

**RAZIONALIZZAZIONE DELLA RETE A 220 KV DELLA VAL FORMAZZA  
INTERCONNECTOR SVIZZERA – ITALIA “ALL’ACQUA-PALLANZENO-BAGGIO”  
INTEGRAZIONI**

**Studio delle alternative nel Parco del Ticino**

Ing. M.Sala



**Storia delle revisioni**

Rev. n°	Data	Descrizione
00	16/12/2016	Prima emissione

Elaborato	Collaborazioni	Verificato	Approvato
 C. De Bellis, M. Ghilardi, S. Malinverno, C. Pertot (CESI S.p.A.)	V.Perosino (ING/PRE/APRINO)	V. De Santis (ING/PRE- IAM) / E. Marchegiani (ING/PRE-IAM)	N. Rivabene (ING/PRE-IAM)

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1	Generalità e finalità dello studio .....	3
1.2	Localizzazione e sintesi dell'intervento.....	3
<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE .....</b>	<b>7</b>
2.1	Premessa.....	7
2.2	Pianificazione del Parco del Ticino Piemontese e Lombardo .....	8
<b>3</b>	<b>CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE PROGETTUALI .....</b>	<b>11</b>
3.1	Individuazione degli indicatori economici .....	12
3.1.1	Considerazioni sul rapporto dei pesi tra i sostegni appartenenti alla stessa serie .....	15
3.1.2	Considerazioni sull'incremento del costo opera in funzione della differente distribuzione sostegni .....	16
3.1.2.1	Coefficiente di costo del tratto di linea .....	16
3.1.3	Confronto tra la soluzione di progetto e l'attraversamento della linea a cc del Parco del Ticino lombardo (I2_TT3) .....	19
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Generalità e finalità dello studio

Il presente documento è stato predisposto in risposta alla richiesta di integrazione n.13 inoltrata dalla Regione Piemonte:

*Dovranno quindi essere valutate alternative progettuali e di tracciato per i tratti di elettrodotto ricadenti nei Siti Natura 2000, che prendano in considerazione lo spostamento del tracciato e/o l'interramento della linea ai sensi dell'art. 4 comma 1, lettera e, delle Misure di Conservazione per la tutela dei siti della Rete Natura 2000 del Piemonte in attuazione dell'art. 40 della l. r. 19/2009, delle Direttive 92/43/CEE e 2009/147/CE, del DPR 357/1997 e s.m.i. e del DM 17/10/2007 e s.m.i. ed in coerenza con i piani di gestione ed area dei SIC del Parco del Ticino e del Lago Maggiore, con particolare riferimento ai SIC/ZPS "Fondo Toce - IT 1140001, Lagoni di Mercurago =171150002; nei medesimi Siti Natura 2000 analizzare l'interferenza dell'attuale soluzione progettuale con l'habitat prioritario 91E0 "Foreste alluvionali di ALNUS glutinosa e Fraxinus excelsior tra i piloni 4 e 5 poco a valle della stazione di Pallanzeno e valutare alternative progettuali finalizzate ad evitare il contatto con tale habitat o la sua alterazione, garantendone la salvaguardia con idonee soluzioni.*

e con riferimento alle risultanze emerse nel Tavolo di concertazione n.3 "Alternative di tracciato/interferenze con aree protette regionali", nel quale, in seguito alla concertazione con l'Ente Parco del Ticino e del Lago Maggiore, è stata definita un'alternativa di tracciato da approfondire e porre a confronto con la soluzione di progetto.

Le analisi condotte nel presente studio hanno l'obiettivo di porre a confronto, dal punto di vista delle ricadute ambientali ad esse connesse, la soluzione di progetto con la soluzione alternativa proposta dal tavolo per ridurre l'interferenza con l'area protetta. Entrambe le soluzioni interessano i Comuni di Bellinzago Novarese e Cameri, in Provincia di Novara (Regione Piemonte e il Comune di Nosate nella Città Metropolitana di Milano (Regione Lombardia).

In questo caso non è possibile utilizzare l'analisi multicriteria, adottata per l'analisi di altre alternative considerate nel presente studio, data la natura dell'alternativa che ha carattere sostanzialmente progettuale ed insiste sulla stessa porzione di territorio.

Tuttavia le due configurazioni a confronto presentano specifici elementi che permettono di valutarle, almeno qualitativamente e per alcuni aspetti, e di evidenziare le peculiarità dell'una e dell'altra soluzione.

### 1.2 Localizzazione e sintesi dell'intervento

Con riferimento all'interferenza del progetto con il Parco del Ticino, a seguito dei confronti tecnici intercorsi con l'Ente di gestione delle Aree protette del Lago Maggiore e del Parco del Ticino e nel corso del processo concertativo svolto con gli Enti locali interessati, è stata condivisa la soluzione localizzativa illustrata nella figura successiva (estratta dalla tavola DGRX10004BTO00907). La localizzazione del tracciato di progetto e della alternativa sono inoltre riportati nella Tavola DERX10004BIAM02216.



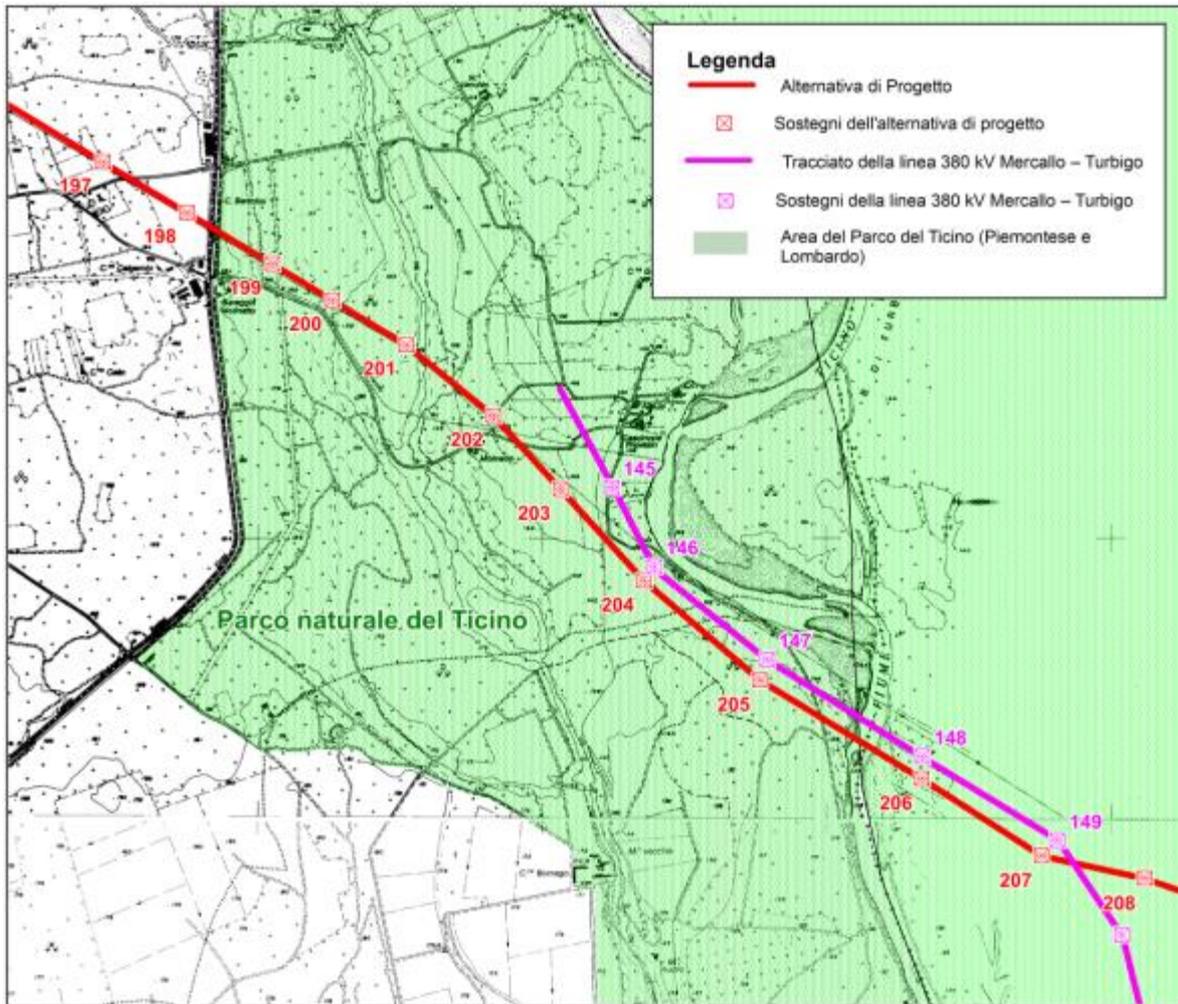
*Figura 1.2-1: Inquadramento dell'alternativa proposta*

La **configurazione di progetto** proposta da Terna prevede che dal sostegno 197 al sostegno 208, per un tratto lungo 4,52 km si attraversi il Parco del Ticino Piemontese e, in parte, quello Lombardo, scostandosi leggermente (da 100 a 170 m c.a.) dal tracciato del 220 kV che verrà demolito.

In questo tratto sono previsti 10 sostegni che saranno realizzati in posizione differente rispetto a quella dell'attuale 220 kV da demolire.

La linea 380 kV Mercurio – Turbigo non viene interessata dal progetto e incrocia la nuova linea a CC tra i sostegni 207 e 208 in Regione Lombardia.

La configurazione finale prevista dal progetto e sopra descritta è sintetizzata nella immagine successiva.



*Figura 1.2-2: Configurazione di Progetto*

La **configurazione alternativa (I2\_TT3)**, invece, scaturita dall'osservazione del Parco del Ticino Piemontese, prevede che la nuova linea in CC dal sostegno 197 al sostegno 208 sia lunga 4,472 km (con previsione di 10 sostegni in totale) e che fino al sostegno 204 ricalchi esattamente il corridoio della linea 220 kV esistente da demolire (anche i nuovi sostegni avranno la medesima posizione di quelli oggi esistenti); dal sostegno 204 al sostegno 207 la nuova linea CC si sposta invece sull'attuale corridoio della linea 380 kV Mercallo – Turbigo, sostituendola. I nuovi sostegni avranno posizione differente rispetto a quelli dell'attuale linea 380 kV.

A sua volta la linea 380 kV Mercallo – Turbigo fino al sostegno 145 rimane sul proprio tracciato e poi fino al sostegno 150 si sposta sul corridoio dell'attuale 220 kV che andrà demolito; tutti i sostegni (7 in totale) sono da realizzare in posizioni nuove rispetto a quelli dell'attuale 220 kV. Il tracciato così modificato della linea 380 kV Mercallo – Turbigo, in questo tratto sarà lungo 7 Km e incrocia il tracciato della linea CC in progetto tra i sostegni 207 e 208 in Lombardia.

La configurazione finale prevista dall'alternativa del Parco del Ticino e sopra descritta è sintetizzata nella immagine successiva.

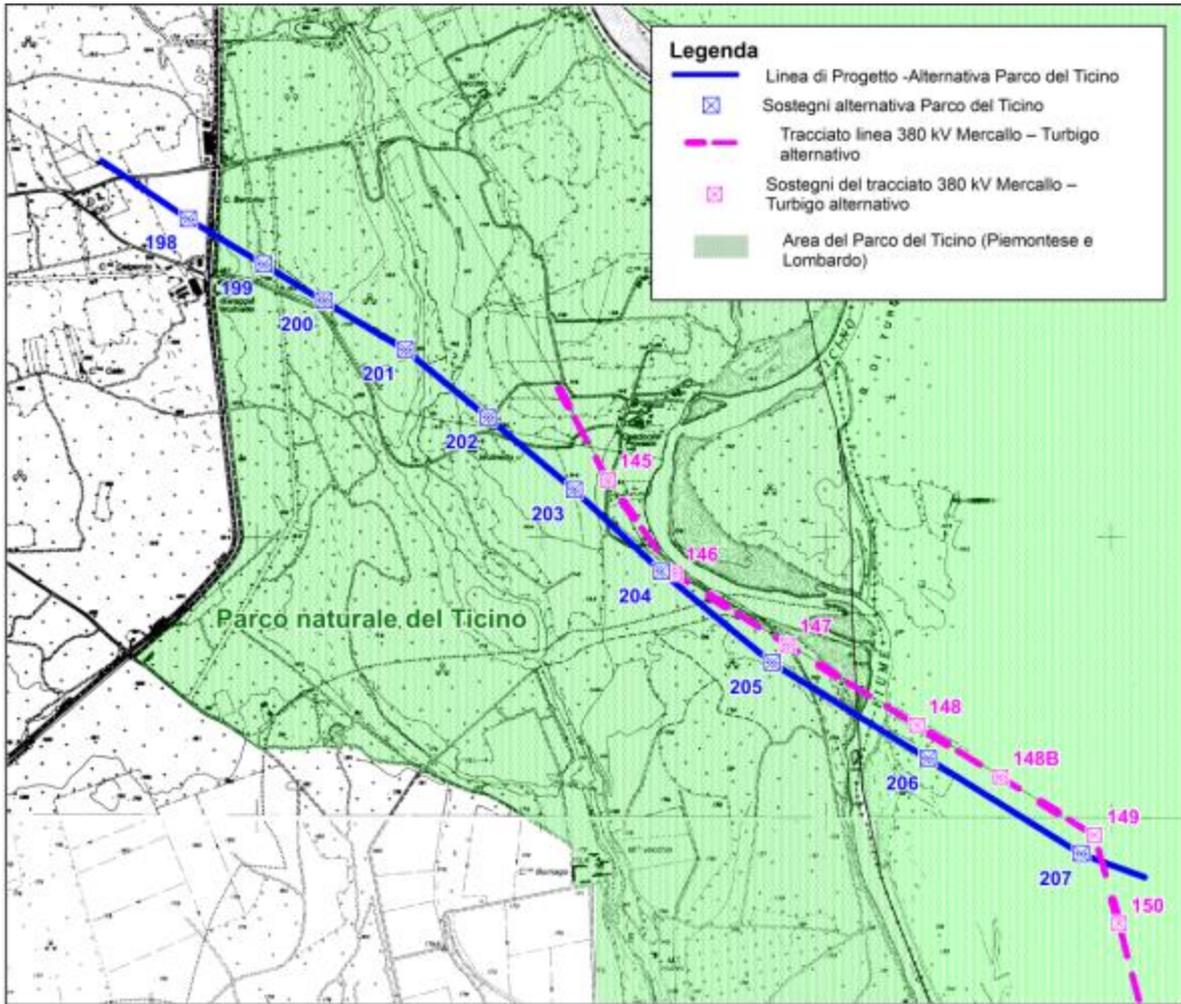


Figura 1.2-3: Configurazione alternativa Parco del Ticino

## 2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI INTERESSE

### 2.1 Premessa

Considerata la tipologia di configurazioni a confronto, risulta evidente come il territorio interessato sia sostanzialmente il medesimo, pertanto non è possibile identificare discriminanti ambientali significative tra le due configurazioni. In particolare tutti i tracciati delle due configurazioni analizzate:

- in questo tratto interessano la Fasce Fluviali del PAI dell'Adb del Po relative al Fiume Ticino;
- attraversano il fiume Ticino più o meno in corrispondenza del medesimo tratto;
- attraversano aree appartenenti alle mappe di pericolosità e rischio del Piano di gestione del rischio di alluvioni (PGRA) dell'Adb del Po;
- si collocano nei pressi delle medesime aree residenziali (peraltro sostanzialmente assenti, a parte qualche cascina);
- non interessano assi viari principali;
- interessano gli stessi vincoli paesaggistici (costituiti dalla fascia dei 150 m del Fiume Ticino e dalle aree a foreste e boschi);
- attraversano l'area del Parco del Ticino e dell'omonimo SIC e ZPS.

A titolo esemplificativo si riporta nel seguito la carta con le aree protette, i Siti Natura 2000 e le Fasce PAI.

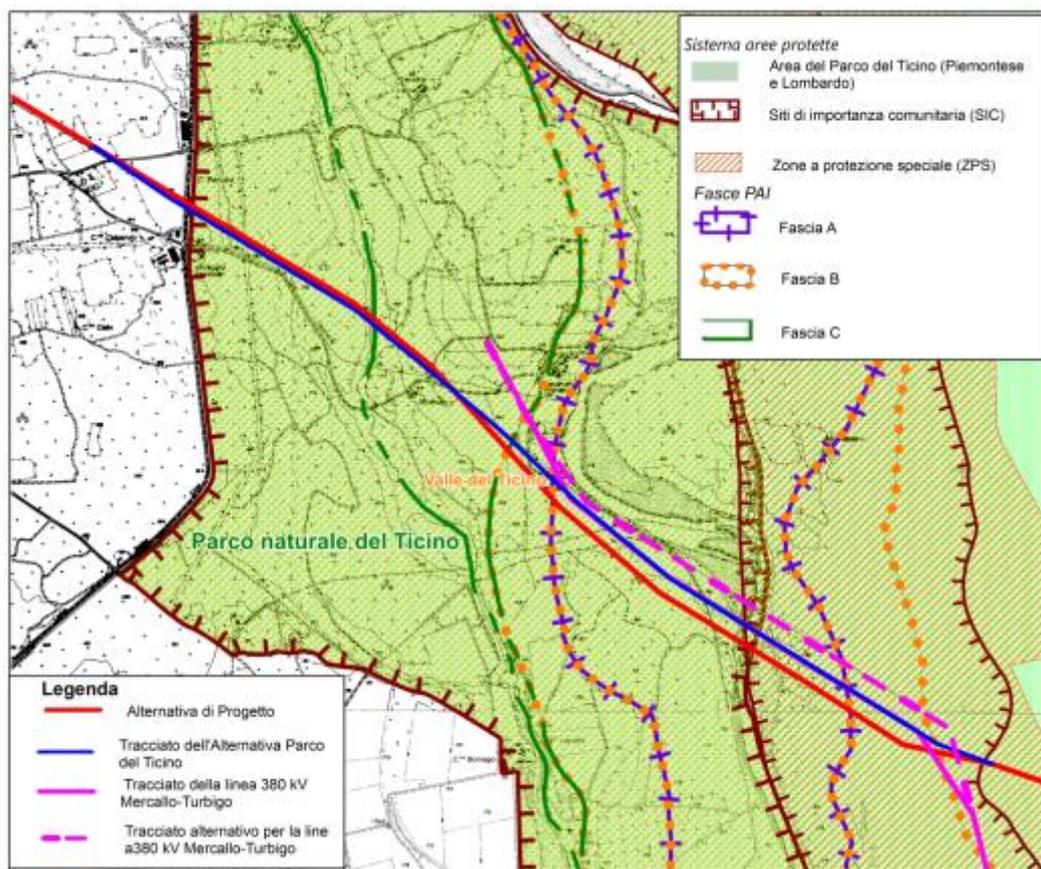


Figura 2.1-1: Caratterizzazione ambientale dell'area di interesse

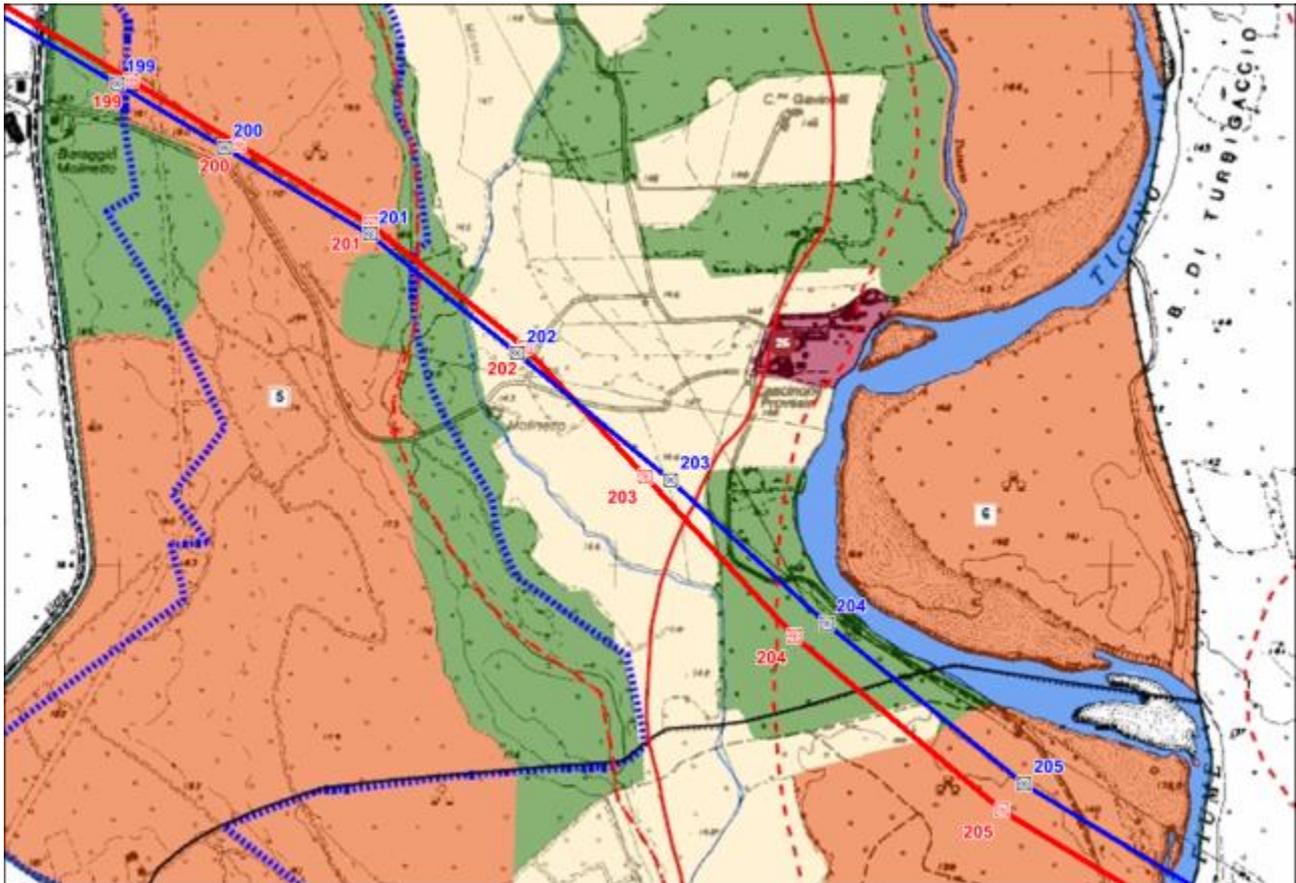
Fatte le suddette premesse risulta evidente come gli unici potenziali elementi di discriminazione sono rappresentati dalle disposizioni previste dallo strumento di pianificazione del Parco del Ticino e dalle potenziali interferenze con le aree forestali.

## 2.2 Pianificazione del Parco del Ticino Piemontese e Lombardo

Il **Parco Naturale Valle del Ticino** ubicato in Regione Piemonte e facente parte del sistema aree protette del Ticino e del Lago Maggiore, è dotato di un Piano d'Area vigente approvato con D.C.R. n. 839-C.R. -2194 del 21.2.1985; esiste poi un aggiornamento del piano adottato nel 2010, le cui norme di salvaguardia non sono più vigenti, che costituisce di fatto un atto di indirizzo.

Le due configurazioni interessano sostanzialmente le stesse zonizzazioni definite dal Piano, come sintetizzato nella tabella seguente e nella Figura 2.2-1.

Sostegno progetto	Zonizzazione Parco	Sostegno alt. Parco Ticino (I2_TT3)	Zonizzazione Parco
199	Riserva Naturale Speciale ("Zona Militare" – n. 5)	199	Riserva Naturale Speciale ("Zona Militare" – n. 5)
200		200	
201		201	
202	Zona agricola forestale di interesse paesaggistico	202	Zona agricola forestale di interesse paesaggistico
203	Zona agricola forestale di interesse paesaggistico	203	Zona agricola forestale di interesse paesaggistico
204	Zona naturalistica di interesse botanico e faunistico	204	Zona naturalistica di interesse botanico e faunistico
205	Riserva Naturale Speciale ("Cascinone-Bornago".n.6)	205	Riserva Naturale Speciale ("Cascinone-Bornago".n.6)



-  Parco Naturale della Valle del Ticino (Piemonte)
-  Confini comunali
-  PAI: limite tra fascia A e fascia B
-  PAI: limite tra fascia B e fascia C
-  PAI: limite esterno della fascia C
-  Area militare

**PROPOSTA DI ZONIZZAZIONE**

-  Riserva naturale speciale (Art. 7)
-  Zona agricola speciale
-  Zona naturalistica di interesse botanico e faunistico
-  Zona agricola e forestale di interesse paesaggistico
-  Zona di fruizione (Art. 11)
-  Zona con attività produttive
-  Zona di riqualificazione ambientale (Art. 12)
-  Fiume (CTR)
-  Area da portare a naturalizzazione

*Figura 2.2-1: Zonizzazione del Parco Naturale del Ticino in Regione Piemonte*

Come è possibile osservare, i sostegni delle due alternative interessano le stesse aree del parco e le stesse tipologie forestali indicate nella carta forestale (allegata al Piano di Gestione forestale vigente del Parco). In particolare, le tipologie forestali interferite sono sintetizzate nella tabella seguente.

Sostegno progetto	Tipologia forestale	Sostegno alt. Parco Ticino (I2_TT3)	Tipologia forestale
199	Boscaglie pioniere e d'invasione	199	Pinete di pino silvestre
200	Boscaglie pioniere e d'invasione	200	Pinete di pino silvestre
201	Quercu-carpineti d'alta pianura ad elevate precipitazioni	201	Quercu-carpineti d'alta pianura ad elevate precipitazioni
202	Quercu-carpineti della bassa pianura var. robinia	202	Quercu-carpineti della bassa pianura var. robinia
203	Prati stabili di pianura	203	Prati stabili di pianura
204	Quercu-carpineti della bassa pianura	204	Quercu-carpineti della bassa pianura
205	Quercu-carpineti della bassa pianura var. robinia	205	Quercu-carpineti della bassa pianura var. robinia

Si evince che i tracciati interferiscono le stesse tipologie forestali, ad eccezione dei sostegni 199 e 200, che interessano tipologie forestali che paiono di minor pregio.

Si osserva tuttavia che nella configurazione di progetto sarebbe necessario aprire un nuovo corridoio, mentre nella configurazione alternativa si seguirebbero sempre corridoi esistenti evitando di effettuare lavori (sia di dismissione che di nuove realizzazioni) in aree del parco aventi particolare sensibilità paesistica e naturalistica, oggi integre.

In tal senso anche l'art. 21 delle NTA del Piano d'area adottato del Parco, riprendendo concetti già introdotti nell'ambito delle NTA del Piano vigente (risalente al 1985), sancisce che:

*comma 6 linee elettriche [...] di nuova costruzione o ricostruzione all'interno del Parco dovranno essere interrato e seguire il tracciato di strade e percorsi esistenti salvo diversa disposizione dell'Ente Parco, [...] laddove non sia possibile interrare le linee devono essere adottate tipologie a basso impatto ambientale [...]*

*comma 7 le linee elettriche [...] aeree esistenti, ove possibile, si dovranno sostituire con linee che richiedono ridotte fasce di rispetto o non ne necessitano [...]*

Per quanto riguarda il Piano del **Parco Lombardo della valle del Ticino**, il primo Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) è stato approvato con Legge Regionale 22 marzo 1980, oggi sostituito dalla Variante Generale al Piano Territoriale di Coordinamento, approvata con D.G.R. n. 7/5983 del 2 agosto 2001, che disciplina le aree ricadenti nel Parco regionale della valle del Ticino. Con D.G.R. n. 8/4186 del 21 febbraio 2007 è stata approvata la prima variante parziale al PTC. Per il Parco naturale della valle del Ticino, istituito con legge 31 del 12 dicembre 2002, vige il relativo PTC approvato con DCR n. 7/919 del 26 novembre 2003. Secondo questo tipo di pianificazione, sono individuate e normate diverse aree del Parco; i sostegni 205 e 206 delle due configurazioni analizzate interessano l'ambito posto nelle immediate adiacenze del Fiume (zone T, A, B1, B2, B3), il quale protegge i siti ambientali di maggior pregio; le aree di questo ambito coincidono quasi per intero con l'alveo del fiume e con la sua valle, spesso sino al limite del terrazzo principale. In queste aree si trovano gli ultimi lembi di foresta planiziale.

In particolare la zona interessata da entrambe le configurazioni è la B1 – Zone Naturalistiche Orientate.

Le Norme Tecniche del PTC del Parco non vietano la realizzazione di infrastrutture quali quella in progetto, tuttavia all'art. 25 comma 6 si legge che:

*ai fini di un adeguato inserimento paesaggistico, i progetto di nuove costruzioni, [...] elettrodotti, linee ferroviarie, autostrade[...] devono prevedere misure di protezione delle aree limitrofe, siano esse rappresentate da colture agricole o centri abitati, dall'inquinamento atmosferico ed acustico, realizzate preferibilmente con idonee barriere vegetali adeguatamente dimensionate”.*

### 3 CONFRONTO TRA LE ALTERNATIVE PROGETTUALI

In relazione alle considerazioni fatte nei paragrafi precedenti risulta che la configurazione alternativa consente le seguenti ottimizzazioni se confrontata con la configurazione di progetto:

- ricollocazione dell'incrocio esistente tra la linea 380 kV Turbigo – Baggio e la linea 220 kV Pallanzeno – Magenta in area non boscata;
- riutilizzo dei tracciati delle linee esistenti, evitando di interessare nuove aree, anche in relazione a quanto disposto dalla normativa tecnica del Parco del Ticino (lato Piemonte);
- mantenimento di un franco da terra maggiorato rispetto ai limiti di legge, con la possibilità di mantenere una copertura arborea di media altezza anche sotto linea, con conseguente mitigazione dell'impatto della infrastruttura elettrica.

Infatti, la configurazione alternativa prevede:

- la delocalizzazione di un tratto della linea 380 kV Turbigo – Baggio tra i sostegni 145 e 150, con riutilizzo del tracciato dell'esistente 220 kV Pallanzeno – Magenta;
- l'impiego del tracciato dell'attuale linea 380 kV Turbigo – Baggio per la localizzazione della nuova linea in CC Pallanzeno – Baggio tra i sostegni 198 e 209.

Si ricorda inoltre che gli assi sono stati sviluppati secondo gli accordi raggiunti con l'Ente Parco (in seguito a quanto disposto nel Tavolo n. 3 di concertazione), ed in particolare:

- i due nuovi assi devono ripercorrere gli stessi corridoi già oggi utilizzati dalle esistenti linee T322\_380KV\_Mercallo-Turbigo e T223\_220kV\_Pallanz-Magenta per non occupare nuove fasce di territorio in area parco;
- i sostegni devono essere posizionati avanti/indietro rispetto agli esistenti e il più possibile nelle immediate vicinanze degli stessi;
- sul lato Piemonte, i due tracciati esistenti (da riutilizzare) dovranno contenere (al fine di evitare il sovrappasso tra le due future linee) (si veda Figura 1.2-3)
  - l'asse disposto più a nord, il futuro tratto di linea relativo al 380 kV Mercallo-Turbigo
  - l'asse disposto più a sud, il futuro tratto di linea relativo a linea in CC Interconnector Pallanzeno-Baggio

Questo al fine di evitare l'incrocio oggi esistente tra T322\_380KV\_Mercallo-Turbigo che sovra passa la T223\_220kV\_Pallanz-Magenta.

Necessariamente l'incrocio (tra le tra future linee CC e 380kV T322) dovrà essere posizionato in territorio Lombardia in area non boscata (per non aggravare la situazione in Parco Ticino Lombardia).

- In area Parco, le future linee dovranno avere i conduttori ad un'altezza minima da permettere la ricostituzione di ambiti boscati sugli stessi tracciati, oggi frequentemente mantenuti con il taglio a raso perché le linee hanno conduttori molto bassi.

Inoltre per rendere l'analisi ancora più esaustiva, sono stati studiati degli indicatori ad hoc di tipo economico basati su parametri significativi in funzione del territorio attraversato, che consentissero di evidenziare le eventuali differenze tecnico/economiche associabili ai singoli tratti interessati da alternative e che di seguito vengono riportati.

### 3.1 Individuazione degli indicatori economici

Nel seguente paragrafo vengono analizzate le differenze tecnico/economiche associabili ai singoli tratti interessati da alternativa di tracciato. Come già anticipato sono stati studiati degli indicatori ad hoc di tipo economico basati su parametri significativi in funzione del territorio attraversato.

Il metodo di analisi utilizzato permette, in modo sintetico, di confrontare il rapporto di costo tra due o più soluzioni progettuali, tra loro alternative, in modo oggettivo prendendo in considerazione non solo la lunghezza del tratto (che è il parametro di raffronto più immediato, ma non esaustivo delle problematiche tecniche connesse), ma anche i parametri legati ai materiali necessari conseguenti alla variazione della complessità del tracciato, da cui scaturiscono, ad esempio, liste di sostegni che a prima vista potrebbero sembrare difficilmente confrontabili.

La difficoltà di confrontare due diverse "liste di sostegni" è tanto più accentuata quanto più è:

- morfologicamente complessa l'area interessata dai tracciati alternativi
- "tortuoso" il tracciato del tratto di linea

Questo perché sui due assi (pur di lunghezza non significativamente diversa), diventa determinante il "peso" dei sostegni in funzione delle loro differenti altezze ed angoli di deviazione linea.

I parametri significativi che vengono presi in considerazione, per i singoli tratti, sono:

1. lunghezza del tratto interessato (km di asse linea)
2. numero dei sostegni posizionato sull'asse di riferimento
3. altezza utile sostegni (intesa come altezza da terra attacco conduttore basso)
4. angolo di deviazione linea che il tracciato fa in corrispondenza del sostegno

Per due tratti di tracciato linea (alternativi tra loro) aventi:

- lo stesso livello di tensione (esempio: 380 kV);
- la stessa tipologia della linea (esempio: semplice terna);
- la stessa serie/tipologia di sostegni (esempio sostegno Serie Unificata 380 kV Semplice Terna a traliccio, conduttore Ø 31,5 mm trinato);
- lo stesso conduttore/fune di guardia (esempio: conduttore Ø 31,5 mm trinato);

la differenza di costi è direttamente proporzionale alla:

- lunghezza del tratto interessato (km di asse linea);
- numero dei sostegni posizionato sull'asse di riferimento.

La differenza di costi dovuti alla diverse altezze utilizzate è, invece, direttamente proporzionale alla differenza di peso della carpenteria necessaria per i due tracciati. Questo, facilmente intuibile, perché un sostegno più alto impiega più carpenteria e, quindi, risulta più pesante.

Analogamente, la differenza di costi dovuti alla diversa presenza di angoli deviazione linea è direttamente proporzionale alla differenza di peso della carpenteria necessaria per i due tracciati. Questo perché un angolo di deviazione di linea maggiore implica l'impiego di un sostegno più robusto (e quindi più pesante) per sopportare il maggiore carico trasversale trasmesso dai conduttori al sostegno.

Per valutare queste differenze di peso della carpenteria, si fa riferimento alla "tabella MASSA dei SOSTEGNI" della serie 380 kV ST traliccio conduttore Ø 31,5 mm trinato.

Questa tipologia di sostegno è prevista nei due assi linea (220 kV e 380kV) che dall'area di SE Verampio arriva fino a SE Pallanzeno (tabella sotto riportata) ma, in ogni caso, anche per le altre tipologie di sostegni, come ad esempio sostegno serie Alto Sovraccarico 380 kV Semplice Terna a traliccio conduttore Ø 56,26 mm singolo utilizzati dal Passo S.Giacomo fino all'area di SE Verampio), o altre tipologia di linea (ad es. doppia terna), se i due tratti di tracciato che si stanno confrontando hanno:

- lo stesso livello di tensione
- la stessa tipologia della linea
- la stessa serie / tipologia di sostegni
- lo stesso conduttore / fune di guardia

il rapporto dei pesi tra i sostegni della serie è pressoché costante.

È molto frequente, inoltre che i tratti Alternativi alla soluzione di progetto contengano molti più angoli di deviazione linea del tratto originale e per il quale si individua l'Alternativa.

Inoltre è molto probabile che su due tratti, alternativi tra loro, la diversa distribuzione dei sostegni determini la necessità di differenti altezze utili tra i sostegni stessi.

## 1 PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLA MASSA DEI SOSTEGNI

ALTEZZE (m)	MASSA (kg) (*)												
	SOSTEGNO TIPO												
	LV	NV	NT	MV	ML	PV	PL	VV	VL	VA	CA	EA	EP
12	-	-	9244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	7236	7740	10454	8816	9285	10172	11067	12550	13580	14619	-	-	35474
18	8266	8965	11304	10134	10603	11307	12202	14284	15314	16353	22823	31259	41026
21	9036	9815	12184	11003	11472	12451	13346	15312	16342	17381	25447	35038	44794
24	9835	10695	13096	11901	12370	13370	14265	16851	17881	18920	27500	37557	47340
27	10352	11607	14838	12760	13229	14466	15361	17915	18945	19984	31096	43052	52811
30	11730	13349	15660	14645	15114	16283	17178	20580	21610	22649	34807	49290	59049
33	12526	14171	16781	15684	16153	17271	18166	21507	22537	23576	37313	52288	62047
36	13403	15292	17928	16947	17416	18737	19632	23480	24510	25549	39499	55233	64992
39	14274	16439	19248	18094	18563	19791	20686	24421	25451	26490	42385	58981	68740
42	15271	17759	-	19378	19847	21293	22188	26668	27698	28737	44766	62235	71994
45	-	-	-	21493	21962	-	-	29774	30804	31843	-	-	-
48	-	-	-	24628	25097	-	-	35686	36716	37755	-	-	-
51	-	-	-	26965	27434	-	-	35609	36639	37678	-	-	-
54	-	-	-	28901	29370	-	-	37883	38913	39952	-	-	-
57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(\*) Comprensiva dell'incremento (3.5%) dovuto alla zincatura.

### 3.1.1 Considerazioni sul rapporto dei pesi tra i sostegni appartenenti alla stessa serie

Dalla tabella precedentemente riportata, sono state estratte le colonne della “Massa” relativa ai sostegni MV e CA:

- il sostegno “MV” (campata media= 400 m ; angolo deviaz.=8 °) è il sostegno di sospensione normalmente utilizzato nei tratti rettilinei o con piccoli angoli deviazione linea
- il sostegno “CA” (campata media= 400 m ; angolo deviaz.=60 °) è il sostegno di amarro normalmente utilizzato in posizioni con forti angoli di deviazione linea.

Successivamente, sono stati calcolati (vedere la tabella Prospetto riassuntivo della massa dei sostegni) tre parametri significativi :

- in colonna  $\frac{\text{massa CA}}{\text{massa MV}}$  è riportato il rapporto tra la massa del sostegno CA e la massa del sostegno MV per la stessa altezza utile; questo valore indica, a parità altezza utile, quanto il “sostegno pesante” pesa di più del “sostegno leggero”
- per il sostegno MV : in colonna  $\frac{\text{massa altezza H}}{\text{massa altezza H-1}}$  è riportato il rapporto tra la massa di due sostegni MV di altezze utili consecutive; questo valore indica quanto il sostegno MV pesa di più incrementando l’altezza utile di 3 m;
- per il sostegno CA : in colonna  $\frac{\text{massa altezza H}}{\text{massa altezza H-1}}$  è riportato il rapporto tra la massa di due sostegni CA di altezze utili consecutive; questo valore indica quanto il sostegno CA pesa di più incrementando l’altezza utile di 3 m.

LINEE 380 kV SEMPLICE TERNA CONDUTTORE Ø 31,5 mm TRINATO					
PROSPETTO RIASSUNTIVO DELLA MASSA DEI SOSTEGNI					
H.utile sostegno (m)	MASSA (kg)		massa CA / massa MV	MV : massa altezza H / massa altezza H-3	CA : massa altezza H / massa altezza H-3
	SOSTEGNO TIPO MV	SOSTEGNO TIPO CA			
15	8.816	-	-	-	-
18	10.134	22.823	2,3	1,1	-
21	11.003	25.447	2,3	1,1	1,1
24	11.901	27.500	2,3	1,1	1,1
27	12.760	31.096	2,4	1,1	1,1
30	14.645	34.807	2,4	1,1	1,1
33	15.684	37.313	2,4	1,1	1,1
36	16.947	39.499	2,3	1,1	1,1
39	18.094	42.385	2,3	1,1	1,1
42	19.378	44.766	2,3	1,1	1,1
45	21.493	-	-	1,1	-
48	24.628	-	-	1,1	-
51	26.965	-	-	1,1	-
54	28.901	-	-	1,1	-
57	-	-	-	-	-

### 3.1.2 Considerazioni sull'incremento del costo opera in funzione della differente distribuzione sostegni

La diversa distribuzione dei sostegni in un tratto di linea determina incrementi di costo dovuti a più fattori che di seguito vengono analizzati.

#### 3.1.2.1 Coefficiente di costo del tratto di linea

Il coefficiente che definisce il costo del tratto di linea ed è dato dal prodotto tra i tre coefficienti definiti nei paragrafi successivi:

- **Coefficiente costo medio sostegni** : tiene conto del “peso ponderato” che hanno i sostegni utilizzati.
- **Coefficiente costo proporzionale alla lunghezza** : tiene conto dei materiali / attività proporzionali alla lunghezza tratto
- **Coefficiente costo proporzionale al numero sostegni utilizzati** : tiene conto del numero di sostegni necessari nel tratto

##### 3.1.2.1.1 Coefficiente costo medio sostegni

Questo coefficiente contribuisce a definire il costo del tratto di linea, considerando la componente che deriva dal costo dei singoli sostegni in essa impiegati.

Per comporre questo coefficiente, risulta necessario definire i seguenti fattori:

- coefficiente di costo del singolo sostegno, a sua volta derivato da:
  - coefficiente peso sostegno;
  - coefficiente di proporzionalità altezza utile sostegno;
- numero di sostegni utilizzati nel tratto.

È esprimibile come il valore medio ponderato dei coefficienti associati ai singoli sostegni.

$$\text{Coeff. costo medio sostegni} = \frac{\sum \text{Coeff. costo singolo sostegno}}{\text{numero sostegni utilizzati nel tratto}} \quad (1)$$

Di seguito, si procede a dettagliare l'analisi di ciascuno dei fattori indicati.

#### **Coefficiente di costo singolo sostegno**

Per poter definire un coefficiente univoco di proporzionalità che tenga conto sia dell'altezza utile sostegno, che della diversa tipologia dei sostegni, si definisce il Coefficiente di costo singolo sostegno.

Questo coefficiente è definito dalla seguente formula:

$$\text{Coeff. costo singolo sostegno} = \text{Coeff. proporzionalità H. utile sostegno} \times \text{Coeff. peso sostegno} \quad (2)$$

dove:

il *Coefficiente di proporzionalità altezza utile sostegno* tiene conto delle diverse altezze utili dei sostegni (tutte le altezze utili sono rapportate alla altezza utile di 18 m).

Si assume “altezza utile di 18 m” in quanto altezza minima del sostegno presente in tutte le serie dei sostegni.

Questo coefficiente è definito dal seguente algoritmo:

$$\text{Coeff. proporzionalità H. utile sostegno} = \text{Coeff. incremento altezza sostegno } 3 \text{ m}^{\frac{H_{\text{utile}}-18}{3}} \quad (3)$$

dove il *Coefficiente peso sostegno* rappresenta l'incremento costo opera dovuto alla variazione , a parità di altezza utile sostegno, tra sostegno leggero di rettilo (sospensione) e sostegno pesante di angolo (amarro) per fornitura e montaggio, approssimabile in circa 2,3 volte il costo del sostegno leggero.

Questo ragionamento è estendibile anche alla relativa fondazione del sostegno, la cui dimensione è pressoché proporzionale agli sforzi meccanici trasmessi al sostegno dai conduttori / corde di guardia

Il rapporto di costo tra la fondazione del “sostegno pesante” di angolo (amarro) e la fondazione del “sostegno leggero” di rettilo (sospensione) è di circa 2,5.

La variazione da sostegno di sospensione a sostegno di amarro determina inoltre un incremento di costo dovuto all'aumento di fornitura materiali relativi alla morsetteria/isolatori:

- sostegno di sospensione :
  - isolatori per ogni catena sospensione tipo VDD: 84 isolatori tipo J1/3 (160 kN) → 252 isolatori / palo
  - equipaggi totali su sostegno tipo VDD (320 kN) 3 equipaggi morsetteria / palo
  
- sostegno di amarro :
  - isolatori per ogni catena amarro tipo TA : 57 isolatori tipo J1/4 (210 kN) → 342 isolatori/palo
  - equipaggi totali su sostegno tipo TA (360 kN) 6 equipaggi morsetteria / palo
  - isolatori per ogni catena sospensione tipo IR: : 21 isolatori tipo J1/3 (160 kN) → 126 isolatori / palo
  - equipaggi totali su sostegno tipo IR (160 kN) 4 equipaggi morsetteria / palo

In conclusione la variazione tra “sostegno leggero” di rettilo (sospensione) e “sostegno pesante” di angolo (amarro) determina l'incremento di costo stimabile in 2,5 volte, riferito al singolo sostegno.

È pertanto definito il        “Coeff. peso sostegno leggero”                                = 1,0  
 e il                                “Coeff. peso sostegno pesante”                                = 2,5

Anche la variazione di altezza utile di 3 m del singolo sostegno di uguale tipologia, determina un incremento di costo dovuto a un incremento della massa pari a 10%.

L'incremento di costo del singolo sostegno corrisponde a circa il 10 % ed è pressoché costante per ogni variazione di H.utile di 3 metri, indipendentemente dalla specifica H.utile o marca del sostegno (visibile confrontando i valore delle colonne relative ai sostegni MV e CA).

È pertanto definito il “Coeff. incremento altezza sostegno 3 m” = 1,1

I risultati della applicazione della formula (2) sono visibili nella tabella sotto riportata

H.utile sostegno (m)	Coefficiente incremento altezza sostegno 3 m	Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno (riferito a H.utile 18 m)	Coefficiente peso sostegno leggero	Coefficiente peso sostegno pesante	Coefficiente costo sostegno leggero (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)	Coefficiente costo sostegno pesante (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)
15	1,1	0,91	1,0	2,5	0,91	2,27
18	1,1	1,00	1,0	2,5	1,00	2,50
21	1,1	1,10	1,0	2,5	1,10	2,75
24	1,1	1,21	1,0	2,5	1,21	3,03
27	1,1	1,33	1,0	2,5	1,33	3,33
30	1,1	1,46	1,0	2,5	1,46	3,66
33	1,1	1,61	1,0	2,5	1,61	4,03
36	1,1	1,77	1,0	2,5	1,77	4,43
39	1,1	1,95	1,0	2,5	1,95	4,87
42	1,1	2,14	1,0	2,5	2,14	5,36
45	1,1	2,36	1,0	2,5	2,36	5,89
48	1,1	2,59	1,0	2,5	2,59	6,48
51	1,1	2,85	1,0	2,5	2,85	7,13
54	1,1	3,14	1,0	2,5	3,14	7,85
57	1,1	3,45	1,0	2,5	3,45	8,63

Il Coefficiente di costo del singolo sostegno tiene quindi conto contemporaneamente della differente altezza utile nonché della diversa tipologia di sostegno impiegata.

Estendendo questo concetto a tutti i pali facenti parte del tratto di linea considerato, è possibile infine definire il **Coefficiente di costo medio sostegni**, espresso dalla formula (1), enunciata in precedenza.

### 3.1.2.1.2 Coefficiente costo proporzionale alla lunghezza tratto di linea

Questo coefficiente contribuisce a definire il costo della linea rapportato alla sua lunghezza :

$$\text{Coefficiente costo proporzionale a lunghezza tratto linea} = \text{lunghezza tratto linea (espresso in km)} \quad (4)$$

### 3.1.2.1.3 Coefficiente di costo proporzionale al numero sostegni utilizzati

Questo coefficiente contribuisce a definire il costo della linea rapportato al numero dei sostegni utilizzati :

$$\text{Coefficiente costo proporzionale al numero sostegni utilizzati} = \text{numero sostegni utilizzati nel tratto} \quad (5)$$

### 3.1.3 Confronto tra la soluzione di progetto e l'attraversamento della linea a cc del Parco del Ticino lombardo (I2\_TT3)

Nelle tabelle seguenti si riportano le risultanze delle stime calcolate:

Asse di Progetto presentato							Alternativa di tracciato asse 350 kV CC Pallanzeno – Baggio						
N. sostegni con vernice segnaletica 4							N. sostegni con vernice segnaletica 4						
Numero identificativo sostegno	H.Utile sostegno (altezza condutt. basso)	Angolo deviaz. linea	Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno (riferito a H.utile 18 m)	Coefficiente "peso sostegno"	Coefficiente costo singolo sostegno (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)	Necessità di Vernice segnaletica del 1/3 superiore (per i sostegni con H.totale >60 m)	Numero identificativo sostegno	H.Utile sostegno (altezza condutt. basso)	Angolo deviaz. linea	Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno (riferito a H.utile 18 m)	Coefficiente "peso sostegno"	Coefficiente costo singolo sostegno (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)	Necessità di Vernice segnaletica del 1/3 superiore (per i sostegni con H.totale >60 m)
	(m,cm)							(°SDC)					
197	27	0,03	1,33	1,0	1,33		197	27	-3,09	1,33	1,0	1,33	
198	30	0,00	1,46	1,0	1,46		198	30	3,12	1,46	1,0	1,46	
199	27	-0,01	1,33	1,0	1,33		199	33	0,00	1,61	1,0	1,61	
200	27	0,02	1,33	1,0	1,33		200	33	0,01	1,61	1,0	1,61	
201	27	-8,13	1,33	1,0	1,33		201	33	-8,38	1,61	1,0	1,61	
202	27	-8,43	1,33	1,0	1,33		202	33	-0,50	1,61	1,0	1,61	
203	30	0,00	1,46	1,0	1,46		203	33	-3,29	1,61	1,0	1,61	
204	36	6,98	1,77	1,0	1,77		204	36	3,74	1,77	1,0	1,77	
205	48	9,33	2,59	1,0	2,59	V.segnaletica	205	51	7,87	2,85	1,0	2,85	V.segnaletica
206	51	1,51	2,85	1,0	2,85	V.segnaletica	206	51	-0,24	2,85	1,0	2,85	V.segnaletica
207	54	20,60	3,14	2,5	7,85	V.segnaletica	207	51	11,89	2,85	2,5	7,13	V.segnaletica
208	51	-6,93	2,85	1,0	2,85	V.segnaletica	208	48	0,82	2,59	1,0	2,59	V.segnaletica

Sommatorie	22,79	13,5	27,50
------------	-------	------	-------

Sommatorie	23,77	13,5	28,05
------------	-------	------	-------

Asse di Progetto presentato				Alternativa di tracciato asse 350 kV CC Pallanzeno – Baggio			
Lunghezza tratto			4,513 km	Lunghezza tratto			4,478 km
Coefficiente costo proporzionale lunghezza tratto			4,513	Coefficiente costo proporzionale lunghezza tratto			4,478
N. totale sostegni			12	N. totale sostegni			12
Coefficiente costo proporzionale a numero sostegni			12	Coefficiente costo proporzionale a numero sostegni			12
H.utile media sostegni			36,25 m	H.utile media sostegni			38,25 m
Sommatoria Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno			22,79	Sommatoria Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno			23,77
Sommatoria Coefficiente "peso sostegno"			13,50	Sommatoria Coefficiente "peso sostegno"			13,50
Sommatoria Coefficiente costo angolo sostegno			27,50	Sommatoria Coefficiente costo angolo sostegno			28,05
Coefficiente costo medio sostegno			2,29	Coefficiente costo medio sostegno			2,34
Coefficiente di costo del tratto di linea			124,11	Coefficiente di costo del tratto di linea			125,62

Il rapporto tra i "Coefficienti di costo del tratto di linea" per ciascun tratto di linea analizzato come alternativa è quindi pari a:

$$\text{Rapporto di costo tra le due soluzioni : } \frac{\text{Alternativa asse 350 kV CC Pallanzeno – Baggio}}{\text{Asse di Progetto presentato}} = \frac{125,62}{124,11} = 1,01$$

Questo significa che l'Alternativa sviluppata su Alternativa asse 350 kV CC Pallanzeno – Baggio ha "costo equivalente" alla soluzione sviluppata su Asse di Progetto presentato.

Asse esistente T.322 380 KV Mercallo-Turbigo							Delocalizzazione asse T.322 380 KV Mercallo-Turbigo						
N. sostegni con vernice segnaletica 0							N. sostegni con vernice segnaletica 1						
Numero identificativo sostegno	H.Utile sostegno (altezza condutt. basso)	Angolo deviaz. linea	Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno (riferito a H.utile 18 m)	Coefficiente "peso sostegno"	Coefficiente costo singolo sostegno (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)	Necessità di Vernice segnaletica del 1/3 superiore (per i sostegni con H.totale >60 m)	Numero identificativo sostegno	H.Utile sostegno (altezza condutt. basso)	Angolo deviaz. linea	Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno (riferito a H.utile 18 m)	Coefficiente "peso sostegno"	Coefficiente costo singolo sostegno (riferito a sostegno leggero H.utile 18 m)	Necessità di Vernice segnaletica del 1/3 superiore (per i sostegni con H.totale >60 m)
	(m,cm)												
144 esist.	18,92	0,00	1,03	1,0	1,03		144 esist.	20,00	0,00	1,07	1,0	1,07	
145 esist.	29,08	0,00	1,42	1,0	1,42		145 nuovo	39,00	7,15	1,95	1,0	1,95	
146 esist.	50,10	22,25	2,77	2,5	6,93		146 nuovo	51,00	22,41	2,85	2,5	7,13	V.segnaletica
147 esist.	44,11	7,71	2,29	1,0	2,29		147 nuovo	51,00	0,46	2,85	1,0	2,85	
148 esist.	44,33	0,00	2,31	1,0	2,31		148 nuovo	51,00	0,00	2,85	1,0	2,85	
							148bis nuovo	39,00	0,00	1,95	1,0	1,95	
149 esist.	29,01	-23,88	1,42	2,5	3,55		149 nuovo	27,00	-42,57	1,33	2,5	3,33	
150 esist.	49,09	-19,86	2,69	2,5	6,71		150 nuovo	49,00	-1,22	2,68	1,0	2,68	
151 esist.	30,96	0,00	1,51	1,0	1,51		151 esist.	31,00	0,00	1,51	1,0	1,51	
Somatorie			15,44	12,5	25,75		Somatorie			19,04	12,0	25,32	

Asse esistente T.322 380 KV Mercallo-Turbigo				Delocalizzazione asse T.322 380 KV Mercallo-Turbigo					
Lunghezza tratto				3,261 km	Lunghezza tratto				3,303 km
Coefficiente costo proporzionale lunghezza tratto				3,261	Coefficiente costo proporzionale lunghezza tratto				3,303
N. totale sostegni				8	N. totale sostegni				9
Coefficiente costo proporzionale a numero sostegni				8	Coefficiente costo proporzionale a numero sostegni				9
H.utile media sostegni				36,95 m	H.utile media sostegni				39,78 m
Sommatoria Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno				15,44	Sommatoria Coefficiente proporzionalità H.utile sostegno				19,04
Sommatoria Coefficiente "peso sostegno"				12,50	Sommatoria Coefficiente "peso sostegno"				12,00
Sommatoria Coefficiente costo angolo sostegno				25,75	Sommatoria Coefficiente costo angolo sostegno				25,32
Coefficiente costo medio sostegno				3,22	Coefficiente costo medio sostegno				2,81
Coefficiente di costo del tratto di linea				83,98	Coefficiente di costo del tratto di linea				83,63

Il rapporto tra i "Coefficienti di costo del tratto di linea" per ciascun tratto di linea analizzato come alternativa è quindi pari a:

$$\text{Rapporto di costo tra i due assi : } \frac{\text{Alternativa delocalizz. T.322 380 KV Mercallo-Turbigo}}{\text{Asse esistente T.322 380 KV Mercallo-Turbigo}} = \frac{83,63}{83,98} = 1,00$$

Questo significa che l'Alternativa sviluppata per la delocalizz. T.322 380 KV Mercallo-Turbigo ha "costo equivalente" alla soluzione analizzata su Asse esistente T.322 380 KV Mercallo-Turbigo.

In realtà, considerando che la linea T.322 è già esistente in area del Parco del Ticino, questi costi si sommano, per intero ai costi già analizzati per l' Alternativa asse 350 kV CC Pallanzeno – Baggio.

Per le motivazioni sopra esposte, il costo complessivo della Alternativa nell'Area protetta Parco del Ticino (I2\_TT3) sono da calcolarsi come :

$$\text{Alternativa Area Parco Ticino} = \frac{\text{Altern.350kV CC} + \text{delocalizz. T.322 380KV}}{\text{Asse di Progetto presentato}} = \frac{125,62+83,63}{124,11} = 1,69$$

Questo significa che l'Alternativa sviluppata per la risistemazione delle linee nell'area protetta Parco del Ticino costa circa 1,7 volte la soluzione già sviluppata su Asse di Progetto presentato.

#### **4 CONCLUSIONI**

Dalle analisi effettuate si ritiene che la configurazione alternativa, proposta dall'Ente Parco, dal punto di vista degli elementi di carattere territoriale e ambientale risulta essere nel complesso migliorativa, soprattutto in ragione del fatto che non vengono interferite altre aree all'interno dell'area protetta e vengono, invece, sfruttati e razionalizzati i corridoi esistenti, di contro dal punto di vista degli elementi tecnico/economici la soluzione alternativa ha un costo pari a 1,7 volte la soluzione di progetto.

## 5 BIBLIOGRAFIA

### *Pubblicazioni*

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Po (PAI)

Piano di Difesa dalle Alluvioni del Bacino del Po

Piano Territoriale del Parco del Ticino Lombardo

Piano Territoriale del Parco del Ticino Piemontese

Piano di Gestione forestale del Parco del Ticino Piemontese

### *Siti web*

<http://www.regione.lombardia.it/>

<http://www.regione.piemonte.it/>

<http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

<http://www.geoportale.piemonte.it/>

<http://www.adbpo.it/>

<http://ente.parcoticino.it/>

<http://www.parcoticinolagomaggiore.it/>