo economico e sociale.

Le attività commerciali e industriali della città di Trieste sono ancora oggi legate alle attività del Porto Nuovo, ambito in costante evoluzione ed espansione.

Ininterrottamente dal 2013 Trieste è il primo porto in Italia in termini di volume complessivo di merci in transito.

Un altro aspetto considerevole riguarda il traffico turistico passeggero attraverso le navi da crociera. Ogni estate l'attività croceristica porta a Trieste più di 100.000 passeggeri ed il dato è in costante crescita.

Figura 5 – Nave da crociera a Trieste

Il Porto Vecchio di Trieste, oggi dismesso ma del quale è prevista la riqualificazione, si sviluppa su un'area di circa 66 ettari sul fronte mare della città di Trieste in un susseguirsi di grandi volumi edilizi, originariamente adibiti a magazzino o deposito per le merci.

Figura 6 – Vista di Porto Vecchio

Oggi grazie ad un rinnovato interesse per le aree storiche dismesse tutta l'area è in piena trasformazione urbanistica, gli edifici storici vengono destinati a nuovi usi ed è prevista l'apertura dell'area portuale all'attracco di navi da crociera.

3 IL CONCEPT PROGETTUALE

Nell'ambito della riqualificazione prevista per Porto Vecchio, Civitas Portis è un progetto internazionale per lo studio e la sperimentazione di soluzioni innovative in tema di mobilità nelle città portuali d'Europa.

Il presente studio preliminare prevede la realizzazione di una viabilità alternativa per l'accesso alla città di Trieste attraverso l'installazione di un sistema funiviario a basso impatto ambientale che colleghi i poli di Opicina con la città storica di Trieste attraverso lo sfruttamento di un corridoio preferenziale all'interno dell'area di Porto Vecchio.

Il progetto potrà diventare una piattaforma integrata per la mobilità sostenibile su scala locale e internazionale.

L'obiettivo, incoraggiando il dialogo fra porti e contesti urbani, fra comunità residenti e flussi in transito, è quello di dimostrare che la mobilità, nelle sue molteplici espressioni e implicazioni, può rivelarsi per le città di mare un elemento cruciale per incrementare la capacità attrattiva, per stimolare la crescita e migliorare la qualità della vita delle persone.

3.1 I VANTAGGI DI UN IMPIANTO A FUNE

Il sistema funiviario proposto si pone come mezzo di trasporto alternativo che sta trovando sempre più impiego nelle realtà urbane di tutto il mondo. Alcuni esempi di città che hanno optato per questo, o similare, sistema di trasporto sono: Amburgo, Londra, La Paz, Tolosa oltre a molte altre nel mondo.

Figura 7 – Funivia di Londra

Il sistema si trasporto proposto risulta essere economico, veloce, ad elevata portata oraria, a basso impatto ambientale, semplice da gestire e suggestivo per i viaggiatori.

La limitata invasività della soluzione proposta consente di attraversare il territorio dall'alto, godendo di punti di vista unici e suggestivi, senza necessariamente compromettere i luoghi che sorvola. La cabinovia è un mezzo efficiente, che non inquina e non produce rumori. Si tratta di un mezzo di trasporto altamente flessibile: il numero delle cabine utilizzate può essere variato a seconda delle esigenze stagionali e dei momenti del giorno evitando ritardi, assemblamenti e lunghe attese.

3.2 LE POTENZIALITA' TURISTICHE DEL COLLEGAMENTO

Il progetto in oggetto si riferisce ad un'infrastruttura di trasporto urbano che servirà insediamenti urbani già esistenti, consentendo una veloce connessione tra il Carso triestino (prossimo alle uscite dell'autostrada E70), la costa ed il centro città.

La città di Trieste è da sempre attrazione turistica poiché luogo di confine e quindi di passaggio tra più stati, richiamando persone per le sue bellezze storico-artistiche e per il bellissimo panorama.

Il progetto prevede la realizzazione di una mobilità alternativa che potrà diventare anche un'attrazione turistica, aprendo nuovi scorci paesaggistici e risolvendo in parte i problemi di mobilità e parcheggi che interessano oggi il centro storico di Trieste. L'opera potrà rappresentare un plus per la città di Trieste in grado di contribuire ad incrementare la sua competitività sul mercato turistico ed in grado di migliorare la fruibilità e la vivibilità per i suoi abitanti di alcune zone della città.

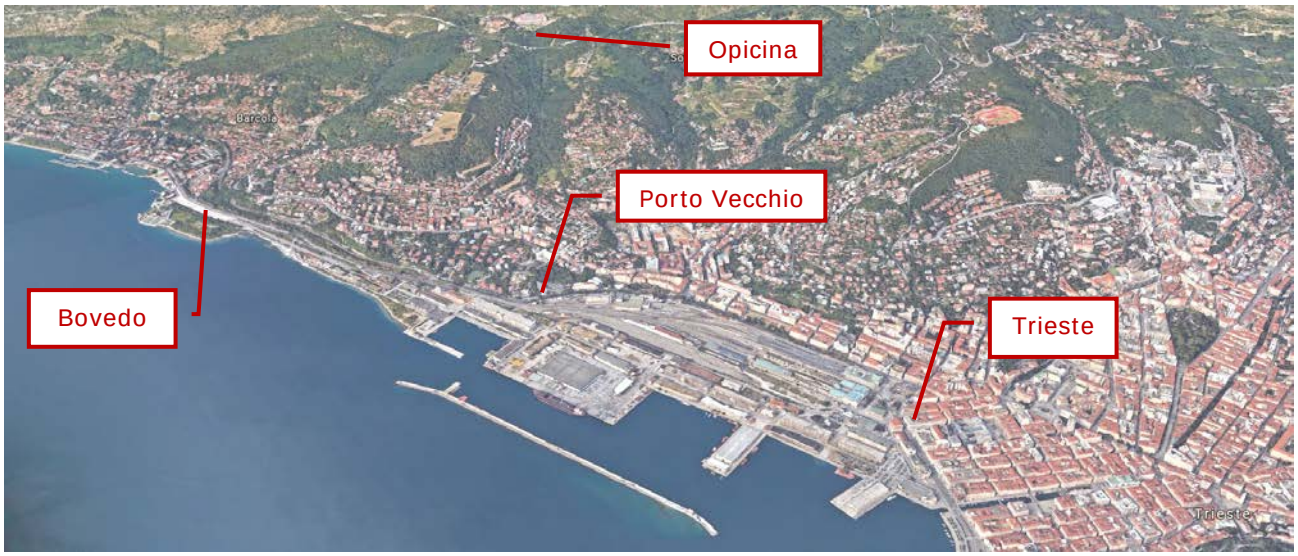

Figura 8 – Immagine aerea di Trieste con individuazione dei poli interessati dal progetto

La realizzazione di una cabinovia, per le sue caratteristiche di efficacia dei trasporti (portata elevata e moto continuo), flessibilità del servizio e panoramicità del viaggio, potrà essere una soluzione di trasporto adatta sia ai residenti sia ai turisti.

La cabinovia potrebbe diventare un valore aggiunto che si va a sommare all'attuale offerta turistica locale, poiché consentirebbe ai viaggiatori di vedere la città da nuovi punti di vista, offrendo una suggestiva esperienza di viaggio, veloce e silenziosa, ammirando dall'alto il panorama.

In particolare lungo il primo tratto di linea, scendendo da Opicina per raggiungere

Bovedo, il panorama sulla città sul il Golfo di Trieste risulterebbe suggestivo e spettacolare.

Figura 9 – Vista dall'interno di una cabina

Per il passeggero, turista o pendolare, l'esperienza di trasporto in cabinovia risulterà alquanto emozionante.

La vista dall'alto di una zona di per sé splendida sarà un valore aggiunto che giustificherà il costo del biglietto e che renderà il trasporto un momento da vivere e condividere nonché un'esperienza da ripetere. Anche per tale motivo molte città del mondo stanno aggiungendo le cabinovie all'elenco delle proprie attrazioni turistiche.

Oltre alla suggestione del percorso il viaggio in cabinovia consentirebbe una mobilità comoda, silenziosa e veloce con conseguente diminuzione del traffico su gomma derivante dalle auto di turisti e pendolari che ogni giorno raggiungono la città con mezzi propri.

3.3 LE POTENZIALITA' DELL'IMPIANTO: OBIETTIVI E STRATEGIE

A seguito della valutazione delle potenzialità e criticità riscontrate sul territorio di Trieste, si è giunti alla conclusione che una possibile soluzione per allentare alcune problematiche legate alla movibilità di turisti e residenti debba rispettare i seguenti requisiti per poter essere ritenuta valida:

- avere un basso impatto ambientale sul territorio;
- valorizzare il territorio e le proprietà comunali;
- attrarre i turisti, ampliando l'attuale offerta;
- avere potenzialità di sviluppo futuro.

In seguito vengono descritte alcuni obiettivi che il progetto persegue al fine del soddisfacimento di tali requisiti.

3.3.1 MINIMIZZARE E VALORIZZARE

In linea con il principio di recupero di Porto Vecchio, l'impianto in progetto consente di minimizzare l'impatto del sistema di trasporto sul contesto circostante, limitando il consumo di suolo ed inserendosi per la maggior parte del tragitto tra gli edifici esistenti.

La soluzione studiata permette inoltre di valorizzare le bellezze presenti sul territorio, aprendo nuovi punti di vista al passeggero.

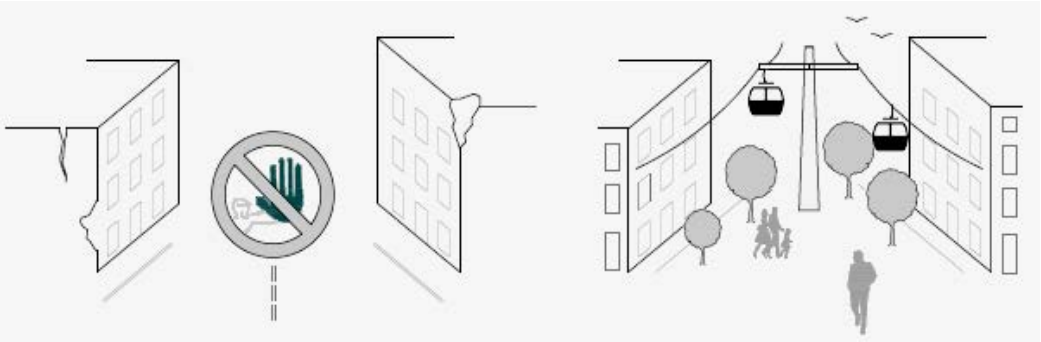

Figura 10 – Meno strade e più rispetto del contesto

3.3.2 DIMINUIRE E RESTITUIRE

Mediante la realizzazione di un impianto a fune si riduce l'impatto ambientale derivante dal traffico stradale garantendo comunque la mobilità in sicurezza di turisti, lavoratori e residenti. L'impianto, limitando il consumo di suolo, consente di restituire alla Città aree verdi e parchi, in zone di assoluto pregio ambientale ed urbanistico, al posto di strade e parcheggi necessari con altri sistemi di trasporto.

La qualità di vita di residenti, lavoratori e turisti viene notevolmente migliorata dall'utilizzo di questo sistema di trasporto alternativo poiché raggiungere il centro storico di Trieste non sarà più un'esperienza che si lega allo stress del traffico, ai suoi pericoli e allo smog, ma diventa un momento per godere delle bellezze paesaggistiche attraversate.

Figura 11 – Meno traffico, più aree verdi, sicurezza e panorama

3.3.3 RIDURRE E RIGENERARE

Attraverso l'utilizzo di un impianto a fune è possibile connettere aree oggi raggiungibili in tempi di percorrenza molto lunghi, superando facilmente dislivelli e limitando dunque i trasporti su ruota con conseguenti riduzioni in termini di emissioni di inquinanti.

La cabinovia consente la creazione di una mobilità integrata Carso-Trieste centro poiché risulta un servizio continuo e adatto alla movimentazione di grandi quantità di persone.

Il sistema comporta la riduzione del traffico nel centro storico, del porto con una conseguente diminuzione dei rumori e delle emissioni inquinanti.

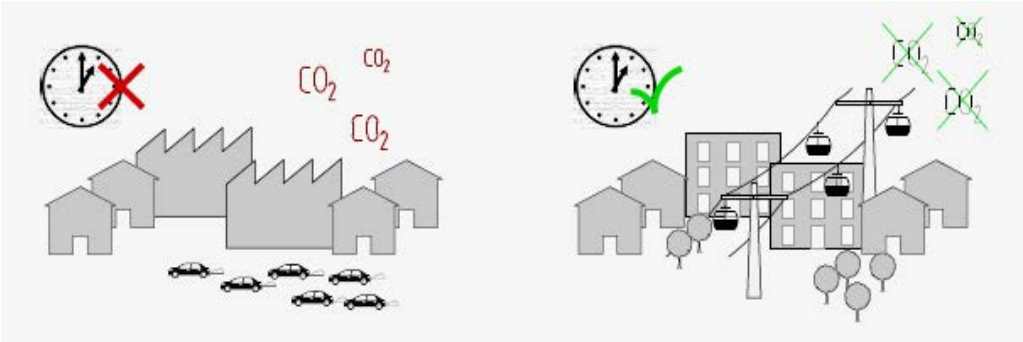

Figura 12 – Minori tempi di percorrenza ed emissioni, più confort e più rispetto ambientale

3.3.4 TRASFORMARE E MIGLIORARE

Gli impianti a fune non necessitando di ampie superfici per la loro installazione pertanto limitano i consumi di suolo e permettono il mantenimento dei fondi permeabili e/o la conversione di aree esistenti pavimentate a zone verdi.

Figura 13 – Minor consumo di suolo e maggior permeabilità

3.3.5 EFFICIENZA E PRESTAZIONE

Uno dei principali problemi riscontrati per la fruizione della città da parte dalla popolazione residente di Trieste è la difficoltà di movimento. Occorre quindi ottimizzare le modalità di trasporto in modo da offrire a tutti – residenti e turisti – semplicità di

movimento e piacere di muoversi, in modo tale che andare da un luogo all'altro non sia solamente un mero spostamento bensì un momento di scoperta del territorio e delle sue bellezze.

Gli impianti a fune per tale motivo rappresentano una soluzione ottimale poiché a parità di persone trasportate vantano un bilancio energetico migliore rispetto alla maggior parte dei sistemi di trasporto. Con un solo motore è infatti possibile movimentare più veicoli e il consumo energetico può essere adattato al numero dei passeggeri trasportati.

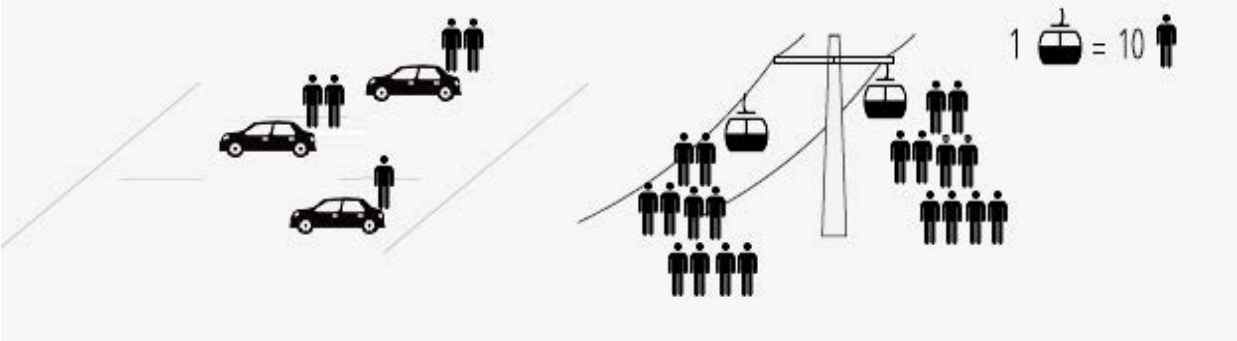

Figura 14 – Meno motori/veicoli, miglior bilancio energetico e maggior numero di persone

4 LA SCELTA DEI TRACCIATI DI LINEA

4.1 ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI

Nel *"documento di fattibilità delle alternative progettuali"* realizzato a monte del presente progetto preliminare, sono state esaminate le seguenti possibili alternative:

- opzione zero (ossia l'ipotesi di non realizzazione dell'intervento);
- alternative al tracciato plano-altimetriche per il collegamento Carso – costa;
- alternative alla tipologia di collegamento lungo la direttrice di Porto Vecchio verso il centro di Trieste;
- alternative plano altimetriche del collegamento lungo la direttrice di Porto Vecchio.

Le sopra elencate alternative sono state valutate considerando anche diverse soluzioni tecnologiche sul mezzo di trasporto impiegato.

Pur rimandando al sopra menzionato documento per i necessari approfondimenti in questa sede si rammenta come, nel caso specifico, l'impianto a monofune portante traente ad ammorsamento temporaneo con veicoli chiusi (comunemente denominata cabinovia) risulti particolarmente vantaggioso per i seguenti motivi:

1) essendo un collegamento aereo consente il superamento di importanti dislivelli e significative irregolarità del terreno;
2) in presenza di attraversamenti con altre vie di comunicazione (strade, ferrovie, ecc.) o con discontinuità naturali (fiumi, torrenti, ecc.) ne consente il sorvolo escludendo la realizzazione di opere accessorie (sottopassi, sovrappassi o opere di protezione);
3) consente il trasporto di una portata significativa di persone (nel caso specifico si è ipotizzata una portata oraria di 1.800 p/h ma in caso di necessità può essere aumentata almeno fino a 2.400 p/h);
4) il moto continuo dei veicoli azzera il tempo di attesa dei passeggeri alle stazioni;
5) nel complesso l'impianto si caratterizza per costi e tempi di realizzazione contenuti rispetto altre tecnologie di impianti per il trasporto rapido di massa;
6) nel caso specifico offre un'esperienza di viaggio panoramica che incentiva le presenze turistiche.

Ciò premesso la scelta dei tracciati delle due linee funiviarie previste in progetto ha rappresentato uno degli aspetti più importanti dello studio e per questo è stato condotto con la massima attenzione valutando diversi fattori quali:

1) la miglior connessione possibile tra i centri abitati e le infrastrutture viarie e turistiche esistenti;
2) la fattibilità tecnica;
3) la funzionalità generale dell'intervento e la sostenibilità economica gestionale.

Nella valutazione della fattibilità tecnica si è considerato che:

- le linee funiviarie devono essere rettilinee ed ogni deviazione può avvenire solo inserendo una stazione intermedia, ovvero realizzando due impianti separati;
- va minimizzata la presenza di opere di linea (sostegni) in corrispondenza di aree catalogate (pregio ambientale, urbanistico, vincoli geologici, etc.);
- il sorvolo di abitazioni private in linea generale non è ammesso dalla normativa italiana vigente e richiede l'applicazione di una deroga che deve essere valutata caso per caso considerando anche il rischio di incendio cui è soggetto l'edificio

sorvolato (in caso di incendio infatti se il calore raggiunge le funi portanti traenti in acciaio queste possono collassare dopo pochi minuti).

La funzionalità generale dell'intervento dipende inoltre in modo significativo dall'accessibilità delle stazioni terminali e dell'eventuale stazione intermedia.

4.2 LINEA OPICINA-BOVEDO

Dopo aver analizzato diverse possibili linee di connessione tra l'area costiera ed il Carso, le restrittive imposizioni derivanti dalla fattibilità tecnica di un impianto a fune hanno portato all'individuazione di un unico corridoio possibile.

Il corridoio preferenziale connette Opicina (Carso) a Bovedo (costa) e permette di ricavare una soluzione ottimale per la realizzazione di una linea funiviaria.

Il corridoio individuato consente la realizzazione di un'unica linea rettilinea di lunghezza pari a circa 1.821m, evitando il sorvolo di abitazioni private ed edifici in genere.

La linea individuata minimizza anche le interferenze paesaggistiche poiché segue un andamento vario lungo dei crinali che ne nascono in parte il tracciato dalle principali viste dal centro città.

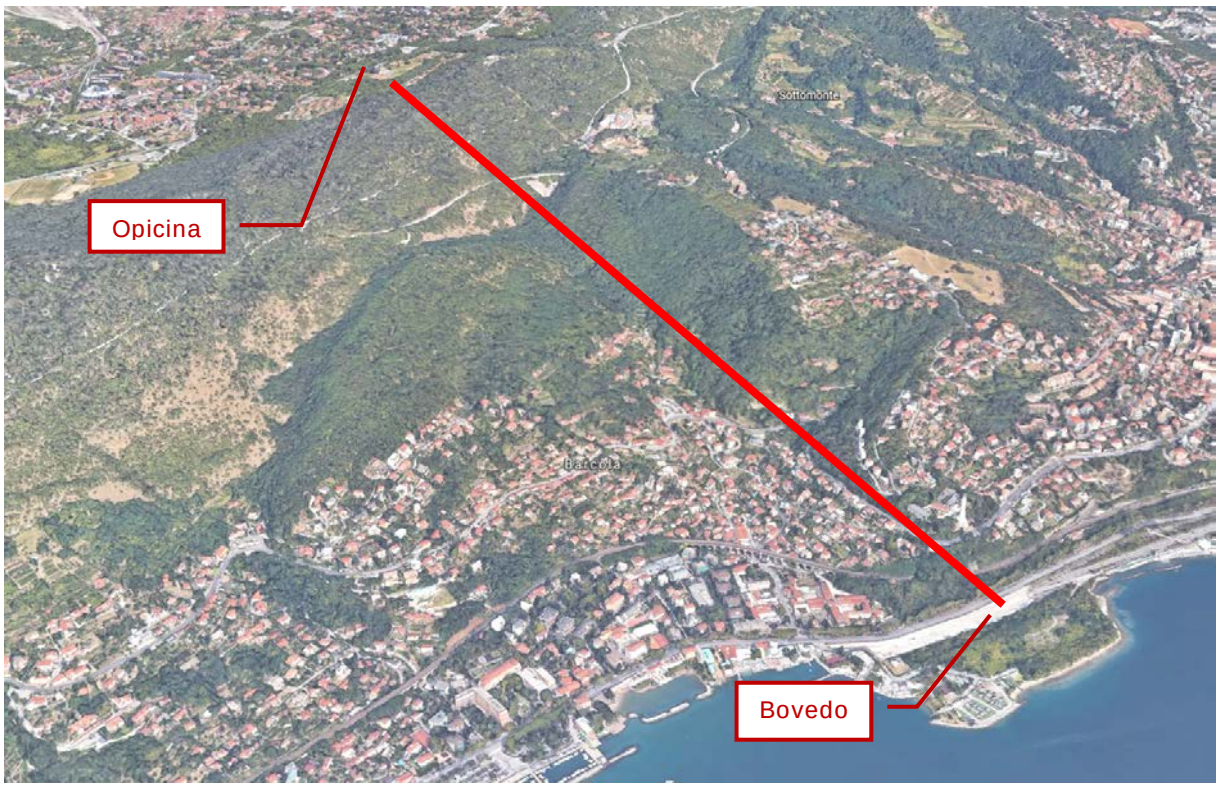

Figura 15 – Foto aerea con indicazione della linea "Opicina - Bovedo

4.3 LINEA "BOVEDO - PORTO VECCHIO – TRIESTE"

Trovata una soluzione per la connessione tra Caso e costa il progetto ha individuato le possibili soluzioni per il prolungamento dell'impianto fino in prossimità del centro storico della città di Trieste. Questo avrebbe garantito una maggiore funzionalità del sistema di trasporto ed avrebbe consentito di servire un'area in piena trasformazione urbanistica qual è quella di Porto Vecchio, la quale nei prossimi anni assumerà nuove funzioni e necessiterà della presenza di mezzi di trasporto adeguati per movimentare le numerose persone che vi accederanno.

Le soluzioni progettuali sono state valutate considerando il progetto di sviluppo di Porto Vecchio già approvato ed in particolare lo stralcio relativo la sua viabilità.

Il corridoio preferenziale per il collegamento da Bovedo con il centro storico di Trieste, attraversa gli agglomerati edificati di Porto Vecchio e raggiunge l'area interessata attualmente dal "parcheggio Molo 4" attraverso un percorso lungo circa 2.430 metri.

Il percorso di linea è stato individuato escludendo la possibilità di sorvolo degli edifici esistenti tenendo conto dell'ingombro planimetrico della viabilità di progetto interna all'area di Porto Vecchio.

Per garantire il rispetto dei sopra citati vincoli è stato necessario prevedere l'inserimento a circa 3/5 del percorso di una stazione intermedia con la quale realizzare una seconda deviazione del tracciato pari a circa 9°.

La stazione intermedia di "Porto Vecchio" si colloca al centro del "Sistema museale scientifico e congressuale" ed ai limiti del "sistema dei moli", ovvero in posizione strategica rispetto alla futura mobilità dei fruitori dell'area portuale ristrutturata; anche per questo motivo la sua presenza risulta necessaria.

L'ultimo tratto di linea compreso tra la stazione intermedia di "Porto Vecchio" e la stazione terminale di "Trieste" percorre il viale compreso tra la seconda e la terza fila di edifici posti dietro il sistema dei moli.

Nel progetto di ristrutturazione e riqualificazione dell'area di Porto Vecchio questo viale verrà adibito ad area verde e destinato alla viabilità pedonale.

La stazione terminale di "Trieste" si colloca all'inizio dell'area di Porto Vecchio nelle vicinanze della stazione ferroviaria ed a soli 600 metri da Piazza Unità d'Italia.

Figura 16 – Foto aerea con individuazione della linea "Bovedo - Porto Vecchio – Trieste".

5 LA SOLUZIONE TECNICA PROPOSTA

La soluzione tecnica proposta prevede la realizzazione di due cabinovie decaposto ad ammorsamento temporaneo dei veicoli con sviluppo lungo linee denominate *"Opicina – Bovedo"* e *"Bovedo – Porto Vecchio – Trieste"*. I due impianti sono collegati tra loro e formano un'unica linea di trasporto *"Opicina – Bovedo – Porto Vecchio – Trieste"* dotata di due stazioni terminali (Opicina e Trieste) e di due stazioni intermedie (Bovedo e Porto Vecchio). Presso ciascuna stazione è prevista la possibilità di salire o scendere dalle vetture in entrambi i sensi di marcia.

Dal punto di vista meccanico e funiviario le stazioni motrici saranno due: una collocata ad Opicina ed in grado di movimentare la tratta "Opicina - Bovedo", l'altra collocata a Bovedo ed in grado di movimentare le tratte "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste".

Nelle stazioni i veicoli vengono movimentati da un sistema di trascinamento a bassa velocità che rende agevoli le operazioni di salita e discesa dalle singole cabine. Durante la fase di uscita dalle stazioni i singoli veicoli vengono accelerati e una volta raggiunta la velocità di movimento della fune portante traente si ammorsano a quest'ultima e si spostano in modo solidale con essa lungo tutti il tragitto di linea. Durate la fase di ingresso nelle stazioni i singoli veicoli si disammorsano dalla fune portante traente e vengono rallentati. Nelle zone di imbarco e sbarco dei passeggeri i veicoli si muovono a velocità costante.

Il passaggio dei veicoli presso le stazioni intermedie è continuo, pertanto ogni

passeggero una volta imbarcato può rimanere seduto nella propria cabina fino a quando questa non giunge a destinazione.

Tutte le stazioni funiviarie sono collocate all'interno di volumi edili dotate dei necessari servizi accessori di servizio alla clientela.

L'impianto per tipologia, conformazione dei veicoli e conformazione delle stazioni risulta accessibile a tutte le categorie di utenti compresi i portatori di handicap; presso tutte le stazioni l'accesso ai piani di imbarco e sbarco è garantito dalla presenza di adeguate scale pedonali, scale mobili e ascensori.

Per tipologia, accessibilità delle stazioni e portata utile il collegamento funiviario rientra tra i sistemi di Trasporto ad Impianti Fissi con funzione di mobilità urbana e suburbana ed è inquadrabile come un sistema di Trasporto Rapido di Massa.

Figura 17 – Esempio di stazione terminale di una cabinovia 10 posti inserita all'interno di un volume edile; presso il piano di imbarco e sbarco le vetture si muovono lentamente, non sono presenti gradini e le operazioni di imbarco e sbarco sono facilitate.

I veicoli sono delle cabine chiuse, dotate di ampie superfici trasparenti, comode sedute per 10 persone e spazio sufficiente per l'imbarco di un diversamente abile su sedia a rotelle o di una bicicletta.

Il viaggio in cabinovia risulta piacevole poiché a differenza degli altri sistemi di trasporto di massa:

- il numero di passeggeri con cui si condivide il viaggio è limitato;
- a ciascun passeggero è sempre garantito un posto a sedere;
- le ampie superfici vetrate di cui sono dotati i veicoli e l'altezza da terra consentono una visione del panorama a 360° da un punto di osservazione privilegiato che cambia in continuazione durante il viaggio;
- essendo previsto il passaggio di un veicolo ogni 20 secondi i tempi di attesa alle stazioni sono limitati;
- il viaggio in linea è silenzioso e meno influenzato dal rumore del traffico stradale.

Figura 18 – Esempio di veicolo dotato di ampie superfici trasparenti (a sinistra) ed esempio di una vista analoga a quella che si avrebbe lungo la parte alta della linea "Opicina – Bovedo".

Per informazioni più precise si rimanda alla lettura del documento di progetto 1948-R02-A intitolato "Relazione Tecnica" nel quale è riportato una dettagliata descrizione della tipologia di impianto adottato.

6 VALUTAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

La città di Trieste nel corso del 2019 ha attivato le procedure per dotarsi di un Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) con l'obiettivo di individuare e applicare soluzioni innovative di mobilità sostenibile. Il piano rientra nel progetto europeo "Civitas Poris" (Programma "Horizon 2020) la cui finalità è quella di definire, testare e valutare le misure più opportune a risolvere i più basilari problemi di accessibilità della città portuale in Europa.

Tra gli obiettivi del PUMS vi sono l'integrazione del trasporto pubblico e privato, la progettazione di nuove infrastrutture dando priorità a quelle innovative che presentano i maggiori benefici ambientali.

Il PUMS considera anche il cambio di destinazione d'uso delle aree di Porto Vecchio e degli effetti che questi cambiamenti avranno sui flussi di mobilità.

Allo stato di fatto è in fase di completamento la fase 3 del PUMS (fase progettuale di elaborazione del piano) e si prevede di passare alla fase 4 (approvazione del Piano) entro il 2020.

Essendo la valutazione della portata di progetto un elemento di fondamentale importanza nella definizione dell'opera di collegamento poiché influisce in modo significativo sull'idoneità dell'opera proposta al soddisfacimento della richiesta, è stato chiesto alla committenza di anticipare i primi risultati dell'analisi di mobilità riferiti ad uno scenario temporale previsto nel PUMS con orizzonte temporale 2025, orientato all'incremento del Trasporto Pubblico Locale ed alla riorganizzazione della scelta modale a Trieste.

Inserendo la linea funiviaria "Opicina – Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" nel modello di analisi dei flussi è stato possibile ricavare una prima ipotesi dei flussi orari di passeggeri durante un giorno feriale nella fascia oraria 7.30-8.30. Tali flussi, che sono riferibili soltanto alla mobilità sistematica giornaliera del tipo casa-lavoro e casa-scuola sono riportati in figura 19 e sono così schematizzabili:

Nella direzione Trieste:

- Opicina – Bovedo: 435 p/h
- Bovedo – Porto Vecchio: 1.830 p/h
- Porto Vecchio – Trieste: 1.668 p/h

Nella direzione opposta:

- Trieste – Porto Vecchio: 552 p/h
- Porto Vecchio - Bovedo: 64 p/h
- Bovedo - Opicina: 11 p/h

Nel pomeriggio i flussi si invertono, ma sono probabilmente distribuiti su orari diversi e maggiormente diluiti nel tempo.

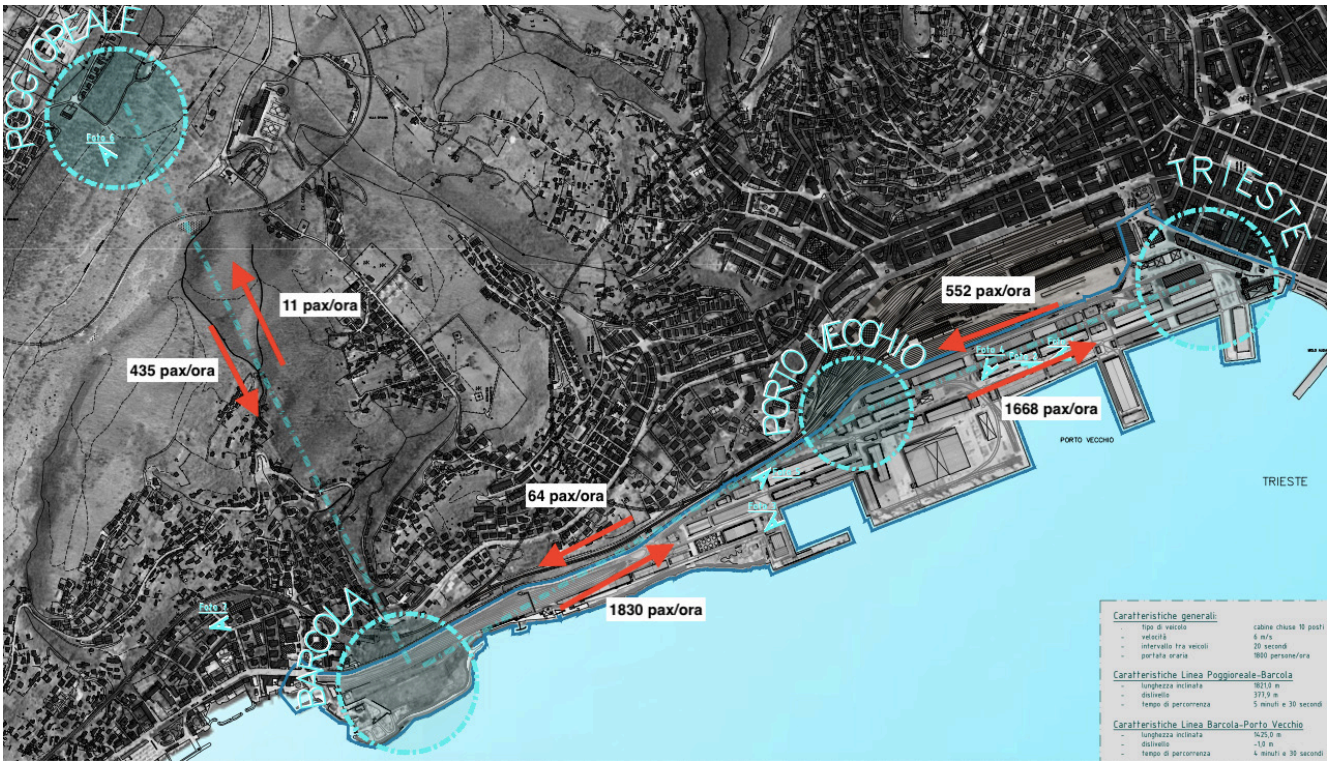

Figura 19 – Previsioni sulla mobilità sistematica giornaliera durante un giorno feriale nella fascia oraria 7.30-8.30, valutata nel PUMS attualmente in fase di stesura. I flussi pomeridiani si invertono ma risultano distribuiti nel tempo in modo diverso.

I flussi giornalieri di mobilità sistematica possono essere ritenuti significativi per quanto riguarda il dimensionamento della tratta "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" e consigliano un dimensionamento della cabinovia tarato su una portata massima oraria di 1.800p/h.

Per quanto riguarda invece la tratta "Opicina – Bovedo" i flussi massimi attesi non sono quelli riferibili alla mobilità sistematica, bensì quelli riferibili agli spostamenti tra il Carso e la costa durante i periodi dell'anno caratterizzati dai maggiori afflussi turistici e generati dai visitatori giornalieri in arrivo verso Trieste dalle principali vie di comunicazioni autostradali.

A riguardo va tenuto presente che i flussi turistici verso la città di Trieste si sono dimostrati nel corso degli ultimi anni, in costante aumento sia verso il mare (Barcola) sia verso il centro storico. Questo ha determinato un aumento del traffico su gomma verso i parcheggi pubblici dislocati nei vari punti di interesse comportando spesso il congestionamento del traffico.

Con la realizzazione della nuova linea funiviaria "Opicina – Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" è presumibile che una parte di questi flussi in ingresso vengano assorbiti dal nuovo collegamento funiviario.

Considerato che nel 2018 e nel 2019 Trieste ha beneficiato di oltre 500mila arrivi e oltre 1 milione di presenze di turisti l'anno, è ragionevole ipotizzare che una parte di questi e soprattutto una parte dei turisti giornalieri, possa utilizzare il nuovo impianto per raggiungere il centro Città o il mare. L'aspetto turistico risulta pertanto determinante nella valutazione delle portata oraria della tratta "Bovedo – Opicina".

Per quanto sopra, con riferimento alla tratta "Opicina – Bovedo", gli utilizzatori dell'impianto apparterranno alle seguenti categorie di utenti:

- residenti in mobilità sistematica giornaliera;
- non residenti che si recano a Trieste per lavoro provenendo da fuori comune;
- turisti.

I flussi giornalieri legati a queste categorie di utenti saranno caratterizzati da una variabilità significativa, massima durante il periodo estivo e minima durante il periodo invernale.

I flussi giornalieri di mobilità lungo la tratta "Opicina - Bovedo" potrebbero raggiungere un'entità tale da consigliare un dimensionamento della cabinovia tarato su una portata oraria pari ad almeno 1.500p/h.

Considerato che dal punto di vista tecnico la differenziazione delle portate lungo i due tratti di collegamento rappresenta una complicazione non banale che implica un aumento dei costi di costruzione, si ritiene ragionevole ipotizzare il dimensionamento dell'intero impianto di collegamento "Opicina - Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" per una portata massima di 1.800p/h.

Nelle successive fasi di progettazione saranno disponibili maggiori dati sui flussi

previsti nel PUMS e questo consentirà un eventuale taratura dei suddetti valori preliminari. **Dal punto di vista tecnico si è verificato che la fattibilità del collegamento funiviario è sicuramente garantita nell'intervallo di portata compreso tra 1.200 e 2.400 persone/ora.**

7 FUNZIONALITA' DELL'OPERA A FINI TRASPORTISTICI

Nel caso specifico l'impiego di un impianto monofune portante traente ad ammorsamento automatico dei veicoli dotato di cabine 10 posti a sedere (cabinovia decaposto) risulta essere particolarmente vantaggiosa rispetto agli altri sistemi di trasporto rapido di massa su gomma o rotaia per i seguenti motivi:

a) il collegamento aereo consente di superare importanti dislivelli e significative irregolarità del terreno;

b) in presenza di attraversamenti con altre vie di comunicazione (strade, ferrovie, ecc.) o con discontinuità naturali (fiumi, torrenti, ecc.) ne consente il sorvolo escludendo la realizzazione di opere accessorie (sottopassi, sovrappassi o opere di protezione);

c) consente il trasporto di una portata significativa di persone (nel caso specifico si è ipotizzata una portata oraria di 1.800 p/h ma in caso di necessità può essere aumentata almeno fino a 2.400 p/h);

d) il moto continuo dei veicoli riduce al minimo il tempo di attesa dei passeggeri alle stazioni;

e) nel complesso l'impianto si caratterizza per costi e tempi di realizzazione contenuti rispetto altre tecnologie di impianti per il trasporto rapido di massa su gomma o rotaia;

f) nel caso specifico offre un'esperienza di viaggio panoramica che incentiva le presenze turistiche.

Dal punto di vista puramente trasportistico la cabinovia decaposto presenta inoltre i seguenti vantaggi specifici.

1. Garantisce una portata elevata che può essere variata in funzione delle esigenze durante i diversi periodi dell'anno (è possibile l'esercizio con un numero di veicoli in linea ridotto).

2. Il moto continuo dell'impianto, che prevede il passaggio di un veicolo ogni 20 secondi, riduce al minimo i tempi di attesa per gli utenti.
3. Ad ogni passeggero è sempre garantito il posto a sedere durante il viaggio (nella singola cabina ci sono 10 posti a sedere e non possono salire più di 10 persone).
4. Durante il passaggio alle stazioni intermedie il viaggiatore non deve cambiare cabina ma può proseguire il suo viaggio rimanendo seduto al suo posto.
5. Quando i veicoli sono in linea il viaggio risulta essere molto panoramico e silenzioso.
6. La cabina 10 posti consente la massima elasticità di utilizzo sia per il trasporto di persone sia per il trasporto delle persone diversamente abili su sedia a rotelle; gli spazi interni alla cabina consentono infatti l'ingresso della carrozzina senza necessità di sollevare i sedili ribaltabili.
7. Per lo stesso motivo nella cabina è facilmente trasportabile una bicicletta.

Il limite principale della soluzione funiviaria adottata è rappresentato dalla massima velocità del vento oltre la quale l'esercizio deve essere sospeso ed i veicoli devono essere riposti in magazzino che nel caso specifico è pari a circa 80 km/h. Questo determina la necessità di preventivare un certo numero di giornate durante il corso dell'anno nelle quali il servizio pubblico dovrà essere sospeso e l'impianto non potrà essere aperto al pubblico.

Si ritiene che un certo numero di giornate di chiusura siano accettabili purché vi sia la possibilità per l'utenza di utilizzare mezzi di trasporto alternativi tenendo conto che in presenza di condizioni meteorologiche particolarmente avverse anche il numero di utenti risulta essere inferiore alla media.

Il problema di fermo impianto per massimo vento riguarderà soprattutto la tratta "Opicina – Bovedo" che risulta essere più esposta al vento rispetto alla tratta "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" la cui linea per direzione e posizione in parte tra gli edifici potrebbe risultare meno sensibile al fenomeno.

Nel complesso si ritiene che stante i numerosi vincoli urbanistici e strutturali presenti sulle aree interessate, l'impianto a fune rappresenti la soluzione trasportistica con il miglior rapporto costi/benefici e quella che meglio rispetto le altre è in grado di aggiungere alla funzionalità un'elevata dose di emozionalità durante il viaggio.

8 FATTIBILITA' DELLA SOLUZIONE IN RAPPORTO AI VINCOLI PRESENTI SULLE AREE INTERESSATE

Nella relazione di progetto numero 1948-R04-A sono riportati tutti gli aspetti più importanti riguardanti i vincoli presenti sulle aree interessate alla realizzazione della cabinovia, tra i quali quello della fattibilità dell'intervento.

Rimandando alla sua lettura per le informazioni di dettaglio nel seguito si riassumono le questioni di maggior interesse.

1. Dal punto di vista urbanistico non sono emerse criticità tali da escludere la fattibilità dell'intervento, anche se per la sua realizzazione andrà approvata una variante urbanistica specifica.
2. Tutte le aree poste a monte di Viale Miramare sono soggette a vincolo idrogeologico ed a vincolo paesaggistico ambientale e pertanto le porzioni dell'impianto rientranti in queste aree dovranno essere autorizzate da questi punti di vista.
3. Nessuna opera rientra in area soggetta a vincolo archeologico.
4. Nessun sostegno di linea ricade in classe geologica-tecnica ZG1, pertanto non emergono particolari problematiche dal punto di vista geologico e geotecnico fatto salvo la necessità di attuare i necessari approfondimenti in sede di progettazione definitiva.
5. Sull'area di Porto Vecchio una porzione della linea funiviaria ha per parallelismo la linea ferroviaria; le funi dell'impianto risultano distanti almeno 10 metri dalle rotaie. Si ritiene che sussistano i presupposti per ottenere dall'Ente gestore della tratta ferroviaria la deroga fino a 10 metri della distanza minima tra le funi della cabinovia ed il più vicino binario utilizzato dalla ferrovia.
6. Le linee funiviarie sorvolano in più punti la S.S. 14 (Viale Miramare), la strada del Friuli e la viabilità interna di Porto Vecchio. I suddetti sorvoli sono ammessi dalla normativa tecnica funiviaria ma devono essere autorizzati mediante stipula di apposita convenzione con l'Ente gestore del tratto stradale.
7. Dal punto di vista ambientale Tutte le opere appartenenti alla linea "Bovedo – Opicina" situate tra il sostegno di linea S7 e la mezzeria della campata W12-S13 ricadono all'interno della Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.) codice IT3340002 denominata Aree Carsiche della Venezia Giulia, mentre la porzione della linea "Bovedo – Opicina" compresa tra il sostegno S11 (escluso) e la mezzeria della

campata W12-S13 ricadono all'interno della Zona Speciale di Conservazione (Z.S.C.) codice IT3341006 denominato Carso Triestino e Goriziano.

Per tipologia e funzionalità si ritiene che l'impianto di collegamento previsto non rientri nel campo di applicazione del comma m) dell'art. 5 del Decreto Ministeriale del 17 ottobre 2007 n.184, infatti si ritiene che non rientri tra "gli impianti di risalita" al servizio di piste da sci (contesto di area sciabile), ma rientri tra gli impianti fissi che svolgono la funzione di trasporto rapido di massa in quanto sistemi di trasporto alternativi al trasporto su gomma.

Per tale motivo l'impianto in questione deve considerarsi assimilabile ad un tram, ad un treno o ad un altro sistema di trasporto su rotaia; queste tipologie di impianto, anche in virtù dell'importante beneficio in termini di produzione di CO_2 e di riduzione del traffico veicolare non rientrano nelle limitazioni imposte dal D.M. 187/07.

La realizzazione dell'impianto di collegamento in progetto sarà ovviamente subordinata alla positività della valutazione d'incidenza e nel caso specifico anche al superamento della Valutazione di Impatto Ambientale cui il progetto definitivo dovrà essere sottoposto ai sensi del D.L. 152/2006.

Per quanto sopra si ritiene pertanto che sulle aree interessate alla realizzazione del collegamento non sussistano vincoli che possono escludere la fattibilità dell'impianto proposto.

9 ITER AUTORIZZATIVO PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

L'impianto di collegamento realizzato tramite cabinovia 10 posti rientra nella tipologia degli impianti a fune, pertanto l'iter autorizzativo da seguire per la sua realizzazione è quello indicato dalle normative statali e regionali di settore.

9.1 AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

Dal punto di vista ambientale la realizzazione dell'opera è soggetta alle previsioni del Decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152 ed in particolare all'iter previsto per le opere che superano la soglia indicata al punto 7 lettera c) dell'allegato IV alla Parte Seconda del suddetto D.Lgs 152/06.

Considerato che una parte del collegamento ricade all'interno della Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.) codice IT3340002 denominata Aree Carsiche della Venezia Giulia e della

Zona Speciale di Conservazione (Z.S.C.) codice IT3341006 denominato Carso Triestino e Goriziano, ai fini dell'applicazione del D.Lgs. 152/2006 risulta che:

- le soglie dimensionali fissate nell'allegato IV del citato decreto sono soggette ad una riduzione del 50%;
- se l'opera supera dimensionalmente la soglia ridotta deve essere assoggettata direttamente all'Iter di Valutazione di Impatto Ambientale.

Nel caso specifico trattandosi di un impianto ad ammorsamento temporaneo dei veicoli con portata oraria superiore a 1.800p/h / 2 = 900 p/h deve essere soggetto all'iter di Valutazione di Impatto Ambientale con competenza regionale.

L'intervento deve inoltre essere sottoposto a Valutazione di Incidenza Ambientale.

9.2 AUTORIZZAZIONI TECNICHE

Una volta superato l'iter di Valutazione di Impatto Ambientale la realizzazione dell'impianto deve essere autorizzata ai sensi della Legge Regionale 24 marzo 1981 n.15.

In questa sede vanno raccolti i pareri di tutti gli Enti Regionali e Statali competenti e va dimostrata la disponibilità delle aree da parte del soggetto richiedente.

La disponibilità delle aree dovrà riguardare sia quelle presso le quali è prevista la realizzazione delle opere fisse (stazioni, sostegni di linea, ecc.) sia il mero sorvolo del terreno.

Nel caso specifico si rileva la necessità di acquisire tra gli altri i seguenti pareri vincolanti:

- autorizzazione al sorvolo delle trade (rilasciato dagli Enti Gestori delle medesime);
- autorizzazione al sorvolo delle ferrovie (rilasciato dagli Enti Gestori delle medesime);
- autorizzazione parallelismo delle ferrovie nel rispetto di una distanza di 10 metri tra funi e rotaie in deroga ai 30 metri di distanza minima (rilasciato dagli Enti Gestori delle medesime);
- autorizzazione al sorvolo dei corsi d'acqua (rilasciato dagli Enti regionali preposti);
- autorizzazione paesaggistica;
- autorizzazione ai fini del vincolo idrogeologico;

– autorizzazione forestale.

Il progetto esecutivo funiviario (redatto dalla ditta costruttrice delle componenti elettromeccaniche) dovrà ottenere il nulla osta tecnico ai sensi dell'art. 3 del D.P.R. 753/1980 rilasciato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti rilasciato previo ottenimento del parere di immunità dal pericolo di frane e valanghe da parte degli enti territorialmente competenti.

10 PERSONALE NECESSARIO ALL'ESERCIZIO

In base alla normativa tecnica in vigore per l'esercizio dell'impianto di collegamento risulterà necessario disporre del seguente personale tecnico:

- 1 ingegnere abilitato all'espletamento del ruolo di Direttore dell'Esercizio (può essere un professionista esterno);
- 1 persona con l'abilitazione di Caposervizio;
- 1 persona con l'abilitazione di macchinista e Sostituto Caposervizio;
- 2 macchinisti (uno per ciascuna stazione motrice);
- 8 agenti di stazione (due per stazione);
- tutte le persone necessarie (con abilitazione di macchinista ed agente) per la copertura dei turni di riposo settimanali.

Considerato che l'impianto effettuerà un servizio giornaliero di 14 ore il personale sopra elencato dovrà essere duplicato su due turni di servizio.

Nella definizione del numero di agenti necessario si è tenuto conto che l'impianto effettua trasporto passeggeri in entrambe le direzioni di marcia.

Il personale dovrà essere adeguatamente formato ed abilitato ai sensi del D.M. 17 settembre 2014 n.288 e dovrà essere formato anche per l'esecuzione delle manutenzioni ordinarie annuali delle componenti meccaniche ed elettriche dell'impianto.

11 LIMITI DI ESERCIZIO: CHIUSURE PER MASSIMO VENTO

Nella relazione di progetto numero 1948-R04-A sono riportate le condizioni tecniche di esercizio dell'impianto, tra le quali la massima velocità del vento ammessa durante l'esercizio indicata pari a circa 80km/h.

Nel seguito ci si soffermerà su questo aspetto al fine di valutare in via preliminare l'entità dei fermi impianto durante l'arco dell'anno. I dati nel seguito riportati sono quelli raccolti nel corso degli anni dall'ARPA FVG- OSMER (OSservatorio Meteorologico Regionale)[1].

11.1 ANALISI DEI DATI SULLA MASSIMA VELOCITA' DEL VENTO E STIMA DELLE GIORNATE DI CHIUSURA PREVISTE

In Friuli Venezia Giulia il regime dei venti al suolo è determinato dalla conformazione del territorio. La catena alpina che dalle Alpi Carniche prosegue verso est con le Alpi Giulie, degradando poi verso sud, sud-est con i rilievi del Carso, rende predominanti i venti provenienti dal quadrante orientale sulla pianura e lungo la costa.

Per quanto riguarda l'intensità dei venti vanno distinti i venti di brezza dai venti sinottici.

Per le brezze le intensità medie variano da luogo a luogo e seguono un ciclo sostanzialmente diurno che alterna periodi di calma a periodi di maggiore intensità che lungo la costa può raggiungere valori compresi tra 5 e 8 m/s ovvero tra 18 e 30km/h.

<u>Le brezze</u> non rappresentano pertanto un problema per quanto riguarda la regolarità di esercizio dell'impianto di collegamento essendo i valori di velocità del vento ben inferiori ai massimi ammissibili.

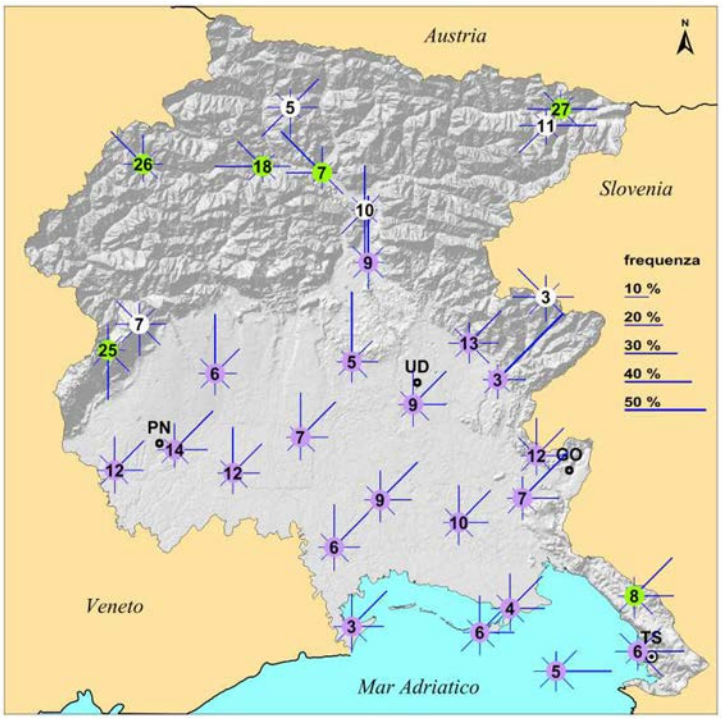

Figura 20 – Frequenza percentuale per ottanti della provenienza del vento a 10 metri di altezza.

[1] Le informazioni e alcune figure riportate in questo paragrafo sono tratte dalla pubblicazione ARPAV FVG-OSMER intitolata "Il clima del Friuli Venezia Giulia".

I venti sinottici sono prevalentemente presenti nel periodo autunnale ed invernale ed hanno valori medi superiori rispetto alle brezze. Per la zona della costa la Bora è il vento predominante. Questo vento ha un caratteristico comportamento a raffiche, quindi una descrizione media del fenomeno appare non significativa. Episodi di Bora con intensità del vento medio orario superiore a 10m/s (36km/h) per oltre 5 ore consecutive non sono affatto rari. Le raffiche possono superare i 30m/s (108km/h) ma sono stati registrati picchi superiori ai 40m/s (144km/h). Il vento di Bora soffia da est-nord-est in direzione ovest-sud-ovest.

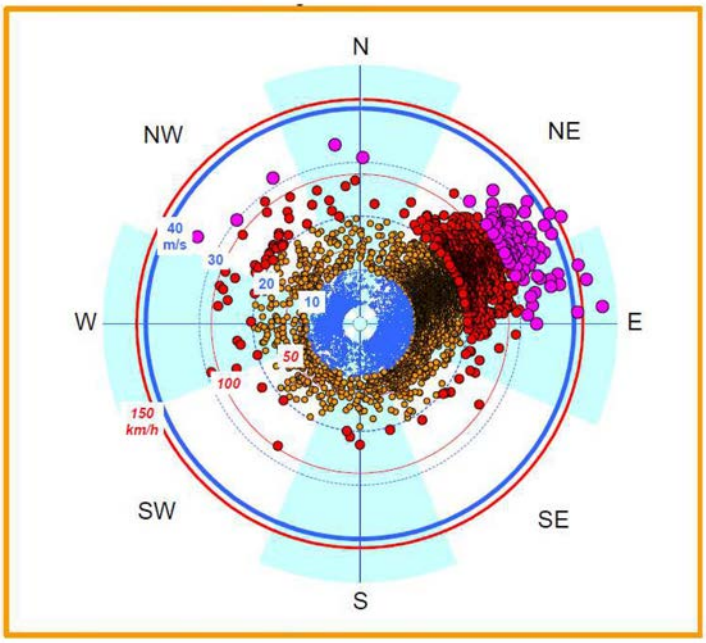

Figura 21 – Distribuzione delle raffiche massime giornaliere misurate alla stazione F.lli Bandiera di Trieste tra gli anni 1995 e 2013; è evidente la prevalenza dei venti forti dovuti alla Bora.

Per valutare la frequenza e l'entità degli eventi di forte vento sull'area di Trieste interessata alla realizzazione dell'impianto di collegamento si è fatto riferimento ai dati disponibili rilevati dall'ARPA FVG presso le seguenti stazioni:

- <u>stazione Trieste molo F.lli Bandiera</u> (Altitudine 1 m s.l.m. – Lat. 45.649996 – Long. 13.752242);
- <u>stazione Istituto Nautico di Trieste</u> (Altitudine 30 m s.l.m. – Lat. 45.647393 – Long. 13.764540);

Sono disponibili i dati relativi la velocità massima del vento giornaliera rilevata alla stazione Trieste molo F.lli Bandiera tra gli anni 1995 e 2019 ed alla stazione Istituto Nautico di Trieste tra gli anni 2008 e 2019.

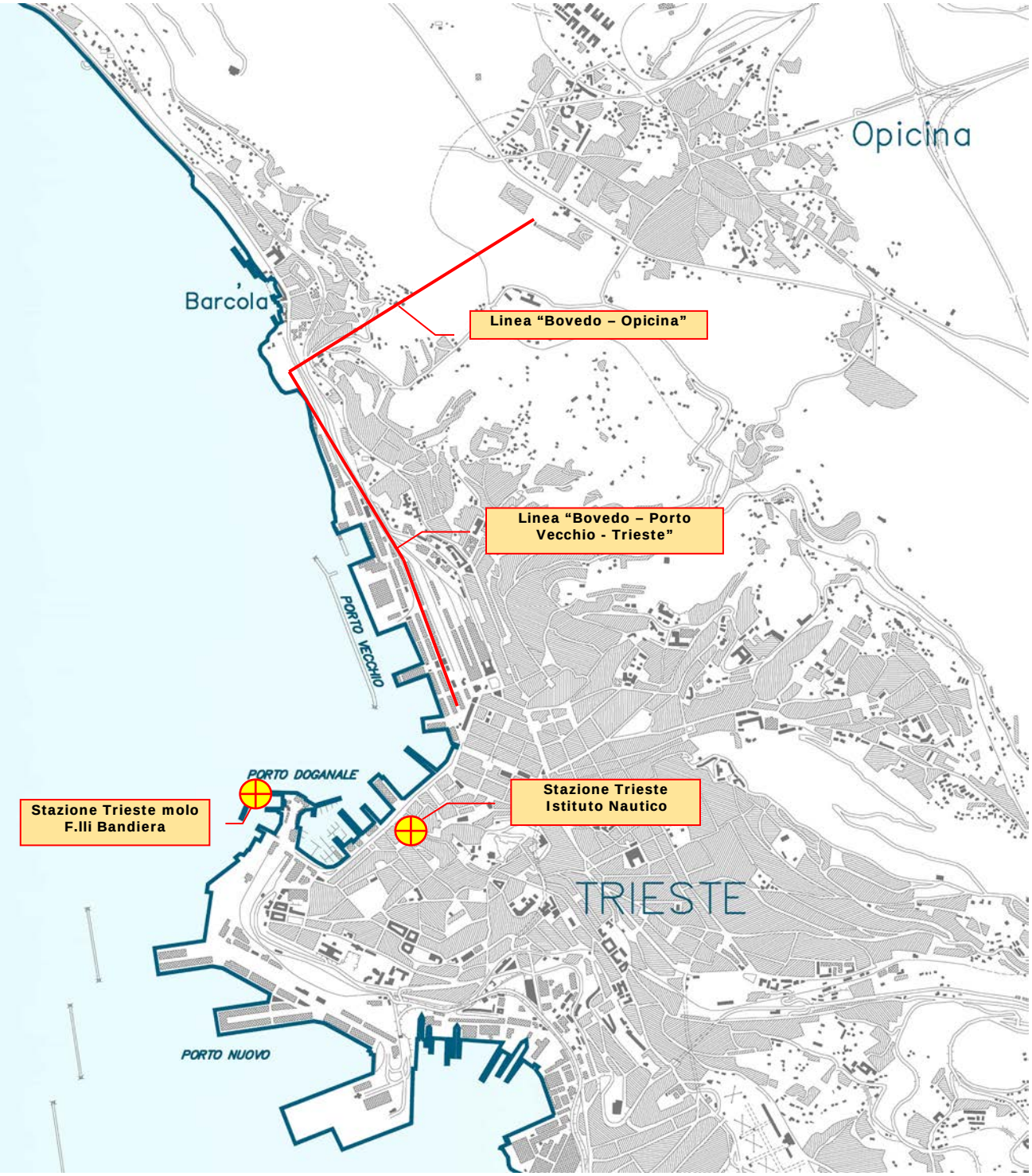

Figura 23 – Posizione rispetto la linea dell'impianto di collegamento delle stazioni di rilevazione del massimo vento "molo F.lli Bandiera" e "Istituto Nautico di Trieste"

I dati disponibili sono stati elaborati anno per anno mettendo in evidenza il numero di giornate nel corso dell'anno durante le quali si sono osservate raffiche massime di intensità comprese tra le seguenti fasce di velocità:

- velocità compresa tra 80 e 84 km/h;
- velocità compresa tra 85 e 89 km/h;
- velocità compresa tra 90 e 99 km/h;
- velocità superiore a 100km/h.

I risultati sono riportati nei grafici delle figure 24 e 25, dove sono riportati il numero dei giorni con raffiche comprese in ciascuna delle fasce di velocità sopra riportate.

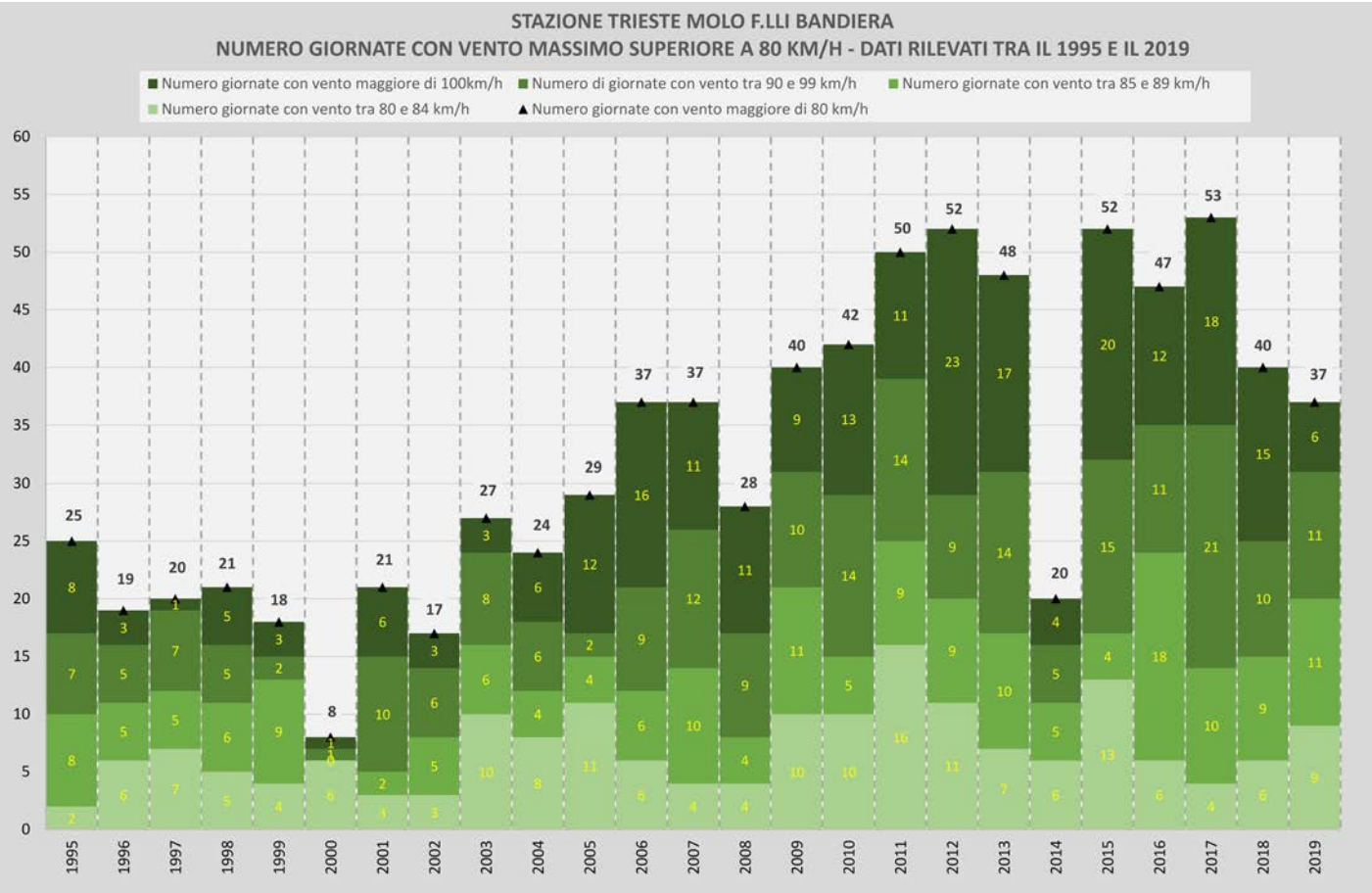

Figura 24 – Numero di giornate durante le quali la stazione meteorologica "molo F.lli Bandiera" ha registrato una raffica di vento di velocità maggiore di 80km/h. In colore giallo sono riportati il numero dei giorni con raffiche di velocità appartenenti alle diverse fasce di intensità considerate (80-84km/h, 85-89km/h, 90-99km/h e >100km/h). Dati disponibili tra il 1995 e il 2019.

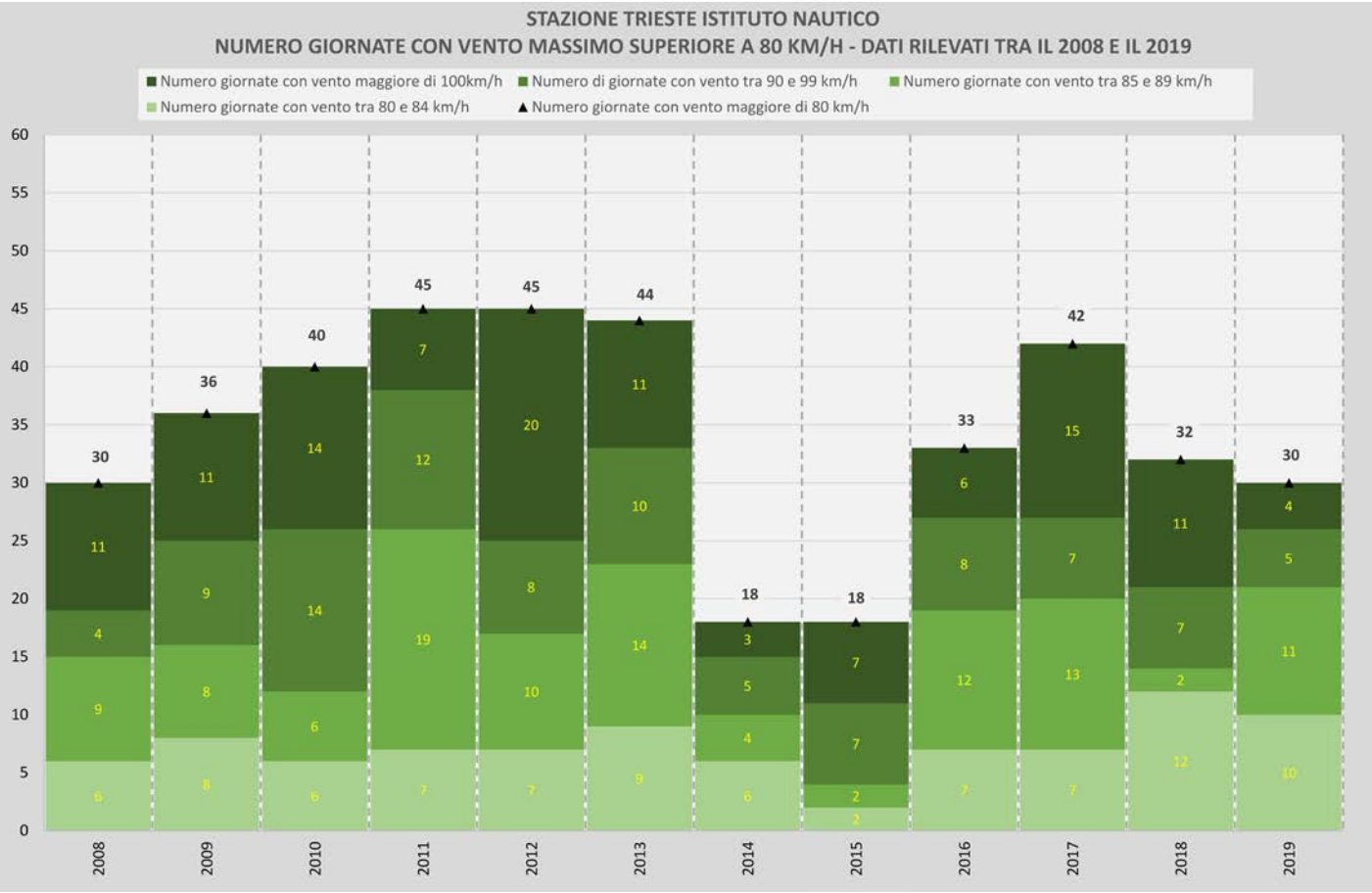

Figura 25 – Numero di giornate durante le quali la stazione meteorologica "Istituto Nautico Trieste" ha registrato una raffica di vento di velocità maggiore di 80km/h. In colore giallo sono riportati il numero dei giorni con raffiche di velocità appartenenti alle diverse fasce di intensità considerate (80-84km/h, 85-89km/h, 90-99km/h e >100km/h). Dati disponibili tra il 2008 e il 2019.

Analizzando i dati disponibili si osserva quanto segue:

- la posizione della stazione "Istituto Nautico di Trieste" sembra essere maggiormente rappresentativa poiché collocata in posizione più interna alla costa e simile alla posizione della linea dell'impianto;
- il numero delle giornate con venti forti è raddoppiato nel decenni 2009-2019 rispetto al decennio 1995-2005;
- il numero medio in un anno di giornate con venti forti risultante dai dati disponibili presso le due stazioni di rilevamento è riassunto nella tabella seguente dove il numero di giornate ventose è suddiviso in funzione delle classi di velocità del vento indicate in precedenza:

	vento 80 ≤ V < 84 [km/h] [giorni]	**vento 85 ≤ V < 89 [km/h]** [giorni]	**vento 90 ≤ V < 100 [km/h]** [giorni]	**vento V ≥ 100 [km/h]** [giorni]	**vento V ≥ 80 [km/h]** [giorni]
Stazione molo F.lli Bandiera	7	7	9	9	32
Stazione Istituto Nautico Trieste	7	9	8	10	34

Figura 26 – Numero medio annuo di giornate ventose con raffiche di velocità appartenenti alle diverse fasce di intensità considerate (80-84km/h, 85-89km/h, 90-99km/h e >100km/h).

I dati riportati in figura 26 indicano che i valori medi misurati alla stazione Istituto Nautico di Trieste durante un periodo di soli 11 anni, sono simili ai valori medi rilevati alla stazione molo F.lli Bandiera durante un periodo molto più lungo e pari a 25 anni. Questo trova giustificazione nel fatto che la stazione molo F.lli Bandiera è collocata in una posizione più esposta al vento e che il periodo di osservazione più corto non comprende i dati di fine anni ’90 che risultano essere mediamente più bassi.

L’interpretazione dei dati ai fini della previsione del numero di giornate di chiusura all’esercizio dell’impianto di collegamento non è univoca per i seguenti motivi:

- al verificarsi di una singola raffica di vento di intensità superiore a 80km/h l’impianto rallenta automaticamente ad una velocità molto bassa per poi tornare alla velocità nominale una volta che la velocità del vento è scesa sotto una prefissata soglia;
- a determinare la necessità di sospendere l’esercizio dell’impianto non è il verificarsi di poche raffiche di vento di intensità maggiori di 80km/h bensì il persistere di condizioni di vento forte;
- le tratte dell’impianto di collegamento non sono esposte in modo uniforme al vento: la tratta “Opicina – Bovedo” risulta più esposta rispetto la tratta “Bovedo – Porto Vecchio – Trieste”;
- la direzione del vento e le condizioni locali possono diminuire o aumentare gli effetti del vento sullo sbandamento del singolo veicolo.

Per tutti questi motivi solo con l’esperienza maturata sul singolo impianto a fune è possibile stabilire le reali condizioni oltre le quali l’esercizio deve essere necessariamente sospeso.

Nel caso specifico è possibile affermare quanto segue:

- durante gli eventi di Bora più intensi l'esercizio dell'impianto dovrà essere sospeso ed i veicoli dovranno essere tolti dalla linea e riposti nei magazzini per tutto l'arco della giornata;
- al verificarsi di situazioni di vento forte ma di durata limitata l'esercizio dell'impianto potrebbe essere interrotto solo per alcune ore;
- al verificarsi di situazioni di vento medio con presenza di poche raffiche sopra gli 80km/h l'esercizio dell'impianto potrà proseguire ma potranno verificarsi rallentamenti o fermi impianto della durata di pochi minuti.

Per quanto sopra pare significativo il dato del numero di giornate ventose con raffica massima del vento di velocità superiore ai 90km/h in quanto queste possono rappresentare il numero delle giornate durante le quali i vento di Bora è sicuramente intenso e sufficientemente costante nel tempo da comportare la chiusura al pubblico dell'impianto a fune.

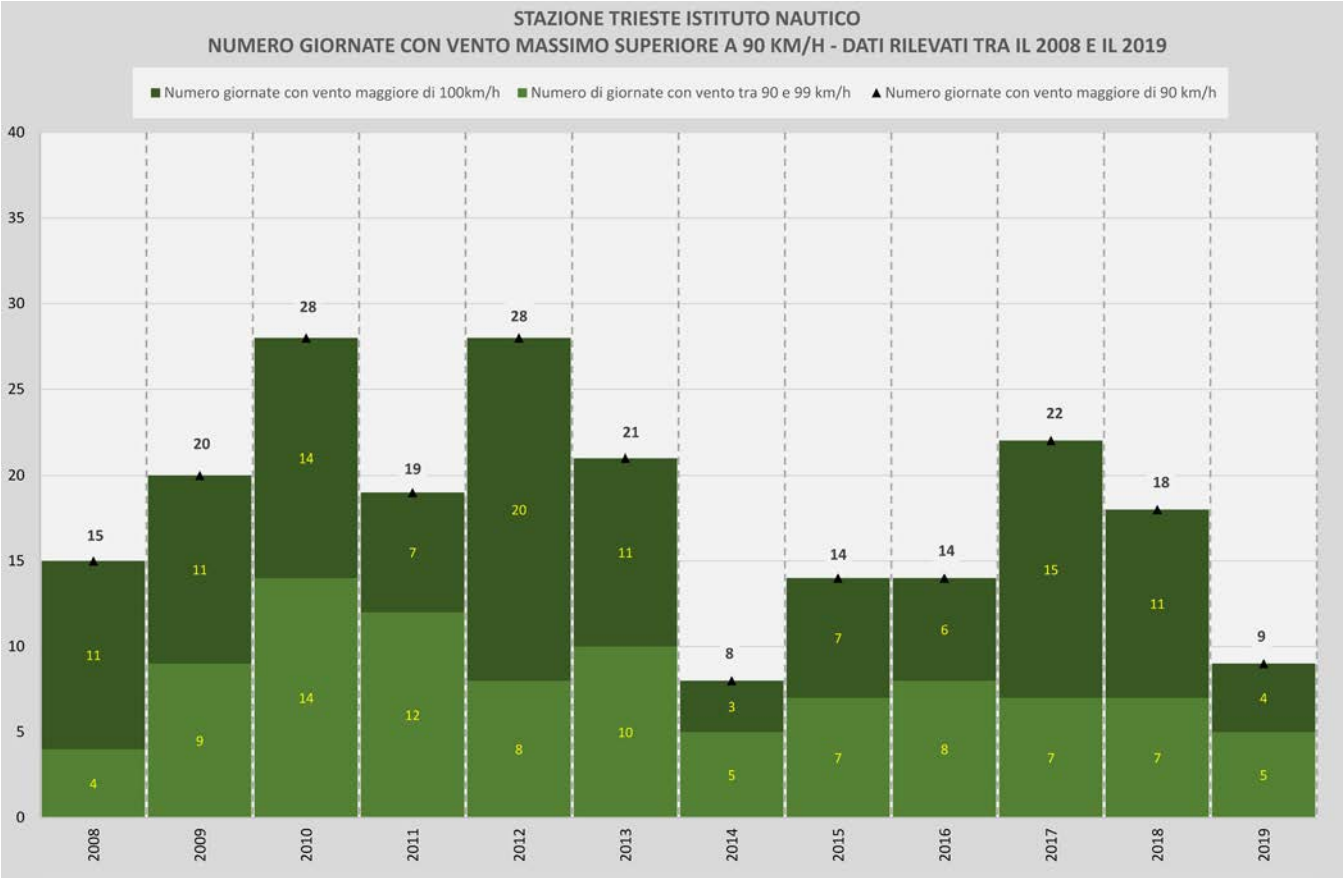

Figura 27 – Numero di giornate durante le quali la stazione meteorologica "molo F.lli Bandiera" ha registrato una raffica di vento di velocità maggiore di 90km/h.

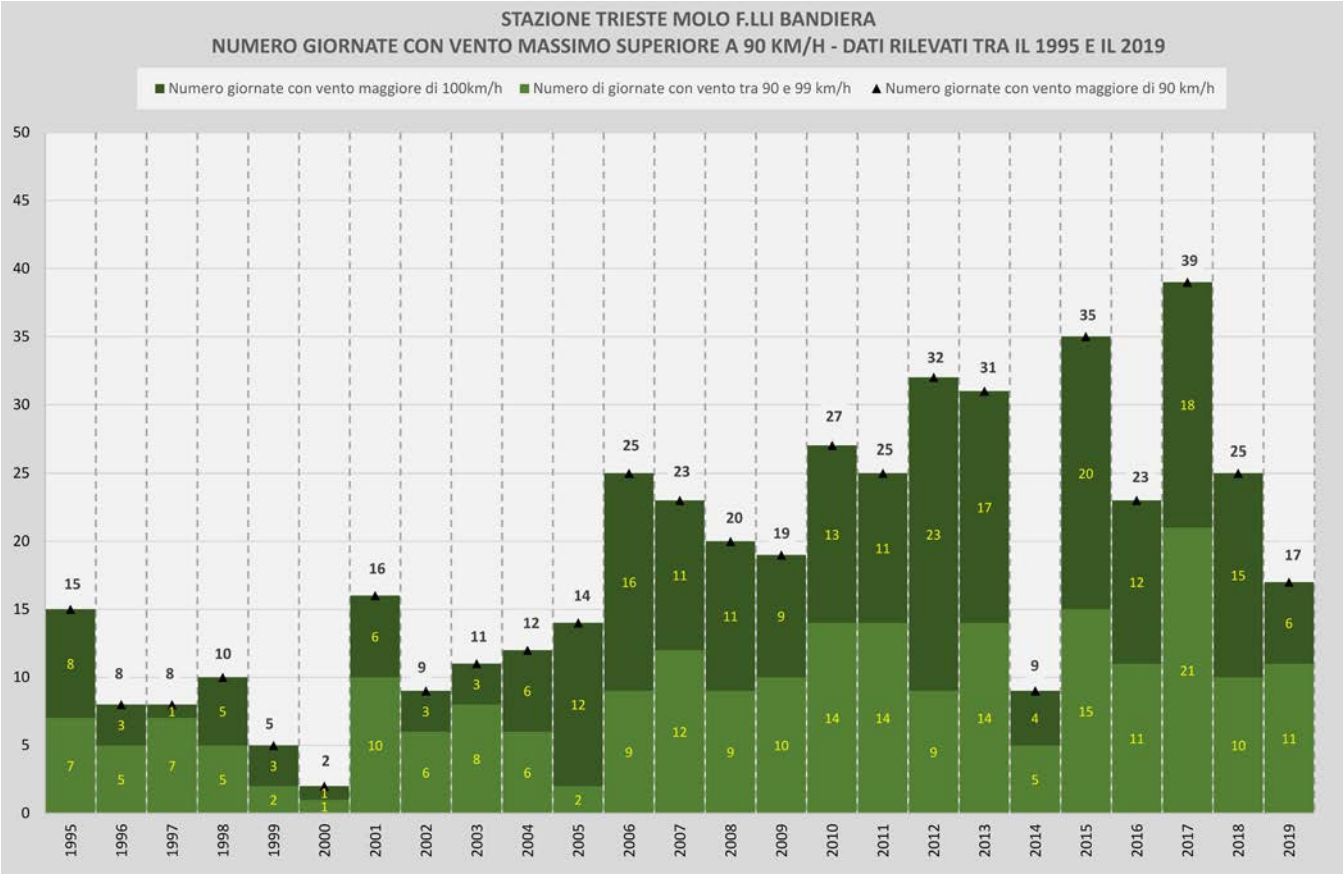

Figura 28 – Numero di giornate durante le quali la stazione meteorologica "Istituto Nautico Trieste" ha registrato una raffica di vento di velocità maggiore di 90km/h.

In via preliminare, sulla base dei dati disponibili, si ritiene possibile affermare quanto segue:

- *durante l'intero anno solare va considerato che l'impianto a fune dovrà rimanere chiuso al pubblico per almeno 20 giorni l'anno;*
- *durante altri 10 giorni l'anno l'esercizio dell'impianto potrebbe essere interrotto per almeno mezza giornata.*

Considerato che la linea "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste" per posizione ed inserimento tra gli edifici del porto potrebbe risultare più protetta dalle raffiche, il suo periodo di chiusura potrebbe risultare inferiore.

Nelle successive fasi di progettazione andranno valutate le modalità più idonee per sopperire alla chiusura dell'impianto durante le giornate di Bora.

12 AZIONAMENTI DI RISERVA E DI EMERGENZA, EVACUAZIONE DEI PASSEGGERI IN CASO DI GUASTO

Ciascuna delle due cabinovie è dotata di un azionamento principale, un azionamento di riserve ed un azionamento di recupero.

L'azionamento principale può essere composto da due motori elettrici asincroni a corrente alternata operanti in serie con interposizione di un riduttore epicicloidale prima della puleggia motrice, oppure da un motore sincrono lento in corrente alternata trifase a magneti permanenti alimentato da un sistema di conversione statica c.a./c.a. mediante 4 inverter separati il cui albero è collegato direttamente alla puleggia motrice. In entrambi i casi l'alimentazione elettrica è quella fornita da rete attraverso delle cabine di trasformazione MT/bt di utenza. Quando non vi sono problemi tecnici i rami di fune vengono movimentati con entrambi i motori asincroni o con il motore sincrono e tutti e 4 i settori (e gli inverter) funzionanti.

In caso di guasto di un motore asincrono o di un settore del motore sincrono (o di un inverter) la singola cabinovia può rimanere in servizio funzionando con un solo motore asincrono o con il motore sincrono a tre soli settori (o tre soli inverter) ad una portata inferiore a quella massima di progetto.

Per garantire il funzionamento dell'impianto anche in caso di rottura di una componente elettrica dell'azionamento principale presso gli impianti che espletano un servizio pubblico essenziale è possibile prevedere la ridondanza anche di talune componenti elettriche presenti nei quadri elettrici funiviari.

In caso di mancanza della corrente elettrica da rete o in caso di guasto di una componente della cabina elettrica, la singola cabinovia può ricevere energia dai gruppi elettrogeni di emergenza che verranno predisposti presso ogni stazione e la cui potenza dipenderà caso per caso delle componenti elettriche da alimentare.

La ridondanza dei motori, delle componenti dell'azionamento elettrico e la presenza dei gruppi elettrogeni rappresentano quello che in gergo tecnico viene definito come azionamento di riserva.

Qualora, nonostante l'adozione delle ridondanze sopra elencate, si dovesse verificare un guasto tale da pregiudicare la messa in moto di almeno un motore asincrono o dei tre settori del motore sincrono, sarà possibile procedere allo svuotamento della linea per il recupero dei passeggeri presenti sulle vetture utilizzando il cosiddetto azionamento di

recupero costituito da una catena cinematica composta in successione da motore diesel – pompa idraulica – motore idraulico – pignone - corona dentata ingranabile su una corona dentata solidale alla puleggia motrice. Tale azionamento consente all'impianto di viaggiare nei due sensi di marcia alla velocità massima di 0,8 m/s – 1.0m/s.

Qualora per motivi non catalogabili non risultasse possibile movimentare l'impianto neppure con l'azionamento di recupero sarà necessario procedere all'attuazione delle operazioni di soccorso in linea finalizzate alla calata a terra dei passeggeri presenti sui veicoli dei due rami dell'impianto e il loro successivo accompagnamento presso un luogo sicuro.

Per l'attuazione di questa procedura la singola linea di cabinovia sarà dotata:

- di un piano di soccorso nel quale verranno specificate le procedure da attuare e le campate di intervento delle diverse squadre di soccorso;
- di un numero di attrezzature per la calata a terra dei passeggeri uguale al numero di squadre di soccorso previste.

Il personale della società che esercirà l'impianto con il supporto del personale dei VVFF e del Soccorso Alpino dovrà garantire, in caso di necessità, la presenza di un numero di soccorritori sufficienti per coprire le previsioni del piano di soccorso.

Per normativa il personale presente in linea dovrà essere calato a terra ed evacuato presso un luogo sicure entro 3 ore dal momento dell'arresto dell'impianto.

13 ASPETTI DA APPROFONDIRE IN SEDE DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Nella successive fasi di progettazione andranno approfonditi i seguenti aspetti.

1) Andranno approfondite le analisi sui flussi giornalieri di mobilità sistematica e turistica al fine di stabilire la più corretta portata massima della cabinovia che dalle verifiche preliminari condotte in questa sede potrà essere compresa tra 1.200p/h e 2.400p/h.

2) Andrà verificato con gli uffici regionali competenti la compatibilità della linea "Bovedo – Opicina" con la presenza della Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.) codice IT3340002 denominata Aree Carsiche della Venezia Giulia e la non applicabilità al caso specifico del comma m) dell'art. 5 del Decreto Ministeriale del 17 ottobre 2007 n.184.

3) Andrà concordata con l'Ente gestore della ferrovia la deroga all'inedificabilità dei 30 metri della fascia di pertinenza ferroviaria ed andrà stipulata l'apposita convenzione.

4) Andrà stipulata un'apposita convenzione con l'Ente gestore delle strade sorvolate.

5) Andrà verificato l'eventuale sorvolo delle linee funiviarie di tubazioni in pressione (gas o acqua) al fine di attuare le prescrizioni impartite in questi casi dal D.M. 4 aprile 2014.

6) Dovranno essere valutate le modalità di risoluzione delle interferenze tra le strutture di fondazione dei sostegni di linea con le infrastrutture presenti a terra, soprattutto laddove queste si collocano in prossimità di marciapiedi, strade o piste ciclabili. Il progetto preliminare ha già considerato la presenza delle opere previste nel progetto esecutivo della nuova viabilità di Porto Vecchio ma andranno valutate le situazioni in modo più particolareggiato.

7) Si dovrà verificare le modalità di attuazione delle forniture elettriche in media ed in bassa tensione presso tutte le stazioni dell'impianto.

8) Andranno eseguiti degli approfondimenti sulla tipologia e sulla collocazione dei sevizi accessori presso le stazioni terminali ed intermedie dell'impianto anche in funzione della loro vicinanza ad altri locali pubblici o commerciali.

14 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1. Parcheggio Bovedo: vista verso l'area in cui è prevista la realizzazione della stazione intermedia.

Foto 2. Parcheggio Bovedo: vista in direzione della linea funiviaria verso "Opicina".

Foto 3. Zona presso la quale è previsto il posizionamento dei sostegni di linea numero 4 e 5 (sopra muro lato strada).

Foto 4. Scarpata rocciosa posizionata a valle del sostegno di linea numero 7.

Foto 5. Area boscata presso la quale è previsto il posizionamento della stazione Opicina.

Foto 6. Zona balneare prossima alla vecchia linea ferroviaria parzialmente sorvolata dalla linea della cabinovia "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste". Sullo sfondo il parcheggio Bovedo.

Foto 7. Vista verso il sostegno numero 4 della linea "Bovedo – Porto Vecchio – Trieste". A sinistra si vede Viale Miramare sorvolato dalla cabinovia nella tratta S4-S5-S6.

Foto 8. Edificio antistante la linea ferroviaria in prossimità del quale è previsto il posizionamento del sostegno numero 5. Foto scattata da Viale Miramare.

Foto 9. Porzione di terreno prossimo al muro perimetrale dell'area di Porto Vecchio presso il quale è previsto il posizionamento del sostegno numero 6. Foto scattata da Viale Miramare.

Foto 10. Vista dell'area lungo cui corre la linea della cabinovia in direzione del sostegno numero 7. Il muro sinistra separa l'area di Porto Vecchio con il parallelismo della linea ferroviaria.

Foto 11. Vista dell'area presso cui verrà realizzata la stazione intermedia di Porto Vecchio. Foto scattata dalla posizione prevista per il sostegno numero 8.

Foto 12. Vista del viale lungo il quale si sviluppa il tratto di linea "Porto Vecchio – Trieste". Al termine del viale si colloca la stazione "Trieste". Il progetto di recupero dell'area di Porto Vecchio prevede la trasformazione del viale in un giardino pedonale.

15 TIMBRI E FIRME

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. ANDREA GOBBER
Ing. civile e ambientale, industriale e dell'informazione
ISCR. ALBO N° 2101 - Sezione A degli Ingegneri