

# Tunnel der RhB

## Tunnels des RhB

 Graubünden | Grisons



Die Rhätische Bahn AG (RhB) steht vor einer Mammutaufgabe: In den nächsten Jahrzehnten saniert sie 75 mittlerweile in die Jahre gekommene Tunnel und macht sie für weitere 80 bis 100 Jahre fit. MAPEI konnte u. a. die Instandsetzung des Mistail-, Magnacun- und Garsuntunnels begleiten.

Die drittgrößte Bahngesellschaft der Schweiz transportiert jährlich rund 11 Millionen Reisende auf ihrem 384 km langen Streckennetz durch die Bündner Alpen. Mit einem Tunnel pro 3,3 Streckenkilometer hat die RhB insgesamt 115 Tunnel – mehr als jede andere Schweizer Bahn. Ein Grossteil der Tunnel der RhB wurde Anfang des 20. Jahrhunderts gebaut und ist mittlerweile sanierungsbedürftig. Nässe und Feuchtigkeit sowie Bergdruck haben den Tunneln im Laufe der Zeit zugesetzt. In den nächsten Jahrzehnten wird die RhB rund 75 Tunnel instand setzen und an die aktuellen Sicherheitsstandards anpassen.

La compagnie des chemins de fer rhétiques (RhB) – die Rhätische Bahn AG – a du pain sur la planche: elle doit rénover 75 tunnels quelque peu dégradés et les remettre en état pour les 80 à 100 années à venir. MAPEI a pu participer à ces travaux notamment pour les tunnels de Mistail, Magnacun et Garsun.

La troisième société de chemins de fer suisse transporte environ 11 millions de voyageurs par an dans les Alpes grisonnes sur son réseau de 384 km. Avec un tunnel tous les 3,3 kilomètres, les RhB comptent au total 115 tunnels, plus que tous les autres chemins de fer suisses. La plupart des tunnels des RhB ont été construits au début du 20<sup>e</sup> siècle et doivent de ce fait être rénovés. Les conditions climatiques rudes, l'humidité et la pression de la roche les ont marqués. Dans les décennies à venir, les RhB vont rénover quelque 75 tunnels et les remettre aux normes de sécurité en vigueur.

## Mistailtunnel

### Zukunftsweisende Tunnelinstandsetzung

Von 2017 bis 2019 wurde der 300 m lange Mistailtunnel instand gesetzt. Um die Lebensdauer des Tunnels zu verlängern, die Baukosten zu senken und den laufenden Betrieb nicht zu stören, kam dabei die «Normalbauweise Tunnel» der RhB zum Einsatz. Damit der Bahnbetrieb während der Instandsetzungsarbeiten aufrecht gehalten werden konnte, wurde ein Schutztunnel in den Tunnel eingebaut. Dieser schützte die Gleise vor herunterstürzenden Teilen wie Fels oder Spritzbeton, sodass tagsüber Züge den Tunnel sicher passieren konnten. Nachts wurde der Schutztunnel verschoben, um die Sprengungen und Instandsetzungsarbeiten vorzubereiten. Um ausserdem die Lebensdauer des Tunnels zu verlängern – für wiederum die nächsten 70 bis 100 Jahre – und Problemen wie Wassereintritt und Gebirgsdruck entgegenzuwirken, wurden die Tunnelwände komplett ersetzt. Dafür wurde der Tunnelquerschnitt ausgeweitet und es wurden Betonfertigelemente – die sogenannten Tübbinge – eingesetzt. Diese wurden am Schluss der Arbeiten mit Perlkies hinterfüllt, sodass es zwischen Tübbingen und Fels keinen Hohlraum mehr gab.

### MAPEI-Produkte für die Vorfabrikation von Tübbingen

Die Tübbinge für den Mistailtunnel wurden von der Fanger Kies + Beton AG vorgefertigt. Insgesamt stellte Fanger rund 1650 m<sup>3</sup> Beton und 190 Fertigelemente her. Zur Verstärkung des Betons und der Tübbing-Kanten kamen die strukturellen Polypropylenfasern MAPEFIBRE IT 39 NV von MAPEI zum Einsatz, die die Duktilität des Betons erhöhen. Ausserdem setzte Fanger auf das Hochleistungsfließmittel DYNAMON XTEND W321, den Luftporenbildner MAPEAIR AE 20 und das Nachbehandlungsmittel MAPECURE E30 von MAPEI. Die vorgefertigten Tübbinge wurden just in time für die jeweils anstehenden Arbeiten mit dem LKW angeliefert und mit einem speziell dafür entwickelten Versetzgerät montiert. Dadurch waren die Mineure unabhängig von Frischbeton und Aushärtezeiten und kamen so schneller mit den Arbeiten voran.

Durch die Vorfabrikation der Tübbinge und das wegweisende Instandsetzungsverfahren der RhB lassen sich Zeit und Kosten sparen. Gleichzeitig wird durch die Vergrößerung des Tunnelquerschnitts auch die Tunnelsicherheit erhöht.



MAPEI konnte mit ihren Produkten zur Renovati-on von drei RhB Tunneln beitragen.

MAPEI a contribué à la rénovation de trois tunnels des RhB en livrant plusieurs produits.



Für die Tübbinge des Mistailtunnels wurden u. a. die Polypropylenfasern MAPEFIBRE IT 39 NV verwendet.

Les fibres en polypropylène MAPE-FIBRE IT 39 NV ont été utilisées pour les voussoirs du tunnel de Mistail.

## Le tunnel de Mistail

### La remise en état tournée vers l'avenir

Le tunnel de Mistail de 300 m de long a été rénové de 2017 à 2019. Pour prolonger la durée de vie du tunnel, diminuer les coûts de construction et ne pas gêner le bon fonctionnement, les RhB ont opté pour leur méthode de «Construction standard de tunnels». Afin que le trafic ferroviaire puisse être poursuivi pendant les travaux, un tunnel de protection a été construit dans le tunnel. Il permettait de protéger les rails des chutes de rocher ou de béton projeté pour assurer la circulation des trains en toute sécurité. La nuit, le tunnel de protection était déplacé pour préparer les explosions et les travaux de rénovation. De plus, pour prolonger la durée de vie du tunnel pour les 70 à 100 ans à venir et pour contrer les problèmes tels que les infiltrations d'eau et la pression de la roche, les parois du tunnel ont été complètement remplacées. Pour ce faire, la section du tunnel a été élargie et des éléments préfabriqués en béton, les voussoirs, ont été mis en place. En fin de chantier, l'espace entre les voussoirs et le rocher a été rempli de gravier pour assurer l'adhésion à la roche.

### Produits MAPEI pour la préfabrication des voussoirs

Les voussoirs pour le tunnel de Mistail ont été fabriqués par Fanger Kies + Beton AG. Au total, Fanger a produit environ 1650 m<sup>3</sup> de béton et fabriqué 190 éléments préfabriqués. Pour renforcer le béton et les bordures des voussoirs, les fibres en polypropylène MAPEFIBRE IT 39 NV de MAPEI qui améliorent la ductilité du béton ont été utilisées. En outre, Fanger a misé sur le superplastifiant DYNAMON XTEND W321, l'entraîneur d'air MAPEAIR AE 20 et le produit de cure MAPECURE E30 de MAPEI. Les voussoirs préfabriqués ont été livrés par camion just in time pour un segment donné avant d'être montés avec un système de manutention conçu spécialement pour ce chantier. Cela a permis aux mineurs de progresser rapidement car leur travail ne dépendait ni du béton frais ni des temps de prise.

La préfabrication des voussoirs et l'expérience des RhB en matière de rénovation ont permis de gagner du temps et des coûts. L'agrandissement de la section du tunnel renforce sa sécurité.

## Magnacun- & Giarstunnel

### Komplexe Geologie

Die beiden im Unterengadin gelegenen Tunnel Giarstun und Magnacun befinden sich in einer geologisch anspruchsvollen Zone. Das Gelände liegt im Gebiet der Grossrutschung Murtera. Dort bewegt sich der Hang auf Tunnelniveau unaufhaltsam pro Jahr 10 mm talabwärts, das heisst in 100 Jahren um einen ganzen Meter. Der starke Druck, den der Untergrund auf die Bauwerke ausübt, führte zu Profilverdrehungen und Rissen und in der Folge zu Wassereintritten. Da die umfangreichen Sanierungsarbeiten unter Verkehr nicht möglich waren, wurde der Streckenabschnitt Sagliainsa-Scuol-Tarasp ab März 2019 sieben Monate lang gesperrt.

### MAPEI-Produkte im Einsatz

Der aus dem Jahr 1913 stammende und 172 m lange Giarstunnel verfügte weder über einen Handlauf noch Beleuchtung oder Kommunikationseinrichtungen. Ausserdem hielt er die aktuellen Vorgaben in Bezug auf das Lichtraumprofil nicht ein und bot auch nicht genügend Raum für Dienst- und Fluchtwege. Aus diesem Grund wurde er durch einen Neubau auf gleicher Linienführung ersetzt und dabei 1,5 m breiter gebaut. Für die ersten 110 m wurde ein zweischaliges, hufeisenförmiges Normalprofil vorgesehen, dessen Innenschale alle 10 m durch Fugen getrennt ist. Der insgesamt 1909 m lange Magnacuntunnel wurde auf einer Länge von 250 m durch einen Neubau mit gleicher Linienführung ersetzt. Stellenweise mussten das Mauerwerk und die Spritzbetonschale ersetzt sowie Abdichtungsmassnahmen vorgenommen werden.



Renovation des Magnacuntunnels.

Rénovation du tunnel de Magnacun.

## Les tunnels de Magnacun & Giarstun

### Géologie complexe

Les tunnels de Giarstun et Magnacun en Basse-Engadine se trouvent dans des terrains à la géologie complexe. La région est sujette aux glissements de terrain de la Murtera. La pente au niveau du tunnel glisse inexorablement de 10 mm par an vers la vallée, donc d'un mètre en 100 ans. La forte pression exercée par le support sur l'ouvrage a tordu des profils et causé des fissures qui ont conduit à des infiltrations d'eau. Pour permettre les travaux importants de rénovation, le trafic a été arrêté et le tronçon Sagliains-Scuol-Tarasp interdit à la circulation ferroviaire dès mars 2019 pendant sept mois.

### La mise en œuvre des produits MAPEI

Le tunnel de Giarstun construit en 1913 et de 172 m de long ne disposait ni de main courante, ni d'éclairage, ni de voie de communication. En outre, il ne remplissait pas les exigences en matière de gabarit et n'avait pas assez de place pour les issues de secours ni pour le passage. Pour cette raison, il a été remplacé par un nouveau tunnel sur la même ligne et élargi de 1,5 m. Sur les 110 premiers mètres, un profilé normal double paroi en forme de fer à cheval a été prévu et des joints ont été intégrés dans la paroi interne tous les 10 m.

Le tunnel de Magnacun de 1909 m de long a été remplacé sur 250 m par un nouveau tronçon sur le même tracé. La maçonnerie et le coffrage en béton projeté ont dû être remplacés à certains endroits et il a fallu imperméabiliser certaines zones.

En raison de la nature géologique complexe du terrain dans le tunnel de Magnacun et de la roche meuble, il a été décidé de mettre en place une voûte parapluie dans le tunnel en travaux. Les tubes ont été avancés sur une longueur de 12 à 16 mètres tous les 20 cm. La voûte parapluie a été étanchéifiée avec le mortier sans chlorure LAMPOSILEX adapté au blocage d'infiltrations d'eau et avec la mousse polyuréthane monocomposante MAPEPUR UNIVERSAL FOAM M.

Aufgrund der geologisch komplexen Situation im Magnacuntunnel und des losen Gesteins wurde beschlossen, im Tunnelvortrieb einen Rohrschirm einzusetzen. Die Rohre wurden auf 12 bis 16 Metern Länge in einem Abstand von 20 cm vorgetrieben. Der Rohrschirm wurde mit dem chloridfreien Schnellstopfmörtel LAMPOSILEX und dem einkomponentigen Polyurethanschaum MAPEPUR UNIVERSAL FOAM M abgedichtet.

In den Tunneln kamen der alkalifreie Erstarrungsbeschleuniger MAPEQUICK AF 1000 bzw. MAPEQUICK AF D03 im Spritzbeton zur Vortriebssicherung zum Einsatz. Zur seitlichen Verankerung und Stabilisierung des Bergdrucks entschied man sich für den standfesten, schwindkompensierten Mörtel STABILCEM T. Dieser durchdringt selbst morphologisch schwierige Untergründe und stellt einen hohen Verfüllgrad sicher. Als Anpumphilfe für den Spritzbeton wurde ausserdem das Produkt MAPESTART 1 eingesetzt.

MAPEI bedankt sich bei der Rhätischen Bahn, der ARGE Mistail, der ARGE Walo/Costa, der ARGE IMA und der Fanger Kies + Beton AG für die gute Zusammenarbeit und freut sich, dass sie mit ihren Produkten und ihrer technischen Beratung dazu beitragen konnte, die Tunnel für weitere Jahrzehnte fit und sicher zu machen.

Les accélérateurs de prise non alcalins MAPEQUICK AF 1000 et MAPEQUICK AF D03 ont été mis en œuvre dans les tunnels pour la fabrication du béton projeté pour sécuriser l'avancée. Pour l'ancrage latéral et pour stabiliser contre la pression exercée par la roche, on a opté pour le mortier thixotrope à retrait contrôlé STABILCEM T adapté pour les supports morphologiquement difficiles, car il comble tous les espaces, même ceux de dimension limitée. L'adjuvant de pompage MAPESTART 1 a été utilisé pour le béton projeté.

MAPEI remercie les chemins de fer rhétiques, ARGE Mistail, ARGE Walo/Costa, ARGE IMA et Fanger Kies + Beton AG pour la collaboration réussie et est ravie d'avoir apporté sa contribution à la consolidation de ces tunnels pour plusieurs décennies.

Luftaufnahme.

Vue du ciel.



## Technische Daten | Données techniques

**Baujahr | Année de construction**  
2017–2020

**Bauherr | Maître d'ouvrage**  
Rhätische Bahn (RhB), Chur

**Bauunternehmer | Entreprises de construction**  
ARGE Mistail; ARGE Walo/Costa (Giarsun);  
ARGE IMA (Magnacun)

**Verarbeiter | Entreprise de gros œuvre**  
Fanger Kies + Beton AG, Sachseln (Mistail)

**Technische Berater | Conseillers techniques MAPEI**  
Thomas Liniger, Urs Wirth, Marco Jungi

**Produkte | Produits MAPEI**  
Dynamon XTend W321, Lamposilex, Mapepair AE 20,  
Mapecure E30, Mapefibre IT 39 NV, MapePUR Universal  
Foam M, Mapequick AF 1000, Mapequick AF D03,  
Mapestart 1, Stabilcem T



Im Magnacun- und Giarsuntunnel kamen die Erstarrungsbeschleuniger MAPEQUICK AF 1000 und MAPEQUICK AF D03 für die Herstellung des Spritzbetons zum Einsatz.

MAPEI a livré, pour les tunnels de Magnacun et de Giarsun, les accélérateurs MAPEQUICK AF 1000 et MAPEQUICK AF D03 pour la fabrication du béton projeté.