

Il Nodo di Camorino

Autor(en): **Bühler, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica =
Swiss review of architecture, engineering and urban planning**

Band (Jahr): - **(2009)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-134286>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Il Nodo di Camorino

Thomas Bühler*

Contesto generale

L'impianto ferroviario di collegamento tra il portale nord della galleria di base del Ceneri e la linea ferroviaria esistente prende il nome di «Nodo di Camorino».

I lavori iniziati nel 2006 rappresentano una prima parte di un complesso ferroviario a forma di croce il cui asse est-ovest è il collegamento Bellinzona-Locarno/Luino mentre l'asse sud-nord è quello della Galleria di base del Ceneri e del previsto futuro attraversamento del Piano di Magadino in direzione nord.

La soluzione ai complessi problemi posti dagli incroci e collegamenti delle linee ferroviarie ha condizionato la riorganizzazione totale della rete stradale, in particolare con la messa in sottopasso della strada cantonale a quattro corsie che dallo svincolo autostradale di Bellinzona sud si dirige verso Locarno e della rete dei canali di smaltimento delle acque di superficie (Fig. 2).

Il Nodo di Camorino non è dunque da ridurre ad un solo e complesso progetto di infrastruttura ferroviaria ma si configura anche come opera con effetti stradali ed idraulici. In tal senso trovano applicazione molteplici discipline dell'ingegneria civile.

Opere principali

I principali manufatti a cielo aperto previsti nell'ambito del Nodo di Camorino sono i seguenti (Fig. 3):

1. portale monobinario e portale a due binari costituenti il «portale nord» della galleria di base;
2. viadotto ferroviario ad un binario per la direzione Lugano-Bellinzona della lunghezza di 1 km circa;
3. messa in sottopasso della Via Lischee al fine di garantire il transito veicolare sotto le bretelle ferroviarie Bellinzona-Lugano e Locarno-Lugano;
4. edificio della tecnica ferroviaria con una volumetria LxBxH pari a ca. 110 m x 12 m x 6 m.
5. bretella ferroviaria di collegamento Locarno-Lugano. Questo intervento, richiesto e finan-

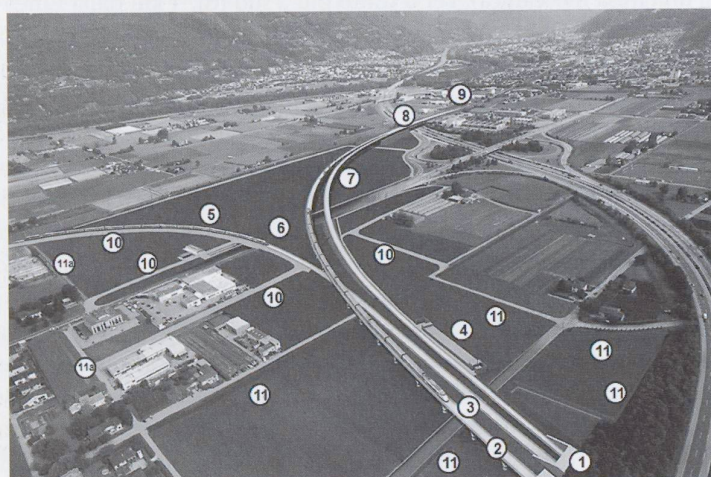
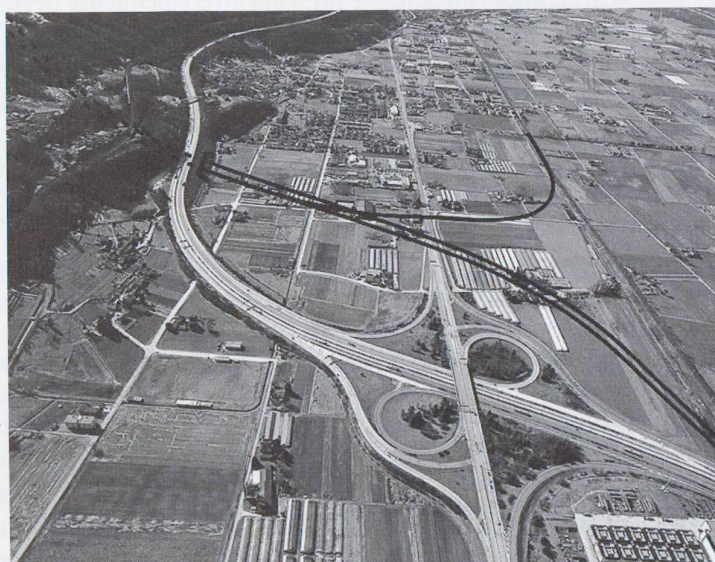


Fig. 1 – Il Nodo di Camorino nel contesto della Galleria di base del Ceneri
 Fig. 2 – Ubicazione nel territorio del portale nord della Galleria di base del Ceneri e delle bretelle principali del Nodo di Camorino
 Fig. 3 – Fotomontaggio delle principali opere del Nodo di Camorino

ziato dal Canton Ticino, è di fondamentale importanza all'interno del progetto TILO. Lugano e Locarno disteranno poco più di 20 minuti, ciò che rappresenta un dimezzamento degli attuali tempi di percorrenza;

6. sottopasso strada cantonale della lunghezza complessiva di circa 400 m di cui ca. 80 m a sezione chiusa che permetterà di accogliere i futuri binari dell'attraversamento del Piano di Magadino;
7. viadotto ferroviario ad un binario per la direzione Bellinzona-Lugano della lunghezza di 400 m circa;
8. cavalcavia ferroviario sulla A2 a 4 binari della lunghezza di 100 m circa che sostituirà l'attuale manufatto a 2 binari che sarà demolito;
9. raddoppio del numero dei binari (da 2 a 4) sulla tratta tra l'autostrada A2 e la stazione di Giubiasco su una distanza di ca. 1,3 km. L'allargamento del rilevato ferroviario è accompagnato dal rifacimento di diversi manufatti tra cui l'attuale ponte sulla Morobbia che sarà smantellato e sostituito con un nuovo manufatto che potrà accogliere 4 binari anziché i 2 attuali;
10. riorganizzazione della rete stradale locale;
11. riorganizzazione della rete attuale dei canali di superficie.

In questo contesto va segnalata la realizzazione del cosiddetto «canale fuggatore» (Fig. 11a) che risolverà la problematica preesistente al progetto AlpTransit dello smaltimento delle acque meteoriche nell'intero comprensorio ed in particolare nell'area residenziale di S. Antonino (Quartiere Nosetto). Questo canale, eseguito a cielo aperto a nord della strada cantonale e a sezione chiusa a sud della stessa, rappresenta uno stramazzone della rete di canali esistenti, rispettivamente modificati nell'ambito del progetto AlpTransit. Nel caso di eventi alluvionali eccezionali permetterà di scongiurare appunto fenomeni di esondazione (conosciuti da decenni) nei quartieri abitati e nella zona industriale.

L'area interessata dai lavori del Nodo di Camorino si estende su 2,5 km in direzione est-ovest e 1,0 km in direzione nord-sud per una superficie di ca. 500 000 m².

Condizioni geologico-geotecniche ed idrogeologiche. Condizioni di fondazione su terreni cedevoli: problematica degli assestamenti e rilevati di precarico.

I sedimenti fluviali e lacustri del Piano di Magadino raggiungono la profondità di 200 m. Di fronte al portale nord della gbc, dopo uno strato ghiaioso superficiale di 6-8 m, si alternano for-

mazioni di limo sabbioso, in parte di matrice organica, particolarmente cedevoli (Fig 4).

A sud della strada cantonale il progetto ferroviario necessita della realizzazione di un rilevato largo fino a 30 m e lungo fino a 600 m dello spessore variabile da 2 fino a 4 m nella zona dei portali. Questo causerà cedimenti importanti che si estenderanno su una larghezza di 100 m e raggiungeranno un massimo di ca. 80 cm al centro del rilevato rispettivamente della deformata.

Al fine di poter padroneggiare questi fenomeni ed in vista dell'esecuzione di importanti manufatti quali i viadotti, l'esecuzione dei rilevati è prevista con un supplemento (precarico) di ca. 2 m e con l'estensione laterale provvisoria oltre l'ingombro definitivo (Fig. 5 e 6).

L'anticipo dei rilevati di precarico, di circa 3 anni, rispetto all'esecuzione dei manufatti permetterà di dissipare anticipatamente i cedimenti e di contenere gli effetti residui, quantificati in alcuni centimetri, ad un livello tollerabile per l'esecuzione dei viadotti.

I calcoli dei cedimenti hanno potuto essere calibrati sugli studi elaborati per la realizzazione negli anni '70 dell'attigua autostrada che si trova su terreni altrettanto cedevoli.

I cedimenti, sia quelli locali sia quelli su larga scala, sono monitorati grazie ad un controllo periodico di punti ubicati su una densa rete di misurazione. L'entità e lo sviluppo temporale delle deformazioni del sottosuolo dovute ai rilevati di precarico forniscono importanti informazioni per la progettazione delle future opere.

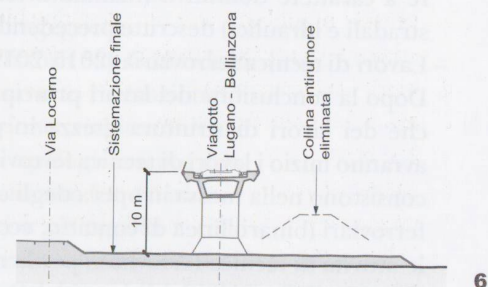
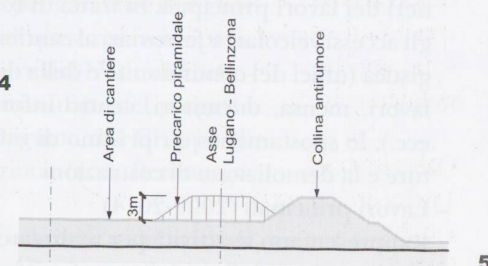
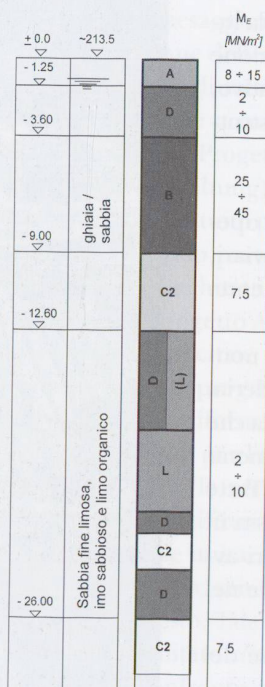


Fig. 4 - Stratigrafia geologica tipica, con presenza di formazioni limo-sabbiose cedevoli

Fig. 5 - Area antistante i portali: rilevati di precarico nella fase di cantiere (sezione tipo)

Fig. 6 - Area antistante i portali: sistemazione finale (sezione tipo)

Oltre ad un monitoraggio dei cedimenti in superficie si procede pure, tramite l'installazione di estensimetri multibase profondi fino a circa 30 m, alla misurazione dei cedimenti a varie profondità e in corrispondenza di diverse stratificazioni geologiche. Con tale monitoraggio è possibile identificare gli strati più cedevoli e l'entità delle deformazioni profonde al fine di ottimizzare ad esempio la progettazione e realizzazione delle opere di fondazione dei viadotti.

Le quote freatiche massime nel comprensorio di Camorino possono essere considerate coincidenti con il piano campagna mentre nell'area di Giubiasco si situano ad alcuni metri di profondità. Di conseguenza a ovest della A2 i manufatti da realizzare sono ubicati in falda.

Programma dei lavori

La lunga e impegnativa fase procedurale, iniziata con la pubblicazione del progetto nel 2003 e proseguita con l'ottimizzazione pubblicata nel 2004, è confluita nell'approvazione federale (DA-TEC) dei piani dell'ottobre 2005.

Questo iter ha permesso di soddisfare in larga misura sia le esigenze istituzionali sia quelle dei singoli privati. I lavori hanno così potuto iniziare nell'aprile 2006.

L'esecuzione delle opere può essere concettualmente e dal punto di vista della tempistica suddivisa in 3 fasi:

– Lavori preliminari (2006-2008)

Consistono essenzialmente in interventi di carattere provvisorio per la preparazione dei cantieri dei lavori principali. Si tratta di realizzare gli accessi veicolari e ferroviari al cantiere, la logistica (uffici del committente e della direzione lavori, mensa, dormitori, centro informativo, ecc.), lo spostamento e ripristino di infrastrutture e la demolizione di costruzioni.

– Lavori principali (2009-2014)

Rappresentano le attività per realizzare le opere a carattere definitivo (manufatti ferroviari, stradali e idraulici) descritte precedentemente.

– Lavori di tecnica ferroviaria (2015-2019)

Dopo la conclusione dei lavori principali nonché dei lavori di struttura grezza in galleria, avranno inizio i lavori di tecnica ferroviaria che consistono nella messa in opera degli elementi ferroviari (binari, linea di contatto, ecc.). Tutte le attività di tecnica ferroviaria per la messa in esercizio della Galleria di base del Ceneri avverranno a partire da installazioni ubicate nel Nodo di Camorino

La messa in esercizio della Galleria di base del Ceneri è prevista per la fine del 2019.

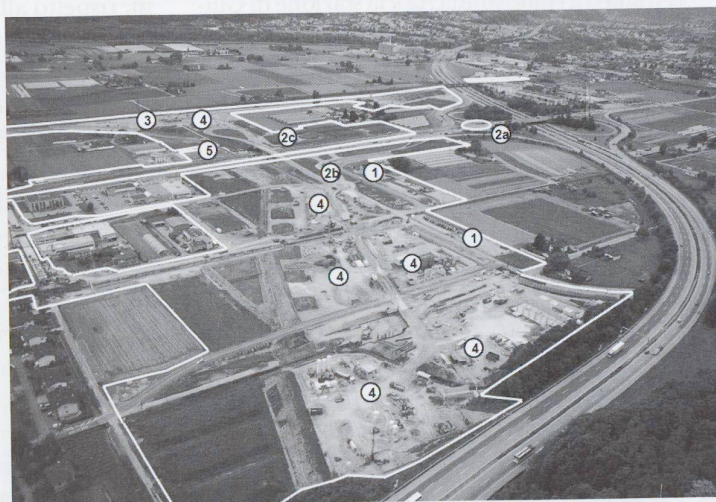
Preventivo dei costi

I costi complessivi (tecnica ferroviaria esclusa) per la realizzazione della Galleria di base del Ceneri si aggirano attorno a 2,2 Mia CHF (base dei costi settembre 2005, IVA esclusa). In questo importo sono previsti ca. 300 Mio CHF per l'esecuzione delle opere del Nodo di Camorino.

Stato dei lavori

I lavori preliminari, iniziati nell'aprile 2006 e conclusi da poco, hanno permesso di realizzare le seguenti opere più significative a carattere prevalentemente provvisorio:

1. logistica di cantiere con la realizzazione di adeguati uffici e infrastrutture per gli addetti ai lavori nonché di un centro informativo;



7



8

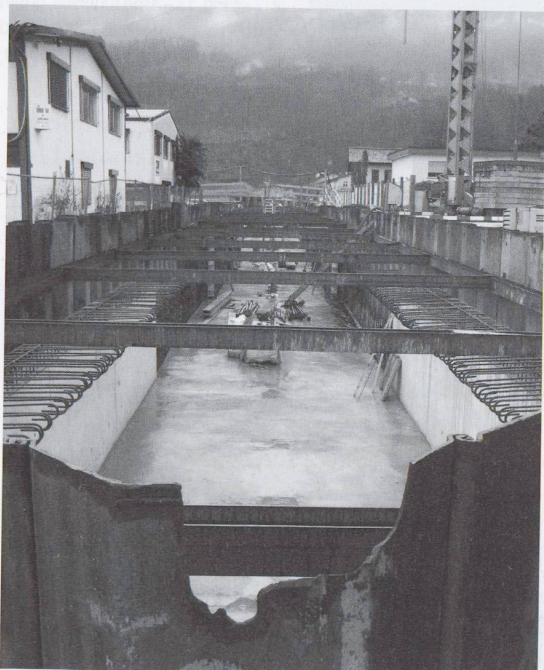
Fig. 7 – Stato dei lavori, giugno 2009

Fig. 8 – Sedime per lo spostamento provvisorio della strada cantonale (a destra) e sedime della strada cantonale lungo il quale verrà realizzato il nuovo sottopasso (a sinistra)

Fig. 9 – Canale fuggatore: esecuzione del tratto coperto al confine tra Camorino (a sinistra) e S. Antonino (a destra)

2. accessi stradali: per evitare un carico supplementare delle strade esistenti e per migliorare la gestione del traffico da e per il cantiere sono state realizzate nuove opere viarie tra le quali due grandi rotatorie (di cui una sulla strada cantonale a ovest dello svincolo A2, vedi punto 2a in figura 7 ed una nella zona nevralgica all'interno del cantiere, vedi punto 2b in figura 7) ed un cavalcavia provvisorio (vedi punto 2c in figura 7) che permette di collegare i cantieri a nord e a sud della strada cantonale sprovvista prima dell'inizio dei lavori di un adeguato soprappassaggio della stessa;
3. accessi ferroviari: è stato realizzato un binario ferroviario provvisorio di raccordo che permetterà di garantire il rifornimento del cantiere in particolare per quanto concerne gli inerti per la produzione di calcestruzzo;
4. realizzazione delle aree di cantiere per i lavori principali a cielo aperto e per i lavori di galleria in concomitanza con la messa in opera dei cosiddetti rilevati di precario: le aree e rilevati sono stati realizzati reimpiegando grandi quantitativi di materiale di scavo proveniente principalmente da altri cantieri del progetto AlpTransit;
5. spostamento provvisorio della strada cantonale a ovest dello svincolo A2: per garantire l'inizio dei lavori del nuovo sottopasso della strada cantonale è stato necessario deviare il traffico su un tratto stradale alternativo di carattere provvisorio.

A fine maggio 2009 è stato messo in esercizio



questo nuovo tratto stradale che garantirà il transito dei veicoli con i medesimi standard stradali della vecchia strada cantonale fino al 2013, allorché il traffico tornerà definitivamente nel sottopasso che sarà nel frattempo costruito sull'ex sedime stradale (Fig. 8).

Nel 2009 sono entrati nel vivo anche i lavori di galleria ed i lavori principali delle opere a cielo aperto.

Dall'autunno 2008 si sono progressivamente installati i lotti di galleria che si occuperanno dello scavo di controavanzamento in galleria da Vignana verso sud, dello smaltimento del materiale di scavo e del trattamento delle acque.

Per quanto concerne le opere a cielo aperto sono iniziati i lavori per la realizzazione del canale fuggatore (Fig. 9) e per la realizzazione dei primi manufatti ferroviari, stradali ed idraulici sul comprensorio di Camorino-S. Antonino.

Ad inizio maggio 2009 hanno inoltre avuto inizio i lavori sul territorio di Giubiasco per l'allargamento del rilevato ferroviario.

Da poco sono iniziate pure le attività legate all'esecuzione del nuovo sottopasso della strada cantonale e del nuovo cavalcavia sopra la A2.

Ad oggi i programmi dei lavori sono stati pienamente rispettati.

Consulenza architettonica alla progettazione e assistenza allo sviluppo esecutivo delle opere

Il Gruppo di Consulenza alla Progettazione

Nell'ambito della consulenza architettonico-paesaggistica AlpTransit lavora a stretto contatto con esperti cantonali ed esterni per garantire il miglior inserimento paesaggistico di questa grande opera. La progettazione delle opere del Nodo di Camorino, così come di tutti i manufatti del progetto AlpTransit, viene accompagnata dal Gruppo di Consulenza alla Progettazione (BGG: Beratungsgruppe für Gestaltung).

Del gruppo, costituito per volontà e su incarico di AlpTransit, fanno parte professionisti del ramo, in particolare architetti ed ingegneri.

L'unicità del progetto AlpTransit San Gottardo si deve infatti esplicitare attraverso l'attuazione di un concetto di progettazione architettonico e paesaggistico uniforme e tipologicamente coerente ed unitario per l'intero asse ferroviario.

In questo senso le sezioni e gli oggetti a cielo aperto sono pianificati e realizzati secondo un'idea progettuale unitaria, in grado tuttavia di rispondere in modo sempre puntuale alle particolarità del contesto. Tale principio deve tener conto sia delle limitate condizioni finanziarie sia di un rigoroso confronto con l'economia di spazio.

Grande attenzione impone la percezione dell'utente dentro e fuori dal treno, così come il valore turistico e il significato pubblico di questo investimento epocale. Da questa premessa si rivelano le idee progettuali per le tratte a cielo aperto. Portali, ponti, sottopassi, muri di sostegno si ripropongono lungo la nuova linea ferroviaria formando un insieme omogeneo: le loro sezioni, riferite ad un'unica matrice, si modificano fluendo l'una nell'altra. Con rilevati, trincee, scarpate pertinenti al tracciato ferroviario a cielo aperto si rifondano intere parti di paesaggio.

Applicazioni al Comparto Nodo di Camorino

Lo spazio coinvolto al portale Nord della Galleria di base del Ceneri si focalizza, nella prima fase dei lavori AlpTransit, fra Camorino e S. Antonino: servizi, industrie, abitazioni e agricoltura intensiva se lo contendono (Fig. 10). Su quest'area, confluenza delle nuove linee ferroviarie realizzate a tappe, il Cantone prevede una nuova stazione ferroviaria (cfr. Piano Direttore cantonale): il centro modale sarà logicamente all'origine di un forte sviluppo urbano. Anche se restano ancora sospesi molti aspetti pianificatori, il condizionamento delle nuove linee ferroviarie è perentorio.

La linea principale da e per Bellinzona e il collegamento Lugano-Locarno saranno realizzati in ampia misura su viadotto (Fig. 11), così da mantenere aperte le possibilità di sviluppo planovolumetrico, di destinazione d'uso, di relazioni di viabilità e visive. La «Direttissima» intesa come proseguimento della linea veloce a nord della Galleria di base del Ceneri, con un tracciato a raso e destinata ad attraversare il fiume Ticino così come il Piano di Magadino, sarà realizzata in un secondo tempo. Elementi altrettanto importanti dell'attività di progettazione architettonica sono i portali della Galleria di base del Ceneri (Fig. 12).

Interventi di carattere ambientale

L'esecuzione dei lavori così come l'incidenza sul territorio delle opere definitive vengono accompagnate da interventi di carattere ambientale. Queste misure svolgono la loro funzione in relazione a diversi effetti sull'ambiente, tra i quali ad esempio l'aria, le acque di falda e quelle superficiali, il suolo, la flora e la fauna, i rumori e le vibrazioni così come l'agricoltura.

Con un'adeguata pianificazione delle misure ambientali si vuole ricostruire e migliorare il paesaggio creando un mosaico di ambienti ruderali (Fig. 13), xerici, umidi e vari cespuglieti interconnessi tra loro, a compensazione degli impatti prodotti dalla costruzione delle opere AlpTransit.

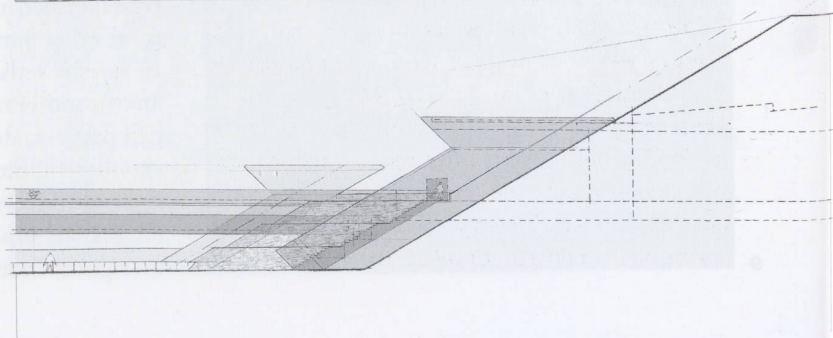
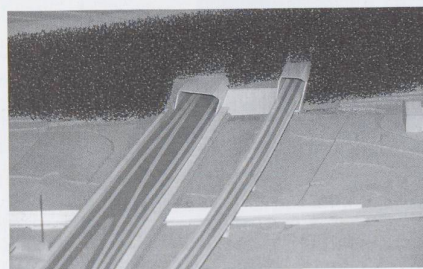
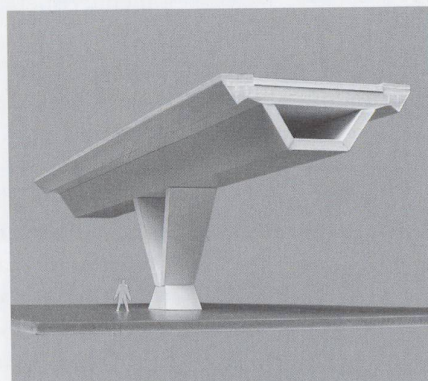
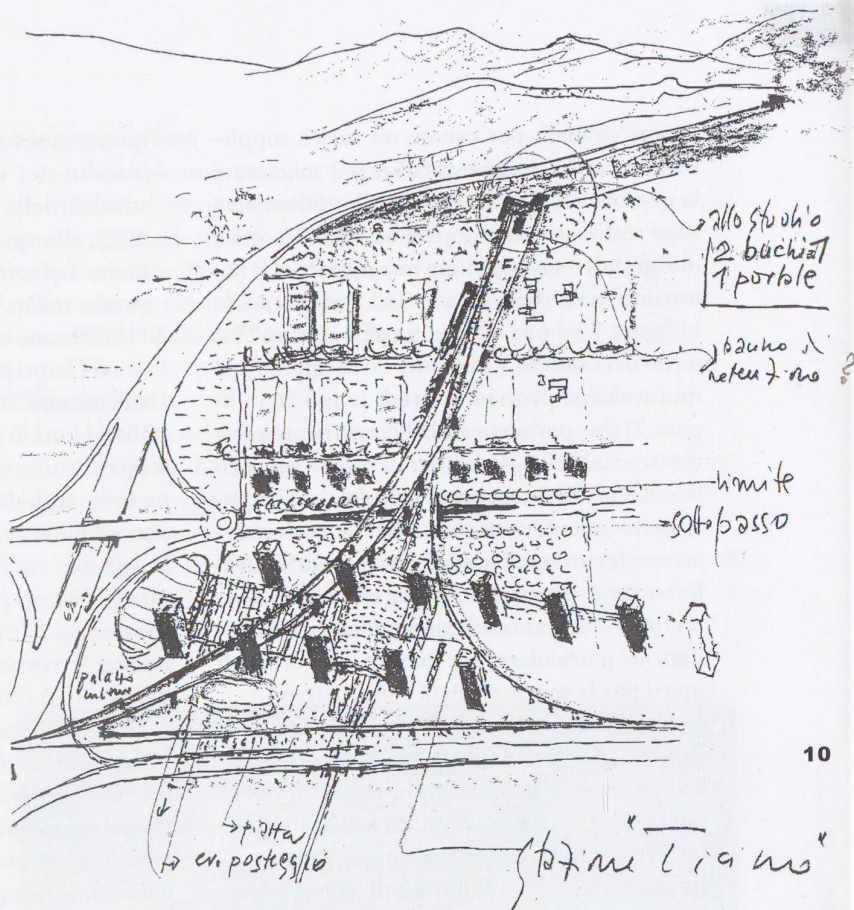


Fig. 10 - Ipotesi di sviluppo urbano
 Fig. 11 - Viadotto Lugano-Bellinzona, modello di studio della sopra-struttura
 Fig. 12 - Portali della Galleria di base del Ceneri: modello di studio e vista
 Fig. 13 - Area ruderale, di carattere provvisorio, realizzata ai margini del cantiere
 Fig. 14 - Biotopo di carattere provvisorio a Giubiasco



13



14

Inoltre si vuole che il Nodo di Camorino mantenga le relazioni con gli ambienti naturali circostanti.

Si possono così distinguere misure per la salvaguardia di ambienti pregiati (come ad esempio la valorizzazione di piantagioni esistenti), misure di ripristino tese a ristabilire al più presto la situazione precedente a un intervento con incidenza territoriale (come ad esempio la ricostituzione del biotopo a Giubiasco temporaneamente soppresso per esigenze di cantiere, Fig. 14) e misure intese a migliorare la situazione originaria (come ad esempio la valorizzazione naturalistica di rialli). Altre misure sono invece integrate in forma generale nel progetto (come ad esempio le procedure per la movimentazione della terra vegetale o per l'abbattimento delle polveri).

Le misure ambientali a carattere definitivo saranno gestite per una durata di 5 anni a partire dal termine della loro costruzione.

Cosciente della propria responsabilità ambientale, AlpTransit ha pure introdotto sui propri cantieri la figura del «generalista ambientale», braccio destro della direzione locale dei lavori, che sorveglia tutti gli aspetti relativi all'ambiente.

Descrizione del progetto e dell'esecuzione di due tra i manufatti più caratteristici: il viadotto Lugano-Bellinzona e il cavalcavia sulla A2

Cavalcavia sopra l'autostrada A2: Descrizione del manufatto e aspetti realizzativi

Il manufatto in calcestruzzo armato precompresso è composto da due impalcati con una lunghezza totale di 105 m ed una luce massima, quella centrale, di 38 m (Fig. 15 e 16). Gli impalcati sono separati da un giunto longitudinale continuo e sostenuti da apparecchi di appoggio. Gli appoggi sulle pile sono fissi in direzione longitudinale, al fine di realizzare un'azione di telaio che consente di riprendere le forze di frenata e di stacco del traffico ferroviario. I fenomeni di allungamento e accorciamento dell'impalcato rendono superflui, in ragione della lunghezza di dilatazione limitata a meno di 90 m, la dilatazione dei binari.

La piattabanda è provvista di giunti di dilatazione in corrispondenza delle spalle, indispensabili in ragione del procedimento esecutivo scelto.

Il passaggio tra manufatto e rilevato richiede la realizzazione di strutture di transizione alla spalla che consentano di limitare l'entità e gli effetti degli assestamenti generati dai nuovi rilevati costruiti ad est e ad ovest della A2. Esse sono costituite da strutture a cassone in calcestruzzo armato a pianta trapezoidale inserite nei rilevati. La loro lunghezza varia sul lato est tra 15 e 27 m, sul lato ovest tra 22 e 38 m.

Le difficoltà principali di costruzione del manufatto conseguono dal vincolo di dover operare a fianco della linea ferroviaria esistente in esercizio e al di sopra dell'autostrada A2 pure aperta al traffico. Per la vicinanza allo svincolo autostradale di Bellinzona sud il fascio stradale presenta 4 corsie di transito, 2 d'emergenza e 4 di entrata-uscita per un totale di 10 corsie.

Il progetto prevede l'impiego di una centina sopraelevata a trave continua su tre campate che con il varo dal rilevato ovest permette di minimizzare il disturbo al traffico autostradale.

Le strutture secondarie, il piano di lavoro ed il cassero, vengono prefabbricate e successivamente sospese alla centina principale di notte quando possono essere predisposti i necessari restringimenti delle corsie autostradali.

Dopo la costruzione, la prima metà del manufatto viene abbassata alla quota di progetto e preparata a ricevere il tracciato provvisorio della linea ferroviaria con la posa dell'inghiaia e i binari. Segue la traslazione della centina fuori dal profilo ferroviario e la deviazione sul nuovo manufatto della linea ferroviaria esistente.

In seguito avviene la demolizione del ponte esistente, la traslazione del primo manufatto con lo spostamento della linea ferroviaria su quest'ultimo ed infine la costruzione, abbassamento e traslazione della seconda metà del manufatto (Fig 17).

Con il sistema sopraesposto e le previste traslazioni, la stessa centina viene impiegata per ambedue le metà del manufatto. A lavori ultimati viene ritirata sul sedime da dove fu varata.

Viadotto Lugano-Bellinzona

Il viadotto a binario unico Lugano-Bellinzona assicura l'allacciamento della Galleria di Base del Ceneri alla linea esistente Bellinzona-Locarno e consente di scavalcare i binari della futura linea AlpTransit attraverso il Piano di Magadino e della linea Locarno-Lugano (Fig 18).

Ha una lunghezza complessiva di 1010 m e la quota binari si situa ad un'altezza di circa 10 m sopra il livello del terreno per una luce minima di ca. 7 m sopra le sottostanti linee.

Il tratto centrale è caratterizzato dalla necessità di scavalcare una lunghezza massima di 62 m.

L'impalcato presenta una sezione scatolare in calcestruzzo armato precompresso con larghezza 9.30 m e altezza pari a ca. 3 m (Fig 19).

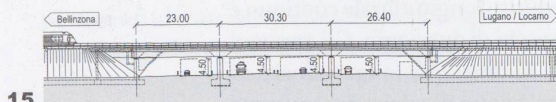
La suddivisione del viadotto in 10 settori, da due rispettivamente tre campate, della lunghezza massima di 130 m (con l'eccezione del settore centrale di 152 m) è scaturita dallo studio di approfondimento della problematica dell'interdipendenza tra il comportamento della struttura portante e quello della sovrastruttura ferroviaria composta dall'inghiaiata e dai binari che si vogliono continui, senza apparecchi di dilatazione per le rotaie.

È infatti noto che gli apparecchi di dilatazione dei binari sono elementi di disturbo per l'esercizio in quanto:

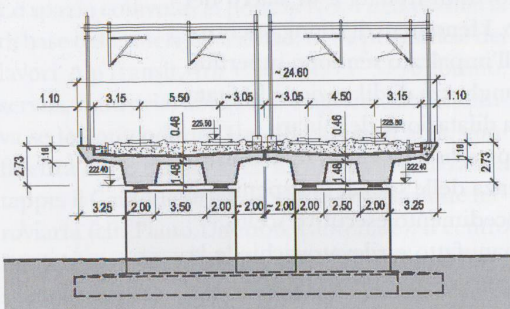
- presentano un rischio di disfunzione molto elevato;
- necessitano un controllo e una manutenzione ragguardevoli (in caso di danneggiamento viene compromessa l'operatività di un importante tratto ferroviario);
- hanno dei costi di costruzione elevati;
- vanno disposti, tranne eccezioni, su tratti rettilinei; (al di fuori di tracciati planimetricamente curvi e/o altimetricamente arrotondati).

La curvatura planimetrica e dell'arrotondamento verticale del viadotto Lugano-Bellinzona ha reso imperativa una soluzione senza dilatazione (nelle rotaie), ma con giunti di espansione nel manufatto che, a loro volta, non creano sovrasollecitazioni nelle rotaie.

Di conseguenza è stato scelto il sistema statico a due rispettivamente tre campate visto che permette di soddisfare gli elevati requisiti di rigidezza e scavalcare anche la luce della campata centrale di 62 m. Le altre 22 campate hanno lunghezze variabili tra i 42 m e 46 m.



15



16

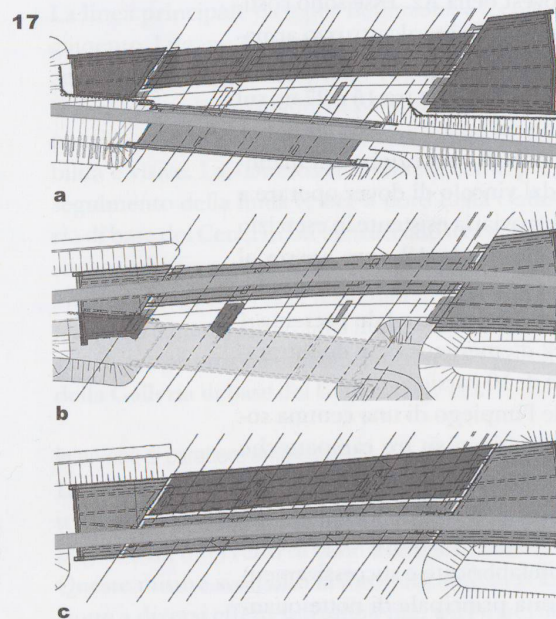
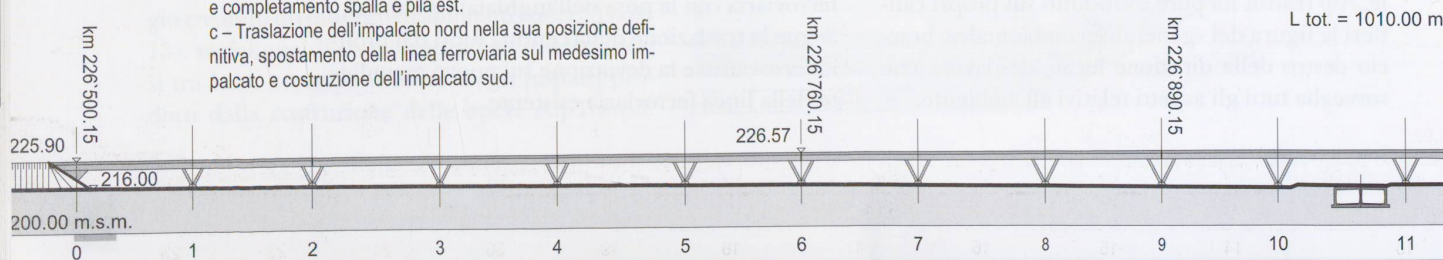


Fig. 15 - Nuovo cavalcavia sulla A2, sezione longitudinale
 Fig. 16 - Nuovo cavalcavia sulla A2, sezione trasversale
 Fig. 17 a - Costruzione delle spalle e pile est (parziale) e ovest, realizzazione dell'impalcato nord nella posizione provvisoria.
 b - Spostamento della linea ferroviaria sull'impalcato nord nella posizione provvisoria, demolizione del ponte esistente e completamento spalla e pila est.
 c - Traslazione dell'impalcato nord nella sua posizione definitiva, spostamento della linea ferroviaria sul medesimo impalcato e costruzione dell'impalcato sud.



Alla classica concezione di impalcato portato da pile verticali è stata preferita quella di pile con puntoni inclinati che permettono di:

- coinvolgere l'impalcato nell'assorbimento delle forze di accelerazione e frenata grazie all'effetto telaio;
- limitare gli spostamenti in corrispondenza dei giunti di dilatazione;
- ridurre ad un minimo le deformazioni dell'impalcato.

L'impostazione del viadotto si distingue inoltre per gli elementi di appoggio delle pile, indispensabili per poter sollevare (complessivamente e in più fasi) di ca. 10 cm l'impalcato a compenso degli inevitabili assestamenti residui dettati dalle scadenti caratteristiche geotecniche del sottosuolo.

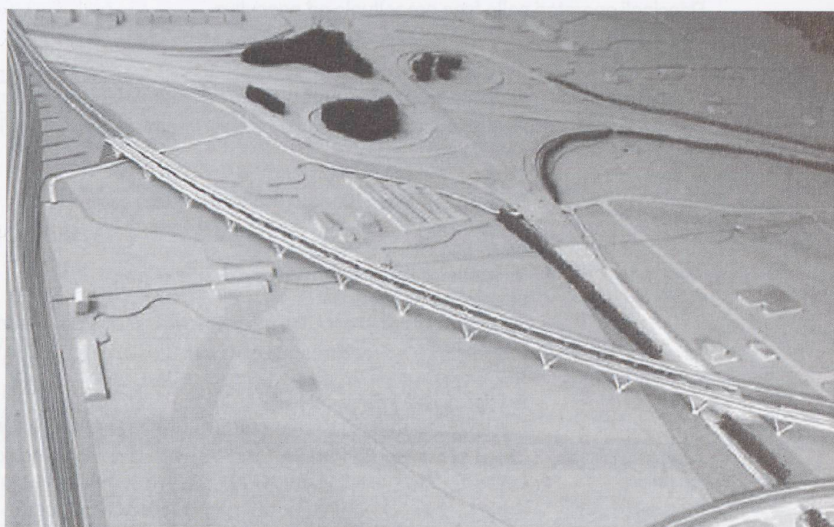
Le condizioni di fondazione dei viadotti sono particolarmente difficili in quanto:

- il sottosuolo presenta strati limosi cedevoli (in parte organici) con $ME = 3'000 \text{ kN/m}^2$;
- le caratteristiche geotecniche, tendenzialmente, peggiorano con la profondità;
- agli assestamenti delle fondazioni dovuti al peso proprio del manufatto sono da sovrapporre gli assestamenti residui dovuti al carico dei rilevati attigui. Va infatti sottolineato come i rilevati contribuiscono agli assestamenti del manufatto con 5-8 cm (entità contenuta, grazie al fatto che i rilevati vengono realizzati con un anticipo di 3-4 anni per cui ca. l'85 % delle deformazioni si genera prima della realizzazione del manufatto).

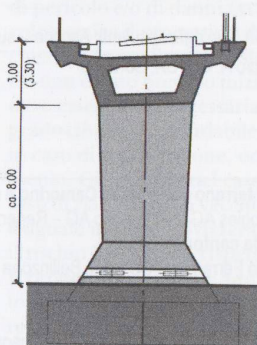
L'eccezionalità della situazione geotecnica come pure l'interconnessione tra le opere di rilevato e quelle strutturali (quali sottopassi e viadotti) ha richiesto un'accresciuta attenzione al rispetto delle elevate esigenze di funzionalità della linea ferroviaria (stabilità della livelletta del binario).

L'obiettivo posto alla progettazione è stato quello di individuare un'impostazione realizzativa e un sistema di fondazione che presenti un minimo di assestamenti residui e assestamenti differenziali, questo in generale, dopo la realizzazione della struttura e successivamente dell'inghiaiata e, in particolare, dopo la messa in esercizio del binario.

La minimizzazione degli assestamenti residui permette di contenere il numero ed il costo degli interventi di rimessa in quota (sollevamento) dell'impalcato tramite gli appoggi speciali di cui si è detto. La soluzione scelta prevede la superposizione di due sistemi di consolidamento del terreno:



18



Il viadotto Lugano-Bellinzona
Fig. 18 - Il contesto dell'opera, modello di studio
Fig. 19 - Sezione dell'impalcato e delle pile
Fig. 20 - Profilo longitudinale

19

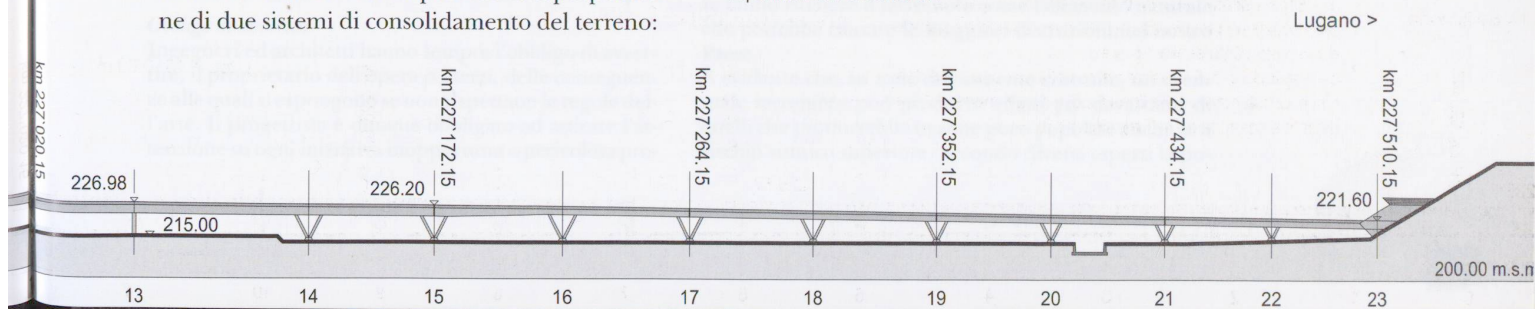
- l'esecuzione di rilevati di precarico piramidali specifici per le singole fondazioni (Fig. 5);
- la realizzazione di fondazioni a plinto poggiate su pali trivellati.

I rilevati di precarico producono un consolidamento del terreno, che si manifesta con un sostanziale miglioramento delle caratteristiche geotecniche determinanti di un fattore 2÷4. I precarichi sono di forma piramidale: a dipendenza dei rilevati generali, questi raggiungono il volume di ca. 1500 m³ per fondazione.

Con l'adozione di entrambi i consolidamenti l'assestamento dovuto al carico del manufatto è contenuto a 5-7 cm al quale è da aggiungere l'assestamento residuo dovuto ai rilevati principali di ca. 5-8 cm per un assestamento totale che quindi può raggiungere i 10-15 cm.

* Capoprogetto e direttore generale dei lavori *Nodo di Camorino*, AlpTransit San Gottardo SA

20



Principali operatori nella fase progettuale ed esecutiva

Committente	AlpTransit San Gottardo SA, Lucerna, Tel. 041 226 06 06, www.alptransit.ch
Lavori all'esterno	Progettazione: CIPM Consorzio Ingegneri Piano di Magadino – c/o Filippini & Partner Ingegneria SA; Biasca, www.cipm.ch Filippini & Partner Ingegneria SA; Biasca Studio d'Ingegneria G. Dazio e Associati SA; Cadenazzo Studio d'Ingegneria Bernardoni SA; Lugano Brenni Engineering SA, Mendrisio Direzione locale dei lavori: Consorzio DSPP Spataro Petoud Partner SA; Bellinzona dsp Ingenieure und Planer AG; Greifensee – c/o Spataro Petoud Partner SA; Bellinzona, www.dspp.ch
Lavori in sotterraneo	Progettazione e direzione locale dei lavori: Consorzio ITC ITECSA TOSCANO ITECSA - Ingegneria Tunneling e Consulenze SA; Lugano Edy Toscano SA Ingegneri consulenti; Coira Con la collaborazione di: Pini Associati SA; Lugano e Amberg Engineering; Regensdorf
Accompagnamento ambientale	Lavori all'esterno: Planidea SA, Canobbio – submandatario Consorzio CIPM Lavori in sotterraneo: IFEC consulenze SA; Rivera – submandatario Consorzio ITC
Gestione materiale	Pagani + Lanfranchi SA; Bellinzona – submandatario Consorzio ITC
Geologo	Lavori all'esterno: Leoni Gysi Sartori Ing. geotecnica geologia idrogeologia SA, Sorengo submandatario Consorzio CIPM Lavori in sotterraneo: Dr. Baumer SA Geologi consulenti; Ascona – submandatario Consorzio ITC
Misurazione e tracciamenti	Cogesud, Consorzio Geodetico Sud c/o A. Gisi SA; Sorengo
Lavori all'esterno	Misurazione degli assestamenti del terreno sul Nodo di Camorino e monitoraggio dell'autostrada A2 (2006-2021): IG Ceneri Monitor – Amberg Technologies AG, Swissphoto AG – Regensdorf-Watt Lavori preliminari a sud della strada cantonale (2006): Consorzio Mancini & Marti SA – Ennio Ferrari SA - LGV SA; Bellinzona Lavori preliminari a nord della strada cantonale (2006): Consorzio Ennio Ferrari SA – Mancini & Marti SA - LGV SA; Lodrino Lavori preliminari a sud della strada cantonale (2007-2008): Consorzio LGV SA - Ennio Ferrari SA; Bellinzona Lavori preliminari a nord della strada cantonale (2007-2009): Consorzio Ennio Ferrari SA - LGV SA; Lodrino Lavori principali a sud della strada cantonale (2008-2012): Consorzio Ennio Ferrari SA - LGV SA; Lodrino Misure ambientali principali (2008-2014): Consorzio Ennio Ferrari SA – Parco SA; Lodrino Sottopasso strada Cantonale (2009-2012): Mancini & Marti SA; Bellinzona Allargamento rilevato ferroviario lungo linea FFS tra Giubiasco e l'autostrada A2 (2009-2014): Consorzio Ennio Ferrari SA – LGV SA – Pizzarotti SA; Lodrino Nuovo Cavalcavia sopra l'autostrada A2 (2009-2014): Consorzio LGV SA – Ennio Ferrari SA – Implemia SA; Bellinzona Lavori principali a nord della strada cantonale (2010-2014): da definire Viadotto Lugano-Bellinzona (2011-2014): da definire Edificio Tecnica Ferroviaria (2012): da definire Demolizione cavalcavia esistente (2012): da definire Viadotto Bellinzona-Lugano (2012-2014): da definire Impianto definitivo trattamento acque (2013): da definire Sistemazioni ambientali finali (2013-2019): da definire Sistemazioni finali aree di cantiere (2014-2019): da definire
Lavori in sotterraneo	Opere sotterranee Vigana (2008-2013): Consorzio MATRO SUD – Pizzarotti SA, Bellinzona Pizzarotti & C. S.p.A; Parma – Implemia Bau AG; Aarau – Cossi Costruzioni S.p.A; Sondrio Ennio Ferrari SA; Lodrino – LGV SA; Bellinzona – Rodio Geotechnik AG; Urdorf Gestione materiale (2008-2016): Consorzio Comestei, c/o Ennio Ferrari SA; Lodrino Aggregat AG; Altdorf – Neue Agir AG; Affoltern a.A. Impianto trattamento acque (2008-2017): Consorzio Pizzarotti SA – Passavant S.p.A; Bellinzona Segnaletica provvisoria A2 (2008-2010): Dambach Werke GmbH; Kuppenheim