

METALL GLASS 2022

La rivista ticinese
della costruzione metallica
e del vetro



PRIX ACIER 2021

Brilla anche il Ticino per la passerella Negrellisteg di Zurigo

Aperta al pubblico nella primavera 2021 e premiata con il Prix Acier nello stesso anno, la passerella Negrellisteg di Zurigo è stata interamente realizzata in Ticino presso le Officine Ghidoni SA di Riazzino.



A cura di:

Dr. Ing. Uwe Bremen
Officine Ghidoni SA,
Riazzino

Il premio

Si tratta certamente di un'opera rappresentativa sotto vari punti di vista: la giuria ha voluto evidenziare l'essenzialità del progetto, caratterizzato da uno studio del dettaglio ai massimi livelli e capace di conferire particolare eleganza e funzionalità alla realizzazione.

Contesto

Poco prima di raggiungere i marciapiedi della stazione centrale di Zurigo, a lato del noto orologio della vecchia torre di controllo, i viaggiatori possono scorgere ora l'elegante sagoma della nuova passerella che sovrasta trasversalmente la distesa di binari. La passerella collega i due quartieri Kreis 4 e Kreis 5, quartieri che hanno vissuto negli ultimi anni un notevole sviluppo edilizio e commerciale in prossimità dei binari, occupando quelli in esubero, lungo Europaallee e Zollstrasse.

Il progetto

Concetto statico e geometria

Nell'intento di ridurre al massimo il peso della struttura e raggiungere una snellezza di ben 1/49 nella navata centrale, come sistema statico si è optato per una trave continua appoggiata rigidamente su due coppie di pile e prolungata, oltre la parte rettilinea lunga 161 m, nelle scale a chiocciola raggiungendo una lunghezza totale di 213 m. Le coppie di pile poggiano sulle massicce pareti laterali delle rampe d'accesso ai binari sotterranei della stazione centrale. La sezione della struttura è composta da un cassone ad altezza variabile con piattabanda a sbalzo da ambo i lati sulla parte rettilinea, unicamente dal lato esterno sulle scale. Il cassone si riduce lungo un arco di cerchio alto 1.6 m, al centro della passerella, fino a 0.7 m al raccordo con le scale lungo le quali poi rimane costante. Gli elementi che, più di altri, assicurano la perfetta integrazione della struttura nel tessuto urbano, ponendola in risalto di fronte agli immobili adiacenti, risultano essere le scale e le torrette lift caratterizzate da forme tondeggianti.

Stabilità locale e oscillazioni

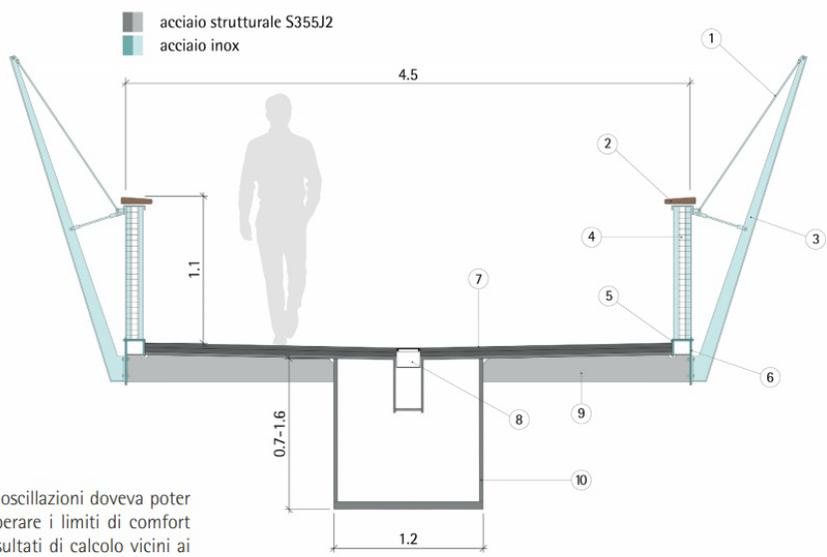
La notevole riduzione delle sezioni, ottenuta grazie al sistema statico della struttura, ha assicurato in primo luogo spessori ridotti delle pareti che le compongono, consentendo di fatto il raggiungimento



▲ La piattabanda della passerella confluisce alle due estremità nel corpo delle scale d'accesso a forma di chiocciola, che a loro volta avvolgono le torrette lift di forma cilindrica.

dei limiti di stabilità locale in vari settori della piattabanda, specialmente all'imbozzamento. Analisi e simulazioni approfondite su modelli con elementi finiti hanno potuto dimostrare come uno spessore di 22 mm della piattabanda sia sufficiente, in ogni sua parte, a soddisfare le condizioni limite di resistenza strutturale e di efficienza funzionale per la situazione di rischio determinante.

- 1 Rete di protezione sopra i binari
- 2 Corrimano di legno Accoya
- 3 Spade di supporto rete protezione binari
- 4 Parapetto a intreccio di tessuto metallico
- 5 Bordo piattabanda
- 6 Bordo esterno ponte
- 7 Pavimentazione piattabanda con 2 strati asfalto fuso
- 8 Canalina di raccolta acqua piovana
- 9 Nervature trasversali
- 10 Cassone portante del ponte, stagno



Data la snellezza della struttura, l'analisi relativa alle oscillazioni doveva poter dimostrare che le accelerazioni non andassero a superare i limiti di comfort medi riconosciuti dalle direttive. Avendo ottenuto risultati di calcolo vicini ai valori limite, sin da progetto è stato predisposto quanto necessario per poter fissare in un secondo tempo eventuali ammortizzatori; il cliente ha in seguito deciso, ai fini di verifica, di monitorare il comportamento della passerella durante i primi mesi di utilizzo.

Materiali e protezione anticorrosione della struttura

Sono in acciaio strutturale S355J2 le pile, i cassoni delle scale, la struttura delle torrette lift e la parte preponderante del corpo centrale. L'ambiente circostante molto corrosivo ha indotto i progettisti a prevedere bordi della passerella e delle scale, gradini, strutture d'ancoraggio delle pile, parapetti, rivestimenti delle torrette lift e reti di protezione in acciaio inossidabile della lega 1.4404. Trattati di un acciaio austenitico al cromo, nickel e molibdeno, caratterizzato da un'elevata resistenza alla corrosione, un'eccellente saldabilità e una buona deformabilità. Il sistema di trattamento relativo alle superfici dell'acciaio strutturale e di quello inossidabile doveva, secondo specifiche FFS in materia, garantire una durata di protezione di 40 anni (classificazione del sito nella categoria di corrosività C4). Affinché il trattamento venisse applicato su superfici e spigoli adeguati alle

esigenze, è stato prescritto il grado di preparazione P3 (accurato). Le pile come pure il cassone, su tutta la sua lunghezza include le scale, dovevano essere stagni affinché risultasse possibile mantenere grezze le superfici interne. Le parti esterne in acciaio strutturale sono state trattate con un sistema di protezione a 4 strati mentre le superfici in acciaio inossidabile risultano in parte grezze, in parte molate o finemente sabbiate. Uno strato di vernice antigraffiti è stato infine applicato su tutte le superfici esterne, incluse quelle delle pile, fino ad una altezza di 5 m dal suolo accessibile.

Pavimentazione, parapetti e rivestimenti

La pavimentazione relativa alla passerella e alla pedana dei gradini delle scale è stata realizzata in asfalto fuso; due strati di 35 mm sulla passerella e uno strato unico di 40 mm sulle scale, con fuga di sigillante elastico lungo i bordi. L'acqua piovana, raccolta sulla passerella da una canalina in acciaio inossidabile al centro della piattabanda, viene convogliata nel circuito di raccolta attraverso il cas-

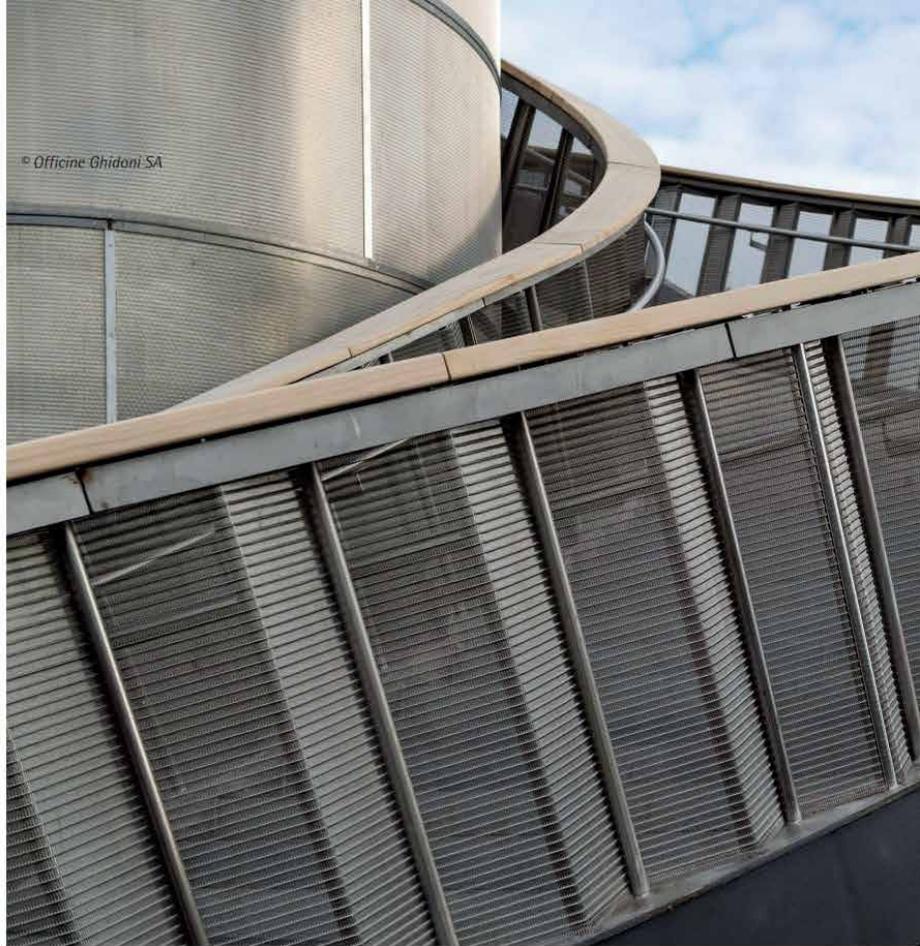
sone delle scale. Il parapetto della passerella e delle scale è costituito da un tessuto di filo metallico intrecciato tra due file di piantane tubolari saldate sul bordo della struttura e avviate alla loro estremità al profilo metallico superiore. Singoli elementi di tessuto lunghi ca. 2.8 m sono tesi tra piantane lavorate a goccia, conferendo la necessaria rigidità al riempimento del parapetto. La sua forma a fisarmonica è stata dettata, fra l'altro, anche dal posizionamento dei corpi illuminanti collocati nel profilo superiore del parapetto, sotto al corrimano in legno. Sorgenti di luce separate assicurano la continuità del fascio grazie a campi contigui rivolti uno verso l'interno e l'altro verso l'esterno. Oltre ad un corrimano tradizionale in tubolare lungo le scale, il parapetto risulta coperto da elementi in legno di pino raffinato Accoya lasciati grezzi. Sulla passerella questi elementi risultano dritti e a sezione costante, mentre sono elicoidali lungo le scale. Quale rete di protezione laterale aggiuntiva, al di sopra della distesa di binari, è stata tesa una rete metallica a maglia relativamente larga sorretta da spade fissate al bordo della passerella. Il rivestimento delle torrette lift risulta essere di un tessuto analogo a quello dei parapetti, fissato con pressori ad una struttura di supporto costituita da profili calandrati.

Realizzazione

Progettazione esecutiva

Gli spazi molto ridotti tra sedime dei binari e stabili non lasciavano alternativa in merito alla modalità d'esecuzione: la struttura andava varata in senso longitudinale. Il progetto prevedeva il varo della struttura in cinque tappe, in effetti da una rapida verifica non sono emerse soluzioni più vantaggiose. L'esigenza geometrica imposta al corpo della passerella, ovvero ottenere a fine montaggio l'allineamento relativo alla faccia inferiore del cassone su un piano perfettamente orizzontale, rappresentava un ostacolo non di poco conto per la definizione della geometria di fabbricazione della struttura. Di fatto la verifica di quest'ultima risultava possibile unicamente ad opera finita, con possibilità quasi nulle di correzioni intermedie.

Benché i progettisti avessero fornito la sagoma teorica relativa alle contro-frecce necessarie all'ottenimento del piano orizzontale summenzionato, la



procedura di costruzione imponeva simulazioni e verifiche strutturali relative ad ogni situazione di carico intermedio, con struttura parziale agli stadi intermedi del varo (struttura posata su appoggi provvisori differenti da quelli definitivi), con carichi propri solo parziali. Stadi di montaggio sfavorevoli hanno di fatto richiesto il rinforzo di alcune parti della struttura.

Definite le caratteristiche geometriche relative alle componenti costruttive, documentazione e disegni complessivi, necessari all'ordinazione dei materiali, alla fabbricazione e al montaggio sono stati generati grazie al modello tridimensionale dell'opera completa, incluse le strutture provvisorie.

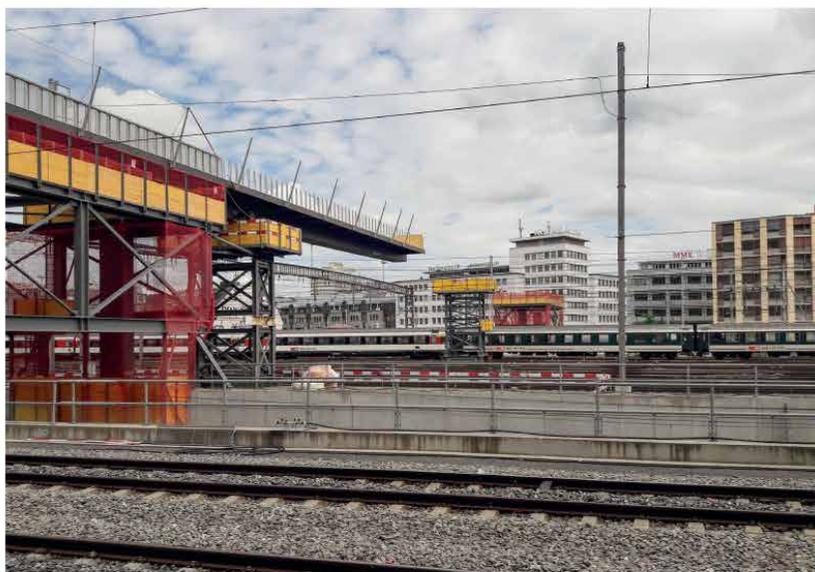
Strutture provvisorie

Parallelamente alla costruzione dell'opera principale andavano dimensionate e progettate le strutture provvisorie, composte da sette torrette d'appoggio semplici, una passerella d'accesso e due portali tralicciati di grandi dimensioni, posati al di sopra delle due rampe d'accesso alla stazione sotterranea. Particolarmente impegnative sono risultate le strutture provvisorie ubicate sul sedime dei binari, realizzate conformemente alle prescrizioni di sicurezza FFS relative a lavori e costruzioni in vicinanza di binari e linee elettriche in servizio.

Sfruttando uno spazio di quasi 40 m di larghezza, stretto tra stabili e binari, è stata costruita la piattaforma di montaggio. Situata ad una quota di ca. 8 m dal suolo la piattaforma è stata realizzata scavalcando una strada aperta al traffico stradale locale: una struttura munita, al suo centro, di binari di scorrimento relativi al sistema di spinta finalizzati al varo e di appoggi regolabili integrati predisposti a ricevere, uno dopo l'altro, i cinque concetti principali del corpo della passerella. Due grandi tralicci, posati a cavallo delle rampe, inglobavano in un'unica struttura appoggi provvisori per il varo, piattaforme di lavoro e dispositivi di protezione relativi a binari e linee elettriche sottostanti, grazie ai quali è stato possibile eseguire parte dei lavori con binari, a lato e sottostanti, in esercizio.



Intelaiatura rotante per un'esecuzione in posizione ottimale delle saldature del corpo della passerella, con spessori delle lamiere fino a 60 mm.



▲ Corpo della passerella in una delle fasi di varo, con il becco a spingere fino a 40 m a sbalzo sopra i binari. In primo piano e sullo sfondo i grandi portali tralicciati sopra le rampe d'accesso alle stazioni sotterranee, al centro altre torrette di supporto provvisorie.

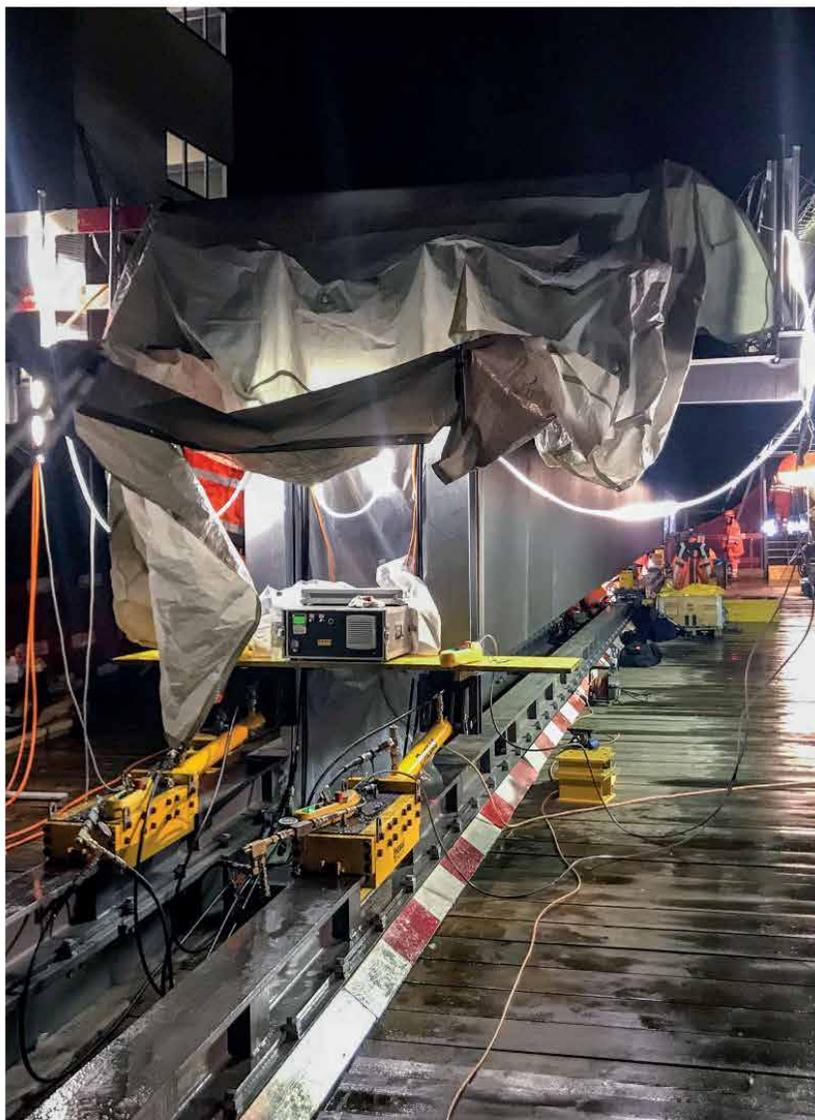
▼ Operazione di varo del corpo della passerella a partire dalla piattaforma di montaggio, con in primo piano i martinetti di spinta e i binari di scorrimento, ai quali si puntellano passo a passo.

Passerella

Posate le strutture d'ancoraggio sulle pareti delle rampe, le pile complete sono state calate con gru e posizionate a lato del sedime dei binari utilizzando i portali tralicciati come appoggi, permettendone in tal modo la saldatura alla sella d'ancoraggio. L'esecuzione in officina dei km di saldatura relativi ai conci della passerella - con spessori lamiera di 40 mm per lunghi tratti e fino a 60 mm nelle aree attorno alle pile - è avvenuta con l'ausilio di un'intelaiatura rotante al fine di permettere un posizionamento ottimale dei giunti. Fabbricazione, trasporto e sollevamento sulla piattaforma di montaggio dei cinque conci principali - larghi 4.4 m, lunghi dai 23 ai 35 m e con un peso tra 58 e 75 t - hanno rappresentato una vera sfida per l'officina, i trasportatori e i gruisti. Posati sugli appoggi precedentemente posizionati in modo preciso, affinché la geometria finale del corpo della passerella venisse rispettata, si è proceduto alla saldatura e al trattamento anticorrosione del giunto con la parte già varata, il tutto all'interno di un'apposita cabina mobile.

Varo del corpo centrale

L'ubicazione al di sopra dello snodo ferroviario più trafficato del paese aveva portato i responsabili FFS a imporre già in fase di gara d'appalto - dunque con un anno di anticipo - le date relative alla chiusura dei binari. Severe condizioni quadro sono state imposte a ogni singolo varo, a partire dall'approvazione di un programma dettagliato al minuto riferito a ogni operazione e verifica sul da farsi, con particolare attenzione al coordinamento delle molte persone operanti in cantiere e disposte nei punti d'appoggio della struttura. Va da sé che il varo della passerella doveva poter essere interrotto in qualsiasi momen-



to, senza alcun rischio supplementare per il traffico ferroviario che avrebbe tassativamente ripreso a circolare il giorno seguente. Durante la movimentazione del corpo centrale venivano monitorate: posizione trasversale del becco, forza del vento, forze d'appoggio complessive e forza di spinta. La continua correzione relativa alla quota degli appoggi ha permesso di assicurare una corretta distribuzione delle forze d'appoggio e, di conseguenza, della sollecitazione relativa alle strutture provvisorie. Le cinque tappe del varo sono state eseguite nei tempi previsti: con una velocità di movimento fino a 20 m all'ora e una media d'avanzamento della struttura pari a 10 m all'ora.

Posizionamento definitivo e completamento

Terminato il varo dei cinque conci centrali, saldati poi in un corpo unico, si è proceduto al loro abbassamento sulle pile per esservi saldati in modo rigido. Il corpo della passerella è stato successivamente completato mediante i due conci terminali di raccordo alle scale.

La fabbricazione relativa alla struttura portante delle scale di forma non propriamente elicoidale, dato l'aumento progressivo della larghezza verso l'imbocco inferiore, si è rivelata assai complessa. Grazie all'ausilio di torrette d'appoggio provvisorie, posizionate al centro, si è provveduto al completamento delle scale saldando dapprima ogni giunto tra i conci e procedendo poi al congiungimento con la passerella, in quel momento già pavimentata. Parallelamente, sulla passerella, venivano completate la posa delle reti dei parapetti e di protezione (in gran parte già posate prima del varo), la posa degli armadietti elettrici per l'illuminazione e gli elementi del corrimano in legno. Terminata la struttura delle scale e completato l'asfalto fuso nei gradini dei giunti, sono stati ultimati pure i rispettivi parapetti, i corrimano e il rivestimento delle torrette lift.

Conclusioni

«Per la nostra azienda la realizzazione di questa passerella ha rappresentato una sfida su molteplici fronti: la complessità geometrica e concettuale dell'opera, il sito con molteplici attori coinvolti, le condizioni quadro, così come un severo programma lavori e il mandato come impresa generale. Iniziati i lavori in cantiere - avviati a 5 mesi dalla delibera e l'inizio della progettazione - l'apertura al pubblico di quest'opera era prevista a distanza di 12 mesi. La pandemia di COVID-19 e la conseguente chiusura temporanea del cantiere hanno tuttavia allungato la tempistica di ulteriori 6 mesi: ritardo dovuto principalmente alle difficoltà legate all'esecuzione di lavori pianificati durante l'estate-autunno e slittati all'inverno. Malgrado ciò i lavori sono stati eseguiti in totale sicurezza e

senza cagionare il minimo disagio al traffico ferroviario. Il livello di qualità raggiunto è sicuramente attestato da un collaudo senza alcun difetto, foss'anche minore. La condizione progettuale attinente alla richiesta di ottenere, ad opera finita, la faccia inferiore del cassone della passerella su un unico piano, è stata rispettata quasi alla perfezione rientrando largamente entro i limiti di deviazione ammissibili. La trasparenza raggiunta grazie alle reti metalliche contribuisce in modo determinante a rendere la struttura oltremodo snella, permettendo all'utenza non solo di approfittare di una vista molto inconsueta sulla città ma anche di vivere letteralmente "sotto i propri piedi" l'intenso viavai di treni in transito presso la stazione centrale di Zurigo» spiega il Dr. ing. Uwe Bremen delle Officine Ghidoni SA.

Attesa da lunghissimo tempo, dagli abitanti dei due quartieri cittadini situati a lato della stazione centrale, la passerella viene utilizzata intensamente sin dal primo giorno, mentre non si contano gli apprezzamenti, anche inaspettati, da parte di tutti gli interessati compresi gli enti coinvolti. Quale miglior soddisfazione per un'opera certamente riuscita.

Dati tecnici

■ Lunghezza	161 m
■ Larghezza piattabanda	4.1 m
■ Larghezza cassone	1.16 m
■ Altezza cassone	variabile tra 1.6 e 0.7 m
■ Peso acciaio S355	362 t
■ Peso acciaio 1.4404	103 t
■ Peso singoli conci (5 elementi)	tra 58 e 75 t, da 23 fino a 35 m di lunghezza
■ Trattamento superficiali	fondo (solo S355), due mani intermedie, una mano finale e vernice antigraffiti fino a 5 m dal terreno

Enti coinvolti

■ Committente	SBB - Immobilien Development Zürich
■ Ingegnere	Conzett Bronzini Partner AG Coira - capofila
■ Architetto	Diggelmann + Partner AG Berna
■ Direzione lavori	10:8 Architekten GmbH Zurigo
	Conzett Bronzini Partner AG Coira
	Diggelmann + Partner AG Berna
■ Costruzione metallica e impresa generale	Officine Ghidoni SA Riazzino

