

François Bertholet, Dipl. Bau-Ing. HTL, Marti Tunnelbau AG, Moosseedorf/CH

Bautechnische Herausforderungen beim Bau des neuen Pumpspeicherkraftwerkes Nant de Drance

Zugangsstollen nach 3 Jahren Bauzeit erstellt

Der Bau des neuen Pumpspeicherkraftwerkes Nant de Drance ist in vollem Gange. Nach dreijähriger Bauzeit sind die Zugangsstollen zu den eigentlichen Bauobjekten für die hydro-elektrische Nutzung erstellt. Der Ausbruch und der Innenausbau der Maschinenkaverne, der Triebwasserwege, der Vertikal-schächte und der diversen Schieber- und Baukavernen kann begonnen werden. Der Bau eines neuen, komplett unterirdisch erstellten Pumpspeicherkraftwerkes stellt für den Unternehmer eine besondere bautechnische Herausforderung dar. Der Beitrag widmet sich den gemachten Erfahrungen beim Auf-fahren des Hauptzugangstunnels, dem Umgang mit bis heute nicht relevanten Schadstoffen und verschiedenen baugologischen Aspekten.

Technical Challenges in Constructing the New Pumped-storage Power Station Nant de Drance

Access tunnels produced after 3 years of construction

Work on the new Nant de Drance pumped-storage power plant is in full swing. After 3 years of construction, the access tunnels leading to the structures for hydro-electric generation have been built. The excavation and inner lining of the machine chamber, the headrace tunnels, the vertical shafts and the various service and construction chambers can now be embarked on. The construction of a new pumped-storage power station built completely underground represents a special technical challenge for the contractor. This report is devoted to the findings gained during the excavation of the main access tunnel, how toxic substances – still not relevant until this day – were dealt with along with various logistical aspects concerning construction.

1 Projektbeschreibung

Fortschreitende Industrialisierung und vermehrter öffentlicher Verkehr erfordern zukünftig immer mehr elektrischen Strom und mehr Leistung. Dieser Prozess lässt sich nicht so einfach umkehren und spiegelt ein weltweites Problem wider: Wie schafft man Energiereserven, um eine stabile und zugleich flexible Versorgung sicherzustellen, die in der Lage ist, Verbrauchsspitzen, insbesondere auch Bahnstromspitzen, ohne Zwischenfall zu bewältigen? Wie kann man somit den wachsenden Bedarf decken, die Stabilität der Stromnetze garantieren und uns und den kommenden Generationen umweltfreundliche Energieerzeugungsanlagen bereitstellen?

In diesem Sinne wollen die Elektrizitätsgesellschaft Alpiq AG, die Schweizerischen Bundesbahnen SBB und die Walliser Elektrizitätswerke FMV als Bauherren das neue Pumpspei-

1 Description of project

Advancing industrialisation and increased volumes of public transportation will call for a greater amount of electric power and capacity in future. This process cannot easily be reversed and represents a worldwide problem: how can reserves of energy be created in order to ensure a stable and, at the same time, flexible supply that is able to overcome consumption peaks, particularly for energy peaks required by the railways, without negative impacts? How can the growing demand be covered, the stability of the energy grid guaranteed and environmentally-friendly energy production facilities made available for ourselves and future generations?

This was the philosophy adopted by the Alpiq AG electricity company, the Swiss Federal Railways SBB and the Walliser Elektrizitätswerke FMV as the client for the construction and

Les défis techniques rencontrés dans la construction de la nouvelle centrale de pompage-turbinage Nant de Drance

Galleries d'accès en place après 3 ans de chantier

La construction de la nouvelle centrale de pompage-turbinage Nant de Drance bat son plein. Après trois ans de chantier, les galeries sont aménagées pour accéder aux ouvrages proprement dits qui sont destinés à l'utilisation hydroélectrique. L'excavation et l'aménagement interne de la caverne des machines, des conduites d'adduction, des puits verticaux et des diverses cavernes de vannes et de chantier peuvent commencer. La construction d'une nouvelle centrale de pompage-turbinage entièrement souterraine constitue pour l'entreprise un défi bien particulier sur le plan technique. L'article est consacré aux expériences faites lors de l'excavation du tunnel d'accès principal, du traitement des substances polluantes, peu importantes jusqu'à maintenant, et des différents aspects logistiques de la construction.

Sfide costruttive nella realizzazione di una nuova centrale idroelettrica a ripompaggio a Nant de Drance

Galleria di accesso dopo 3 anni dal via dei lavori

La costruzione della nuova centrale a ripompaggio di Nant de Drance è ormai ben avviata. Dopo tre anni di lavoro, le gallerie di accesso al vero e proprio cuore del progetto per l'utilizzo idroelettrico, sono realizzate. Si possono iniziare lo scavo e la costruzione interna della cavità per le macchine, delle vie per l'acqua motrice, delle fosse verticali e delle varie camere per le valvole sferiche e per la costruzione. La costruzione di una centrale idroelettrica a ripompaggio nuova e completamente sotterranea, rappresenta un'enorme sfida costruttiva per gli impresari. L'articolo si concentra sulle esperienze acquisite durante la realizzazione della galleria principale di accesso, sulla gestione di sostanze nocive finora non rilevanti e sui diversi aspetti logistico-costruttivi.

cherwerk Nant de Drance mit einer Leistung von 900 MW bauen und gemeinsam betreiben.

Das Projekt nutzt die vorhandene Höhendifferenz von 350 m zwischen den beiden bestehenden Stauseen Emosson und Vieux Emosson, indem im dazwischen liegenden Gebirge eine komplett unterirdische, neue Anlage realisiert wird. Die beiden Seen liegen auf dem Gebiet der Walliser Grenzgemeinde Finhaut zwischen Martigny und Chamonix.

Mit der Bauausführung beauftragt wurde die Arbeitsgemeinschaft GMI, bestehend aus den beiden Firmen Marti Tunnelbau AG und Implenla Bau AG. Mit den Bauarbeiten wurde im Herbst 2008 begonnen, die Inbetriebnahme ist für Frühjahr 2017 geplant.

Die Hauptelemente des Pumpspeicherwerkes Nant de Drance sind die beiden parallelen Triebwasserwege, dimensioniert für einen Wasserdurchfluss von je 180 m³/s. Sie unterteilen sich in Strecken mit 12 % Neigung und in Vertikalschächte mit einer Höhe von 430 m, der ausgebaute Durchmesser beträgt 7.70 m. Einzig die Krümmer und die Ein- und Ausläufe der Kavernen und Schieber sind gepanzert. Wichtigste Anlageteile sind die Maschinen- und die Transformatorenkaverne. Die erstere weist einen Ausbruch von 52 m Höhe, 32 m Breite und 190 m Länge auf, was ein Ausbruchvolumen von 235 000 m³ bedeutet. Zudem wird durch die Erhöhung der Staumauer Vieux Emosson um 20 m das Speichervolumen des oberen Stausees auf 24.6 Mio. m³ verdoppelt. Zur Ausführung dieser Anlageteile sind 3 Zu-

joint operation of the new pumped-storage power station Nant de Drance with 900 MW capacity.

The project takes advantage of the prevailing 350 m difference in altitude between the 2 existing reservoirs Emosson and Vieux Emosson, by building a new plant completely underground in the rock between them. The 2 lakes are located near the border town of Finhaut in the Valais between Martigny and Chamonix.

The GMI joint venture consisting of the 2 companies Marti Tunnelbau AG and Implenla Bau AG was commissioned to execute the project. Work began in autumn 2008 and the plant is scheduled to be opened in spring 2017.

The main elements of the Nant de Drance pumped-storage plant are the 2 parallel headrace tunnels – each dimensioned for a throughflow of 180 m³/s. They are subdivided into sections with 12 % gradient and vertical shafts 430 m in height, with 7.70m useful diameter. Only the bends and the chamber and valve inlets and outlets are reinforced. The most important plant components are the machine and transformer chambers. The former is 52 m high, 32 m wide and 190 m long – accounting for an excavated volume of 235,000 m³. In addition, by raising the Vieux Emosson retaining wall by 20 m, the storage capacity of the upper reservoir will be doubled to 24.6 million m³. Three access tunnels with up to 12 % incline, a main access 5.6 km in length leading from the main valley as well as 2 accesses – 1.7 and 2.1 km long respectively – leading to the upper lake – are necessary (Figs. 1+2).

gangsstollen mit bis zu 12 % Steigung, ein Hauptzugang von 5.6 km Länge ab dem Haupttal sowie 2 Zugänge von 1.7 und 2.1 km Länge bis zum oberen See erforderlich (Bild 1, 2).

2 Stand der Arbeiten

Die Vortriebsarbeiten des Hauptzugangstunnel, von Châtelard aus, haben im Januar 2012 den Tunnelmeter 3800 erreicht. Die beiden anderen Zugangstunnel vom Portal Emosson aus wurden bereits im Sommer 2011 fertiggestellt. Diese beiden Zugangstunnel erschliessen einerseits den Oberwasserbereich der Triebwasserwege und das Portal Vieux Emosson und andererseits den Zugang zur Maschinenkaverne. Nach Fertigstellung des Hauptzugangstunnels wird bei Tunnelmeter 5600 der Durchschlag im Sommer 2012 erfolgen können, sodass eine durchgängige Verbindung der erstellten Zugangstunnel vorhanden sein wird. Damit ist es möglich, von Châtelard aus (Höhe 1100 m ü.M.) durchgängig zur Maschinenkaverne auf Höhe 1700 m ü.M., zum Stausee Emosson auf Höhe 1930 m ü.M. und zum Stausee Vieux Emosson auf Höhe 2225 m ü.M. fahren zu können. Ab diesem Zeitpunkt ist ein ganzjähriger Zugang zu allen Baustellenbereichen witterungsunabhängig möglich.

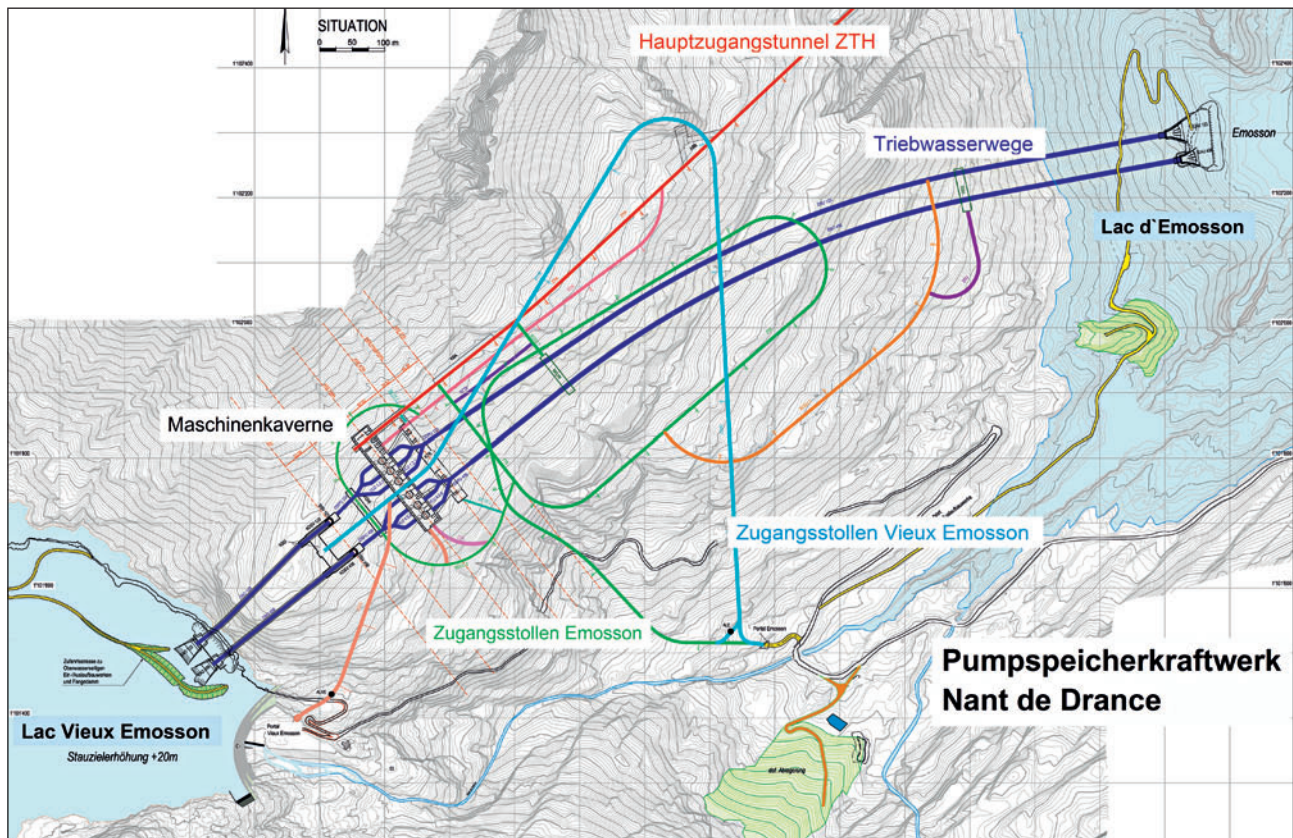
Im Schachtkopfbereich der Triebwasserwege im Oberwasser wurden die Oberwasserschützenkammer und die Kaverne für die Erstellung der Vertikalschächte ausgebrochen. In

2 Stage reached by work

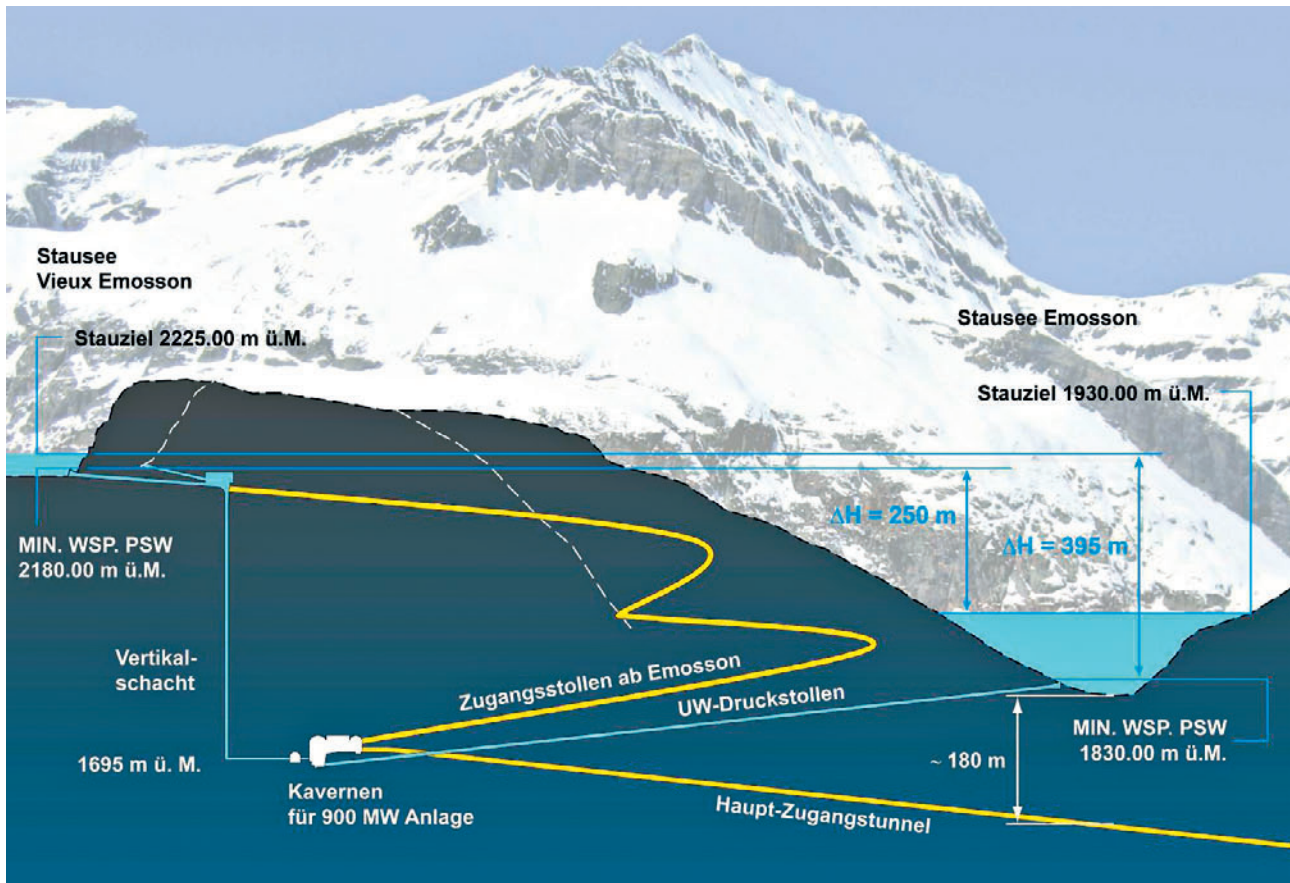
The driving operations for the main access tunnel starting from Châtelard had reached Tm 3800 by January 2012. The 2 other access tunnels from the Emosson portal were completed in summer 2011. These 2 access tunnels on the one hand open up the upper water zone of the headrace tunnels and the Vieux Emosson portal and on the other the access to the machine chamber. After completing the main access tunnel, the breakthrough will then take place at Tm 5600 in summer 2012, providing a continuous link for the access tunnels thus produced. In this way it will be possible to pass from Châtelard (altitude 1100 asl) right up to the machine chamber at an altitude of 1700 m asl, then to the Emosson dam at 2225 m asl. As from this point in time it will be possible to access all sectors of the site throughout the entire year regardless of the weather.

The headwater gate chambers and the chambers for producing the vertical shafts were excavated in the shaft top zone for the headrace tunnels in the headwater. The installation operations for producing the vertical shafts are now being executed in this area.

In the shaft bottom zone for the headrace tunnels at the level of the machine chamber, the headwater construction chamber was completed. As from spring 2012, the head-



1 Situation Triebwasserwege und Stollensystem
Headrace tunnels and gallery system set-up



2 Längsprofil des Projektes
Longitudinal profile of the project

diesem Bereich werden nun die Installationsarbeiten für die Herstellung der Vertikalschächte ausgeführt.

Im Schachtfussbereich der Triebwasserwege auf Höhe der Maschinenkaverne wurde die Baukaverne Oberwasser fertiggestellt. Der Ausbruch der Triebwasserwege Oberwasser zwischen Baukaverne Oberwasser und den Vertikalschächten erfolgt ab dem Frühjahr 2012. Dieser Schachtfussbereich wird für die Herstellung der Vertikalschächte notwendig. Die Schächte werden mittels einer Pilotbohrung und einer anschliessend durchgeführten ersten Aufweitung im Raise-Drill-Verfahren auf 2.4 m Durchmesser ausgebrochen werden. Die Aufweitung erfolgt dabei von unten nach oben. Danach erfolgt eine sprengtechnische Aufweitung auf einen Durchmesser von 8 m von oben nach unten. Der vorgängig erstellte Schachtquerschnitt von 2.4 m Durchmesser wird als Schutterschacht verwendet und das Ausbruchmaterial am Schachtfuss weggeschüttet.

Im Bereich der Maschinenkaverne wurde mit dem Ausbruch der Kalotte begonnen. Die erste Ausbruchetappe ist auf 130 m Länge ausgebrochen und die Ausbruchsicherung in der Kalotte in diesem Bereich eingebaut. Danach werden die Vortriebsarbeiten in der Maschinenkaverne unterbrochen und es wird zunächst das Betongewölbe in der Kalotte erstellt. Für die Lastabtragung des Kalottengewölbes wird

water headrace tunnels between the headwater construction chamber and the vertical shafts is being tackled. This shaft bottom zone is required to produce the vertical shafts. The shafts are being excavated by means of a pilot bore followed by an initial enlargement to 2.4 m using the raise-drill method. The enlargement is carried out from the bottom to the top. This is followed by an enlargement to reach a diameter of 8 m via drill+blast from the top downwards. The previously created shaft cross-section of 2.4 m is to be used as a mucking shaft and the excavated material removed at the shaft bottom.

Work on excavating the crown has started at the machine chamber. The first excavation section of 130 m has been driven and the excavation secured in the crown of this section. Then the driving operations in the machine chamber are to be interrupted in order to first install the concrete vault for the crown. Firstly, a concrete bar will be put in place, which is back-anchored in the rock for load transference of the crown vault.

3 Engineering challenges during construction

3.1 TBM drive of the main access tunnel

The main access tunnel drive represents a variant proposed by the GMI JV. A Herrenknecht hard rock TBM with gripper,

vorgängig ein Betonriegel betonierte, welcher mit Vorspannanker in das Gebirge rückverhängt wird.

3 Bautechnische Herausforderungen

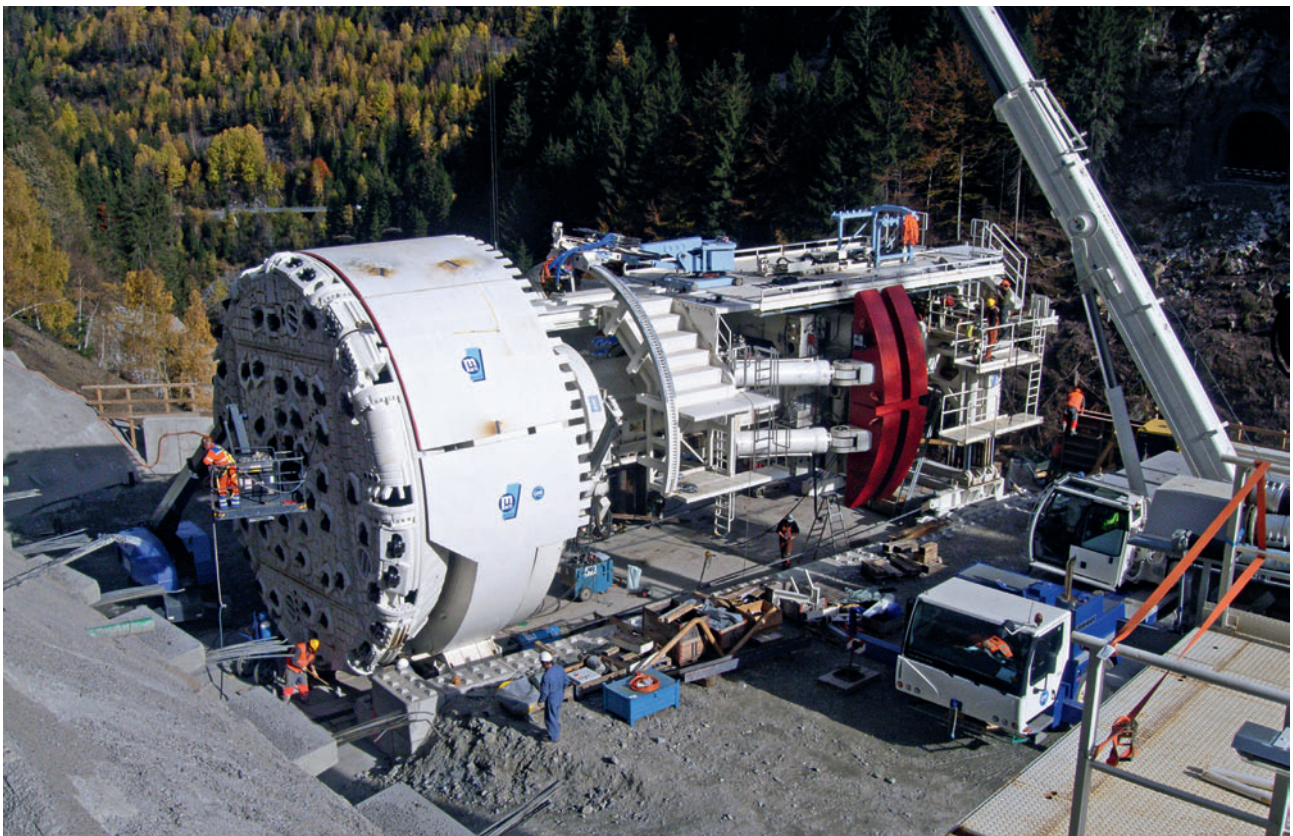
3.1 TBM-Vortrieb des Hauptzugangstunnels

Der Vortrieb des Hauptzugangstunnels stellt eine Variante der Arbeitsgemeinschaft GMI dar. Eingesetzt wird eine Herrenknecht Hartgesteins-TBM mit Gripper, die schon beim Lötschberg-Basistunnel verwendet wurde. Diese wurde aufgrund der dort gemachten Erfahrungen und infolge der neuen Projektanforderungen durch die Marti AG modifiziert. Die Montage der TBM erfolgte unmittelbar vor dem Portal im Oktober/November 2009 (Bild 3). Nach dem Ende Jahr erfolgten Andrehen und der Installation der Nachlaufeinrichtungen konnte der Vortrieb im Dreischichtbetrieb im März 2010 aufgenommen werden. Der Vortriebsstand erreichte Ende Januar 2012 den Tunnelmeter 3850.

Der Einsatz der TBM für die Herstellung des Hauptzugangstunnels wurde aus verschiedenen Gründen gewählt. Einerseits kann mit einer TBM eine grössere Vortriebsleistung ermöglicht werden, sodass sich hieraus bauzeitliche Vorteile ergeben (bis 10 Monate im Projekt). Gleichzeitig kann mit einer TBM ein erschütterungsfreier und schonender Gebirgsabbau vorgenommen werden. Speziell bei der Bewältigung von Störzonen ist dieser Umstand von nicht zu vernachlässigender Bedeutung. Ausserdem kann die

previously used for the Lötschberg Base Tunnel is being employed. The TBM was modified by Marti AG based on the findings obtained there as well as the new project requirements. The TBM was assembled directly in front of the portal in October/November 2009 (Fig. 3). After the machine was started up in the New Year, the back-up trailers were then installed so that the drive was able to commence on a 3-shift basis in March 2010. At the end of January 2012, the excavation had reached Tm 3850.

The TBM application for producing the main access tunnel was selected for a variety of reasons. On the one hand, a TBM enables a greater rate of advance to be achieved, thus resulting in advantages in scheduling (up to 10 months for the project). At the same time, a TBM can remove the rock in a vibration-free and gentler manner. This is something that is extremely important when fault zones have to be tackled. Furthermore, the conveyor belt system in the main access tunnel can be assembled directly on the TBM. The belt is available for continuous removal of the material and is retained after driving has been accomplished and at the same time, is used for feeding concrete aggregates to the underground concrete plant. No crusher is needed for the excavated material during the TBM drive phase. Furthermore, the dust nuisance and, in turn, the working conditions for the labour force can be assessed positively with a TBM drive. The TBM drive possesses an industrial character, with regulated work places and defined safety installations. The air intake



3 TBM-Montage vor dem Portal Châteland
TBM assembly in front of the Châteland portal

Montage der Förderbandanlage im Hauptzugangstunnel unmittelbar auf der TBM erfolgen. Das Förderband steht für einen kontinuierlichen Materialabtransport zur Verfügung und wird nach dem Vortriebsende beibehalten und zugleich für die Zufuhr von Betonzuschlagstoffen zur unterirdischen Betonanlage verwendet. Es ist während der Phase TBM-Vortrieb kein Brecher für das Ausbruchmaterial notwendig. Auch die Staubbelastung und damit die Arbeitsbedingungen für die Mitarbeiter sind bei einem TBM-Vortrieb als positiv zu bewerten. Der TBM-Vortrieb hat einen industriellen Charakter, mit geordneten Arbeitsplätzen und fest installierten Sicherheitseinrichtungen. Es gibt eine auf die jeweiligen Arbeitsbereiche abgestimmte Luftzufuhr, eine Entstaubung und eine Luftabfuhr von verunreinigter Luft und deren Abgabe hinter dem letzten Nachläufer der TBM in den freien Tunnelquerschnitt.

Die Vortriebsleistungen in den verschiedenen geologischen Zonen sind sehr unterschiedlich. Im Vallorcine-Granit konnte eine mittlere Vortriebsleistung von 15 m pro Tag gefahren werden. Im Orthogneis betrug die mittlere Vortriebsleistung 19 m pro Arbeitstag. In der anschließenden Metagrauwacke gehörten Leistungen zwischen 25 und 35 m zur „Tagesordnung“. So konnte am 29. und 30. Oktober 2011 jeweils eine Tagesleistung von 40 m erreicht werden. Im Oktober 2011 konnte aus diesem Grund eine Spitzenleistung von 727 m Monatsleistung erzielt werden. Der Abschnitt der Unterquerung des Stausees Emosson besteht aus einem sehr kompakten, massigen Augengneis. Die Penetrationen waren sehr klein (2 bis 3 mm/Umdrehung), damit konnten nur bescheidene Tagesleistungen von 10 bis 12 m erreicht werden.

Im Granit der Vallorcine und im migmatitischen Gneis wurden zwischen Tunnelmeter 1654 und 1717 erhöhte Wasserzutritte (lokal anfallend bis 40 l/s) bei hohen Wasserdrücken (bis 30 bar) festgestellt (Bild 4). Da diese Störzone den Flankenbereich der bestehenden Bogenstaumauer Emosson quert, wurde befürchtet, dass es zu einer Entwässerung des Gebirges und damit zu einer Setzung der Staumauer kommen könnte. Aus diesem Grund wurden insgesamt 6 Injektionsschirme mit jeweils 30 Bohrungen mit einer Bohrlänge von 26 m ausgeführt. Die Bohrungen wurden radial mit 15° zur Tunnelachse gebohrt. Die einzelnen Injektionsschirme hatten einen Abstand von 6 m untereinander. Der Injektionserfolg wurde mittels Kernbohrungen überprüft. Als Injektionsgut wurde CEM II, Fortico verwendet.

Nach dieser Zone wurden anhand von Vorauserkundungsbohrungen stark verschlechterte Gebirgsverhältnisse festgestellt. Aufgrund dieser Erkenntnis und der weiteren Untersuchungen dieser Störzone wurde beschlossen, das Gebirge mittels Injektionen zu verfestigen. Diese Injektionen wurden analog der bereits ausgeführten Abdichtungsinjektionen ausgeführt. Lediglich die Anzahl der Bohrungen wurde deutlich erhöht. So wurden in der Regel je Injektionsschirm ca. 60 Bohrungen ausgeführt. Bei der Injektion wurden hier vor-



4 Erhöhter Wasserandrang im TBM-Vortrieb
Increased amount of ingressing water during TBM drive

is geared to the individual working sectors, with a dedusting system, and polluted air is expelled behind the last TBM trailer in the free tunnel cross-section.

The rates of advance in the various geological zones differ extremely. An average driving rate of 15 m per day was attained in Vallorcine granite. In orthogneiss the average rate of advance amounted to 19 m per working day. Rates of between 25 and 35 m were “standard” in the Metagrauwacke that followed. On 29 and 30 October 2011, for instance, a daily rate of 40 m was achieved. In October 2011, a peak rate of 727 m for the month was consequently attained. The section undercutting the Emosson dam consists of a highly compact, massive augengneiss. Penetrations were extremely small (2 to 3 mm/rotation) so that only modest daily rates of 10 to 12 m were achieved.

In Vallorcine granite and migmatic gneiss increased amounts of ingressing water (occurring locally up to 40 l/s) given high water pressures (up to 30 bar) were encountered between Tm 1654 and 1717 (Fig. 4). As this fault zone flanks the existing Emosson arched retaining wall, it was feared that the rock could be drained, thus causing the dam wall to subside. As a result, a total of 6 grouting umbrellas each consisting of 30 drilled holes with a drilled length of 26 m was executed. The drilled holes were set radially 15° to the tunnel axis. The individual grouting umbrellas were installed 6 m apart. Core holes were drilled to test the success of grouting. CEM II, Fortico was applied as the grouting agent.

After this zone exploratory bores established badly deteriorating rock conditions. Based on this recognition and investigations that followed in this fault zone, it was decided to consolidate the rock by means of grouting. These injections were undertaken analogue to the sealing injections that had already been executed. However, the number of drilled holes was substantially increased. Thus, generally speaking, some 60 holes were drilled per grouting umbrella. Largely micro-cements were used for the injections. The fault zone sector was successfully negotiated thanks to these grouting measures.

wiegend Mikrozememente eingesetzt. Mit den durchgeführten Injektionsmassnahmen konnte der Störzonenbereich erfolgreich bewältigt werden.

3.2 Ein- und Auslaufbauwerke im Stausee Emosson

Der ursprüngliche Bauvorgang sah vor, dass für die Herstellung der Ein- und Auslaufbauwerke im Stausee Emosson eine ganze Sommer- und Herbstsaison zur Verfügung steht, in welcher der Stausee Emosson komplett abgesenkt bleibt und es dadurch möglich wird, den Ausbruch und die Verkleidung der ersten Meter der zukünftigen Triebwasserwege vorzunehmen sowie die beiden Betonbauwerke für den Ein- und Auslauf zu realisieren. Diese Vorgehensweise hätte aber einen Ausfall von einer ganzen Jahresstromproduktion der bestehenden Kraftwerksanlagen bedeutet. Der Stausee wird jeweils zwischen April und September durch die Schneeschmelze und die Niederschläge gefüllt.

Aus diesen Begebenheiten heraus wurde vonseiten des Bauherrn der Wunsch geboren, die Bauphasen für die Ein- und Auslaufbauwerke Emosson auf mehrere Jahre zu verteilen, aber auf kurze Intervalle zu beschränken. Die vorgesehene Ausführungsperiode bleibt dabei auf die Monate Anfang März bis Ende Mai reduziert. Dadurch ist es möglich, den Stausee Emosson zwischen Juni und September mit Wasser zu füllen.

Die Durchführung der Ausbruch- und Betonarbeiten der Ein- und Auslaufbauwerke in mehreren Etappen, auf mehrere Jahre verteilt, erfordert eine mehrmalige Baustelleneinrichtung und -räumung. Gleichzeitig erfordert das Arbeiten in mehreren kurzen Etappen ein immer wieder notwendiges Herrichten der Arbeitsbereiche.

Die Ausführungszeitpunkte der Ein- und Auslaufbauwerke Emosson wurden dadurch in die witterungsbedingt ungünstigere Jahreszeit verschoben. Im März und auch noch im April kann es noch zu mehr oder weniger starken Schneefällen kommen. Die Aussentemperaturen in der Zeit von März bis Mai sind in der Regel noch sehr niedrig und erfordern bei der Ausführung von diversen Arbeiten erhebliche Zusatzaufwendungen bzw. führen zu Leistungseinbussen. Erschwert wird das Ganze noch dadurch, dass die Arbeiten zur Zeit der Schneeschmelze erfolgen und im Baubereich, aber auch im Zufahrtsbereich zur Baustelle eine erhebliche Lawinengefahr besteht. Es muss daher eine ständige Überwachung durch einen verantwortlichen Bergführer gewährleistet sein. Der Bergführer kann je nach Wetterlage und Gefährdungsbeurteilung der Situation auf der Baustelle und der Baustellenzufahrt einen Abbruch der Arbeiten anordnen. Das genaue Vorgehen inkl. der Sicherheitsausbildung und der Sicherheitsausrüstung ist in einer gesonderten Arbeitsanweisung geregelt. Alle Beteiligten sind zur Einhaltung und strikten Umsetzung dieser Arbeitsanweisung verpflichtet.

Im Frühjahr 2009 wurde zunächst eine Baugrunderkundung zur Festlegung des optimalen Standorts für die Ein- und Aus-

3.2 Intake and outlet structures in the Emosson dam

It was originally intended to make an entire summer and autumn period available for producing the intake and outlet structures in the Emosson dam. During this time, the Emosson dam water was to be lowered to such an extent that it would be possible to build the first section of the future headrace tunnels as well as the concrete intake and outlet structures. However, this approach would have resulted in a full year of electricity generated by the existing power plants being lost. Between April and September the dam is filled by melted snow and precipitation.

These circumstances resulted in the client hitting upon the notion that the construction phases for the Emosson intake and outlet structures should be distributed over several years, but tackled within short spans. Towards this end, the period of execution remains restricted to from early March till the end of May. In this way, it is possible to ensure that the Emosson dam is filled with water between June and September.

Executing the excavation and concreting operations for the intake and outlet structures in several stages distributed over a number of years requires the construction site to be established and cleared on several occasions. At the same time, working in several short stages makes it necessary to set up the working sectors on a number of occasions.

As a consequence, the times for executing the Emosson intake and outlet structures were postponed till that time of year most affected by the weather. There are often heavy falls of snow in March and even in April. The outside temperatures during the period from March till May are often very low and call for substantial additional applications or lead to losses in performance during the execution of various activities. Everything is made all the more difficult by the fact that these operations have to be tackled when the snow is melting so that there is a considerable risk of avalanches affecting construction as well as the access area to the site. As a result, a responsible mountain guide must constantly supervise the situation. The guide is charged with calling for work to be ceased should circumstances on site and on the site access warrant it, depending on the weather and his assessment of how dangerous things are. The exact procedure, including safety drill and safety equipment, is contained in special working regulations. All those involved are obliged to adhere to these regulations and make sure they are properly put into practice.

In spring 2009, first of all the subsoil was investigated to establish the optimal location for the Emosson intake and outlet structures. Towards this end, an exploratory cut was made using a spider excavator in the drained lake and the rock exposed.

In spring 2010, the construction access for the Emosson intake and outlet structures was created. Towards this end, the



5 *Bau des Ein- und Auslaufbauwerks auf Kote 1917*
Building the intake and outlet structure at 1917 m

laufbauwerke Emosson durchgeführt. Dazu wurde ein Sondierschlitz mittels Schreitbagger im abgesenkten See ausgeführt und der Fels freigelegt.

Im Frühjahr 2010 wurde die Bauzufahrt für die Ein- und Auslaufbauwerke Emosson erstellt. Die Strasse führt dabei vom Baustelleninstallationsplatz am Collecteur Ouest mit einem Gefälle von bis zu 15 % zum Standort der Ein- und Auslaufbauwerke. In dieser Phase wurde auch die Bauplattform für die Durchführung der weiteren Bauarbeiten im See Emosson ausgeführt und der Voreinschnitt für die Ein- und Auslaufbauwerke Emosson fertiggestellt.

In der nächsten Bauetappe im Frühjahr 2011 wurden mittels Sprengvortrieb die ersten 50 m im Anschluss an das Ein- und Auslaufbauwerk der beiden Triebwasserwege ausgebrochen sowie die Foundationsschicht inkl. der Betonunterkonstruktion für das Ein- und Auslaufbauwerk erstellt.

Im Sinne einer Optimierung der zuvor beschriebenen terminlichen und bautechnischen Einschränkungen wurde beschlossen, die beiden Ein- und Auslaufbauwerke Emosson während der Sommermonate auf einer Plattform herzustellen, welche sich auf der Höhe 1917 m ü.M. befindet und deshalb erst kurz vor Erreichen des maximalen Seespiegels

road leads from the site installation yard at Collecteur Ouest with an incline of up to 15 % to the location for the intake and outlet structures. During this phase, the construction platform for undertaking the further building activities at Lake Emosson was produced and the precast for the Emosson intake and outlet structures completed.

During the next construction stage in spring 2011, drill+blast was applied to excavate the first 50 m connecting up to the intake and outlet structures for the 2 headrace tunnels, and the foundation layer, including the concrete subgrade for the intake and outlet structures, was produced.

In order to optimise the previously mentioned restrictions relating to scheduling and engineering it was decided to produce the 2 Emosson intake and outlet structures during the summer months on a platform, located at a height of 1917 m asl and which would first be flooded shortly before the maximum lake water level was reached (Fig. 5). As a result, ample time remains available for the extensive shuttering, reinforcing and concreting operations. The individual structures have a ground plan of 22 x 25 m and are roughly 11 m high, corresponding to a volume of approximately 6000 m³. At the end of September 2011, the lake water level had risen to such an extent that the entire structure was overflooded (Fig. 6).



6 Steigender Seewasserspiegel im Stausee Emosson
Increasing the lake water level in the Emosson dam

überflutet wird (Bild 5). Damit steht ausreichend Zeit für die umfangreichen Schal-, Bewehrungs- und Betonierarbeiten zur Verfügung. Das einzelne Bauwerk hat einen Grundriss von 22 x 25 m und eine Höhe von ca. 11 m, was einem Volumen von ca. 6000 m³ entspricht. Ende September 2011 war der Seespiegel soweit angestiegen, dass das gesamte Bauwerk überflutet war (Bild 6). Damit waren die Voraussetzungen für den Einschwimmvorgang durch einen von der Bauherrschaft bestimmten Drittunternehmer gegeben. Das Bauwerk wurde vor der Überflutung für den Einschwimmvorgang vorbereitet. Durch ein Luftkissen im Innern des Bauwerks und mithilfe eines Schwimmpontons, welcher nach dem Überfluten des Bauwerks auf der Decke des Bauwerks andockt, werden die Auftriebskräfte des Schwimmkörpers erzeugt und die Konstruktion zum Abheben von der Bauplattform veranlasst. Danach wird die gesamte Schwimmereinheit aus Bauwerk und Ponton im See verschoben und das Bauwerk an der planmässig vorgesehenen Stelle im See am Standort des späteren Ein- und Auslaufbauwerks auf der vorbereiteten Foundationsschicht abgelassen und abgesetzt (Bild 7). Dazu werden verankerte Drahtseile verwendet und eine Zentriereinrichtung sorgt für das lagegenaue Absetzen des Bauwerks an der richtigen Stelle.

This provided the prerequisites for the immersion procedure commissioned to a sub-contractor by the client. Prior to overflooding, the structure was prepared for the immersion procedure. By means of an air cushion set within the structure and with the aid of a construction pontoon that docks on the roof of the structure following overflooding, the floating body's buoyancy forces are produced and the structure then lifted from the construction platform. Thereafter the entire unit consisting of the structure and the pontoon is thrust into the lake and the structure set down and positioned on the prepared foundation layer at the exact point foreseen for the subsequent intake and outlet structure (Fig. 7). For this purpose, anchored wire cables are used and a centring device ensures that the structure is placed in the exact position.

In spring 2012, the floor and the vault of the headrace tunnel are to be produced during a further construction stage in a bore driven via drill+blast the previous year and the transition between headrace cross-section and intake and outlet structure produced. A concrete spigot is installed in the completed headrace for the subsequently necessary further excavation and concreting activities for the headrace tunnels in the power station's tailwater zone. This spigot serves as

Im Frühjahr 2012 wird in einer weiteren Ausführungsstufe die Sohle und das Gewölbe des Triebwasserweges in einer der im Vorjahr ausgebrochenen Sprengvortriebsröhre erstellt und der Übergang zwischen Triebwasserwegquerschnitt und Ein- und Auslaufbauwerk hergestellt. Für die später notwendigen weiteren Ausbrucharbeiten und Betonarbeiten der Triebwasserwege im Bereich Unterwasser der Kraftwerksanlage wird ein Betonzapfen im fertig erstellten Triebwasserweg eingebaut. Dieser Zapfen dient als temporäres Verschlussorgan während der Bauphase, damit nach Wiederanstieg des Seewasserspiegels sichergestellt ist, dass die übrigen Bauwerksteile der Kraftwerksanlage vor Wasserzutritten geschützt sind und ein Anschluss der Triebwasserwege an die bereits fertiggestellte Triebwasserstrecke unabhängig vom Seespiegel möglich ist.

Im Sommer 2012 wird das zweite Bauwerk der beiden Ein- und Auslaufbauwerke Emosson analog dem ersten Bauwerk erstellt und im Herbst 2012 an den definitiven Standort verschoben. Im Frühjahr 2013 erfolgt die Herstellung der Sohle und des Gewölbes des 2. Triebwasserweges analog der im Vorjahr ausgeführten ersten Röhre inkl. der Ausführung des Betonzapfens.

3.3 Unübliche Schadstoffe

Bei der Bauausführung werden der Unternehmer und auch der Bauherr mit Schadstoffen konfrontiert, welche zwar bekannt, aber bisher in der Art und Weise bei Vortriebsarbeiten noch nicht so häufig anzutreffen waren. Beim Vortrieb des Hauptzugangstunnels und auch bei den Vortrieben in



7 Ein- und Auslaufbauwerk wird verschifft (unter der Seeoberfläche, nicht sichtbar) und anschliessend abgesenkt (Intake and outlet structure is moved (under the lake surface, not visible) and subsequently immersed)

a temporary cut-off during the construction phase in order to ensure that the other elements of the power station are protected against ingressing water once the lake water level rises again and to provide a connection for the headrace tunnels to the already completed headrace section independent of the lake water level.

In summer 2012, the second of the 2 Emosson intake and outlet structures will be constructed in similar fashion to the first one and in autumn 2012 moved into its definitive location. In spring 2013, the floor and the vault for the second headrace tunnel will be executed in similar vein to the first tunnel completed last year, including the concrete spigot.

3.3 Unaccustomed toxic substances

During the execution of construction, the contractor and the client were confronted with toxic substances which, although known, have not been encountered quite as frequently to this extent during driving activities. When driving the main access tunnel as well as the drives at Emosson, the toxic substances radon (radioactive) and arsenic were encountered.

The problems associated with "natural" radioactivity in the Vallorcine granite rock formations were already known prior to construction work being commenced. The Radiation Protection Ordinance governs how radioactive materials should be dealt with. Accordingly, in conjunction with Suva radiation experts, practical measures on the spot, such as daily control measurements, a monitoring concept and measures when limit values are exceeded were determined – and these were laid down in the tendering documents and possible precautionary measures described. The dose rate of radiation in the driving crews' working sphere was measured on a daily basis. Furthermore, the concentration of radon gas was monitored by means of Rn dosimeters. The most effective measure when radon gas makes its presence felt during driving is simply to increase the supply of fresh air to dilute the concentration. This measure was taken into consideration for the ventilation concept so that the necessary reserves are available for the tunnel ventilation.

When checking the excavated material for traces of radioactivity (dose rate), all excavated quantities are controlled with radioactivity measuring equipment using special measurement gates (Fig. 8). The material can only then be used for aggregate production or can be dumped definitively after positive examination (determining limit value not exceeded). Should an increased amount of radioactivity be established, then this material has to be stored separately (hot tip).

So far, zones with radioactive mineralisations have also been encountered at a few places in the drives. These zones were also identified by means of control measurements. The affected areas were effectively sealed with shotcrete. The control measurements that followed revealed no further abnormalities so that the danger zones could thus be eliminated.

Emosson wurden die Schadstoffe Radon (Radioaktivität) und Arsen festgestellt.

Die Problematik der „natürlichen“ Radioaktivität in den Felsformationen des Vallorcine-Granites war bereits im Vorfeld der Aufnahme der Bauarbeiten bekannt. Der Umgang mit radioaktiven Stoffen ist in der Strahlenschutzverordnung geregelt. Entsprechend wurden in Zusammenarbeit mit den Strahlenexperten der Suva die praktischen Massnahmen vor Ort, wie tägliche Kontrollmessungen, Überwachungskonzept und Massnahmen bei Überschreitung von Grenzwerten festgelegt, und diese wurden in den Ausschreibungsunterlagen erwähnt und allfällige Vorsichtsmassnahmen beschrieben. Täglich wird die Dosisleistung der Strahlung im Arbeitsbereich der Vortriebsmannschaften gemessen. Zusätzlich erfolgt die Überwachung der Radongaskonzentration mithilfe von Rn-Dosimetern. Die wirksamste Massnahme beim Auftreten von Radongas im Vortrieb ist einzig die erhöhte Zufuhr von Frischluft zur Verdünnung der Konzentration. Diese Massnahme wurde im Lüftungskonzept berücksichtigt, sodass die notwendigen Reserven bei der Tunnelbewetterung vorhanden sind.

Bei der Überprüfung der Ausbruchmaterialien auf Radioaktivität (Dosisleistung) werden sämtliche Ausbruchmassen mittels speziell errichteter Messtore mit Radioaktivitätsmess-einrichtungen kontrolliert (Bild 8). Erst nach positiver Überprüfung (massgeblicher Grenzwert nicht überschritten) darf das Material für die Zuschlagstoffproduktion bzw. für den Einbau auf den definitiven Ablagerungen verwendet werden. Wird dabei eine erhöhte Radioaktivität festgestellt, ist dieses Material gesondert zu lagern (Heisse Halde).

In den Vortrieben wurden bisher auch an einigen wenigen Stellen Zonen mit radioaktiven Vererzungen festgestellt. Diese Zonen konnten ebenfalls durch die Kontrollmessungen erkannt werden. Die betroffenen Stellen wurden mit Spritzbeton ausreichend versiegelt. Die anschliessenden Kontrollmessungen haben keine weiteren Auffälligkeiten mehr gezeigt, sodass damit die Gefahrenzonen eliminiert werden konnten.

Zusätzlich zur Radioaktivität wurde im Hauptzugangstunnel ein weiterer, bisher in Vortrieben nicht massgeblicher Schadstoff festgestellt: Aufgrund von Analysen des Bergwassers wurden erhöhte Konzentrationen an Arsen, über 0.05 mg/l (Trinkwassergrenzwert SLMB), jedoch unter dem Grenzwert für die Einleitung in offene Gewässer, gemessen. Ebenfalls die im Nachgang gemachten Untersuchungen des Schlammes aus den Absetzbecken der Wasseraufbereitungsanlage des Tunnelwassers sowie der Kiesaufbereitung zeigten erhöhte Mengen an Arsen. Je nach zulässigen Konzentrationswerten erfolgte die Entsorgung des Schlammes in einer Reststoffdeponie oder in einer Inertstoffdeponie. Die Zonen mit den hohen Arsengehalten befinden sich besonders in den Orthogneisen.



8 Messportal für radioaktives Ausbruchmaterial
Measurement portal for radioactive excavated material

Apart from radioactivity, a further toxic substance was unearthed in the main access tunnel, which has so far not been extensively found in excavations: thanks to underground water analyses, increased concentrations of arsenic, in excess of 0.05 mg/l (drinking water limit SLMB – Swiss Ordinance) were found, although still beneath the limit for discharging them into open waters. Similarly, the investigations of the mud from the settling basin of the water preparation plant for the tunnel water as well as the gravel preparation indicated increased amounts of arsenic. Depending on the permissible concentration values, the mud was disposed of in a residual landfill or an inert material tip. The zones with high arsenic contents are mainly found in the orthogneisses.

After encountering these increased arsenic concentrations, possible harmful effects on the health of the labour force in the tunnel were examined. However, as so far (until today) no findings are available in this respect, it was decided to commission a specialised institute (Swissi) to undertake a study with the aim of establishing appropriate health-protecting measures.

The study revealed that contact with underground water containing arsenic and arsenic dust mainly represents a problem only when ingested orally, thus penetrating the gastrointestinal tract. The danger of arsenic being absorbed via the skin is largely negligible. Wounds represent an exception. Skin contact, however, is associated with oral penetration.

It is essential to wear protective gloves, goggles and possibly a protective mask in order to prevent arsenic contamination during certain activities that cause contact with underground water, rock dust and mud. Additionally, manual hygiene rules for smoking, eating and drinking are advisable. Thus it is recommended not to make coffee or tea in the tunnels. Instead, such beverages should be carried in large thermos flasks prepared prior to the shift starting.

The accommodation containers in the tunnel should be wet cleaned at regular intervals in order to minimise dust

Nach dem Antreffen der erhöhten Arsenkonzentrationen wurden die möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf die Mitarbeiter im Tunnel untersucht. Da hierüber (bis heute) aber keine Erfahrungen vorliegen, wurde beschlossen, ein auf derartige Problemstellungen spezialisiertes Institut (Swissi) mit einer Studie zu beauftragen, mit der Zielsetzung, die erforderlichen gesundheitsschützenden Massnahmen festzulegen.

Die Studie hat ergeben, dass der Kontakt mit arsenhaltigem Bergwasser und Arsenstaub vorwiegend nur bei oraler Aufnahme und damit einem Eindringen in den Magen-Darm-Trakt ein Problem darstellt. Die Gefahr des Eindringens des Arsens über die Haut ist weitgehend vernachlässigbar. Ausnahmen stellen lediglich Hautverletzungen dar. Der Hautkontakt ist aber im Zusammenhang mit dem oralen Eindringen zu sehen.

Zur Vermeidung einer Arsenkontamination muss bei bestimmten Tätigkeiten, welche einen Kontakt mit Bergwasser, Gesteinsstaub und Schlamm hervorrufen, das Tragen von Schutzhandschuhen, Schutzbrille und ggf. auch Schutzmaske umgesetzt werden. Zusätzlich werden Handhygiene-Regeln für das Rauchen, Essen und Trinken empfohlen. So soll die Zubereitung von Kaffee- und Teegetränken im Tunnel eingestellt werden. Stattdessen sollen die Getränke mit grossen Thermoskannen am Schichtbeginn in den Tunnel mitgenommen werden.

Die Aufenthaltscontainer im Tunnel sollen öfters regelmässig feucht gereinigt werden, um Staubansammlungen zu minimieren. Der Kleiderwechsel und das Duschen nach Schichtende müssen zwingend ausserhalb der Wohncontainer stattfinden, sodass eine Verschleppung der Kontamination in den Wohnbereich vermieden werden kann. Die Arbeitskleidung soll noch regelmässiger zur Reinigung abgegeben werden. Speziell die Personen, welche Tätigkeiten mit einem hohen Anteil an Kontakt mit Schlamm, Bohrwasser und Gesteinsstaub ausüben, sollen angehalten werden die Arbeitskleidung in kurzen Intervallen zur Reinigung zu geben.

3.4 Materialmanagement und Logistik (Ausbruchmaterial/Betonzuschlagstoffe)

Infolge der Komplexität der Baustelle mit den zahlreichen Vortriebsabschnitten, welche parallel ausgeführt werden müssen, der begrenzten Zugangsmöglichkeiten und der grossen Höhendifferenzen (1100 bis 2300 m ü.M.) zwischen den einzelnen Bauobjekten kommt der Logistik eine Schlüsselrolle zu. Total sind 16.5 km Stollen und Tunnel mit einer gesamten Ausbruchkubatur von 1 250 000 m³ fest auszubrechen. Diese Gesteinsmasse wird grösstenteils in 3 Ablagerungen endgelagert. Die zu produzierende und einzubauende Betonmenge beträgt 320 000 m³ Frischbeton. Die Betonzuschlagstoffe werden aus geeignetem Ausbruchmaterial (Granite und Gneise) in einem speziell aufgebauten Kieswerk im Baustellenbereich hergestellt.

accumulating. Changing clothes and taking showers must be carried out outside the accommodation container so that no contamination is carried into the living quarters. Working clothes must be regularly handed over for cleaning purposes. Particularly those persons whose activities bring them into regular contact with mud, drilling water and rock dust must be urged to hand over their clothing to be cleaned at short intervals.

3.4 Material management and logistics (excavated material, concrete aggregates)

Owing to the complexity of the construction site with its numerous excavation sections which have to be executed parallel to one another, the restricted access opportunities and the major difference in altitude (1100 to 2300 m asl) between the various facilities being built, understandably logistics has a key part to play. Altogether 16.5 km of galleries and tunnels with a total excavated cubage of 1,250,000 m³ have to be driven. This rock mass will largely end up being dumped. 320,000 m³ of fresh concrete has to be produced and placed. The concrete aggregates are produced from suitable excavated material (granites and gneisses) in a special gravel plant on the site.

The excavated material from the TBM drive for the main access tunnel is transferred via a belt conveyor system to the Châteldard portal where it is discharged via a swivelling arm. High requirements are placed on the belt conveyor: the final length amounts to 5600 m, the maximum transport capacity is 1000 t/h, the gradient 12 % and the curved radius 800 m. The forces and speeds from various load cases are compensated by means of 3 booster stations (Fig. 9).

The excavated material from the drill+blast drives is carried out by means of special mucking vehicles from the driving zone directly to the final dump or to the tipping point crusher plant/conveyor system in the underground section. The trucks have a gross weight of 48 t and are specially devised for tackling 12 % gradients as well as for being loaded in constricted space conditions (Fig. 10).



9 *Boosterstation im TBM-Vortrieb*
Booster station in the TBM drive

Das Ausbruchmaterial aus dem TBM-Vortrieb des Hauptzugangstunnels wird über eine Förderbandanlage zum Portal Châtelard geführt und hier über einen Schwenkausleger abgeworfen. An das Förderband sind hohe Anforderungen gestellt: Die Endlänge beträgt 5600 m, die maximale Transportkapazität 1000 t/h, die Steigung 12 % und die Kurvenradien 800 m. Mittels dreier Boosterstationen werden die Kräfte und Geschwindigkeiten aus den diversen Lastfällen ausgeglichen (Bild 9).

Das Ausbruchmaterial aus den Sprengvortrieben wird mittels speziellen Schutterfahrzeugen aus dem Vortriebsbereich direkt auf die Endablagerung oder zur Kippstelle Brecheranlage/Förderanlage im Untertagebereich geführt. Die Lkw verfügen über ein Gesamtgewicht von 48 t und sind speziell für das Befahren von Steigungen und Gefällen von 12 % sowie für die engen Platzverhältnisse beim Beladen konzipiert (Bild 10).

Sobald der Hauptzugangstunnel fertig aufgefahren und der Durchschlag mit dem Zugangstunnel von Emosson aus erfolgt ist, wird am oberen Ende des Hauptzugangstunnels eine untertägige Betonmischanlage betrieben. Sie wird die bestehende Anlage am Portal Châtelard ersetzen (Bild 11). Die untertägige Anlage wird mit 2 Mischeinheiten ausgerüstet und gleichzeitig Spritzbeton für Sicherungsarbeiten und Konstruktionsbeton produzieren können. Für die Versorgung dieser Betonanlage wird der Betonzuschlagstoff über die Förderbandanlage im Hauptzugangstunnel transportiert, um die notwendigen Lkw-Fahrten im Hauptzugangstunnel zu beschränken. Je nach Bauphase und Bedarf an Beton werden dabei bis zu 3000 t Betonkies an einem Tag mit der Förderbandanlage transportiert. Der Betonkies wird in den Zuschlagstoffsilos bei der untertägigen Betonanlage zwischengelagert. Parallel zu diesen Silos befindet sich eine 2. Siloreihe für die Lagerung der Betonzuschlagstoffe für die Staumauererhöhung in Vieux Emosson. Auch dieser Betonzuschlagstoff mit den Fraktionen 0/4, 4/8 und 8/16 wird mit der Förderbandanlage bis in die Siloanlage neben der untertägigen Betonanlage transportiert. Von dort aus wird der Zuschlagstoff für die Staumauererhöhung per Lkw über die Zugangstunnel in Richtung Vieux Emosson weitertransportiert. Die Staumauererhöhung wird in den Sommermonaten 2013 und 2014 realisiert.

Neben den Betonzuschlagstoffen müssen Zement, Flugasche und Betonchemie sowie Stahlfasern für den Spritzbeton per Lkw von Châtelard aus über den Hauptzugangstunnel zur untertägigen Betonanlage transportiert werden. Für die übrigen Baumaterialien, wie Schalung, Rohre, Bewehrung usw. werden am Portal Châtelard entsprechende Rollpaletten befüllt und mit Zugeinheiten des Systems Terberg an den jeweiligen Bestimmungsort unter Tage transportiert.

Für die Organisation der Logistik gibt es eine Logistikzentrale mit verantwortlichen Personen, welche die Bauabläufe im Detail kennen und jeweils entscheiden, welche Baustellen wann welchen Beton und welches Baumaterial erhalten. Dabei gilt der Grundsatz der Priorität für die unterschiedlichen Bauteile.

As soon as the main access tunnel has been completely driven and the breakthrough to the Emosson access tunnel finished, an underground concrete mixing plant will be operated at the upper end of the main access tunnel. It will replace the existing plant at the Châtelard portal (Fig. 11). The underground plant will be fitted with 2 mixing units so that it is at the same time able to produce shotcrete for support work and structural concrete. Concrete aggregate will be transported to supply this concrete plant via the belt conveyor system in the main access tunnel so that the number of truck transports in the main access tunnel is restricted. Depending on the construction phase and the demand for concrete, up to 3000 t of concrete gravel will be carried on the belt conveyor system daily. The gravel will be temporarily stored in the aggregate silos at the underground concrete plant. Parallel to these silos, there is a second row of silos for storing the concrete aggregates needed for raising the retaining wall at Vieux Emosson. This concrete aggregate with the fractions 0/4, 3/8 and 8/16 will also be transported via the belt conveyor system to the silos next to the underground concrete plant. From there, the aggregate required for raising the retaining wall will be carried by truck via the access tunnel towards Vieux Emosson. The retaining wall will be raised during the summer months of 2013 and 2014.

In addition to the concrete aggregates, cement, fly ash and concrete chemicals as well as steel fibres for the shotcrete must be transported by truck from Châtelard through the main access tunnel to the underground concrete plant. As far as the other building materials such as shuttering, pipes, reinforcement, etc. are concerned, corresponding mobile palettes are to be loaded at the Châtelard portal and transported via train units (Terberg system) to the various destinations underground.

There is to be a logistics centre manned by various responsible persons for organising the logistics – people who know the construction procedures inside out and can decide which concretes and which materials are to go to which site. Towards this end, there is a priority system gov-



10 Spezielle Lkw zur Stollenschutterung
Special trucks for handling muck



11 Betonanlage Châtellard
Châtellard concrete plant

Für die Durchführung dieser schwierigen Aufgabe ist es erforderlich, dass sämtliche Materialanforderungen bei der Logistik angemeldet werden müssen. Die Logistikzentrale ist auch für die Zufahrt in den Tunnel verantwortlich und entscheidet, wann wer wohin fahren darf. Die Organisation und Einrichtung der Logistik ist derzeit in der Aufbauphase.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Baustelle Pumpspeicherwerk Nant de Drance bietet auch in den nächsten Jahren noch zahlreiche Herausforderungen und interessante Aufgabenstellungen. Mit dem in diesem Jahr vorgesehenen Durchschlag des Hauptzugangstunnels beginnt die Phase der Neuausrichtung der Baustelle. Es müssen die notwendigen Voraussetzungen für die Bewältigung der anstehenden logistischen Probleme, Realisierung der weiteren Vortriebsarbeiten und den Beginn der Verkleidungs- und Innenausbauarbeiten geschaffen werden. Nur wenn in dieser Phase die richtigen Baustelleneinrichtungen und Installationen mit ausreichenden Kapazitäten und Systemreserven eingerichtet werden, lassen sich die zukünftig notwendigen hohen Leistungen zur Einhaltung des Bauprogramms mit Erfolg erbringen.

erning the various elements. It is essential that all requests for material are registered with the logistics centre so that this difficult task can be carried out. The logistics centre is also responsible for accessing the tunnel and decides just when and who is permitted to drive to a particular point. Currently, the organisation and set-up for the logistics is being established.

4 Conclusions and outlook

The Nant de Drance pumped-storage power station construction site will offer further numerous challenges and interesting tasks in the years ahead. This year's intended breakthrough of the main access tunnel heralds in a new phase for the site. The necessary prerequisites for overcoming the existing logistical problems, the accomplishment of the remaining driving operations and the start of the lining and inner furnishing activities must all be resolved. Only if the proper site facilities and installations are established in this phase with sufficient capacities and system reserves will it also be possible to ensure that the high performances required to accomplish the construction programme successfully in future are achieved.