

## Wasserversorgungstunnel in Kuala Lumpur

In den Bergen von Kuala Lumpur/Malaysia wird bei hoher Überdeckung der 44,6 km lange Pahang Selangor Wassertunnel mit 3 TBM von Robbins vorgetrieben. Mit diesem Tunnel soll die nachlassende Trinkwasserversorgung der Metropole durch Lieferung aus anderen Gebieten um Kuala Lumpur verbessert werden.

Mit einer Länge von 44,6 km durch massives Felsgestein, heiße Mineralquellen und Verwerfungszone zählt der Pahang-Selangor Raw Water Tunnel in Malaysia sicher nicht zu den einfachen Bauprojekten. Fachkräfte und Arbeiter aus Indonesien, Thailand, Japan, dem Vereinigten Königreich und Malaysia sind auf 3 TBM- und mehrere NÖT-Baustellen verteilt, wo sie in Schichtarbeit unermüdlich den Tunnel vorantreiben. Aufgrund der abgelegenen Baustellen, weit entfernt von der Hauptstadt Kuala Lumpur, müssen nicht nur Vorräte per Lkw herangeschafft werden. Notgedrungen müssen täglich Tunnelbauelemente wie Sohlübblinge vor Ort hergestellt

**Desiree Willis, Technical Writer**, The Robbins Company, Kent, WA/USA  
www.TheRobbinsCompany.com

werden. „Unsere TVM werden auf einer Länge von über 33 km in den unterschiedlichsten Gesteinsformationen eingesetzt. Während die TVM in einem Tunnel auf eine Gesteinsfestigkeit von 230 MPa trifft, muss sich die TVM in einem anderen Tunnel mit nur 50 MPa durch den Fels vorarbeiten. Unglaublich, aber diese TVM sind bisher mit allem fertig geworden – und wir liegen auch noch gut in der Zeit“, berichtete Andy Birch, Robbins' Leiter der Baustelle Adit 4. Seit dem Frühjahr 2012 werden 3 TVM mit einem Durchmesser von je 5,23 m eingesetzt, die durchschnittlich einen monat-

## Water Tunnel in Kuala Lumpur

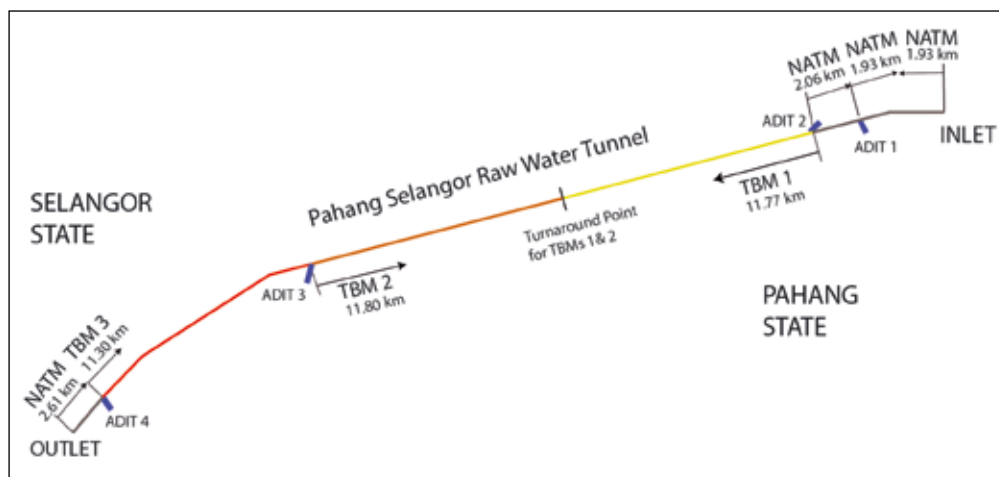
The 44.6 km long Pahang Selangor Water Tunnel is utilizing 3 Main Beam TBMs from Robbins to excavate under complex, high cover conditions in the mountains outside of Kuala Lumpur/Malaysia. The tunnel will bolster dwindling supplies in the capital city by transferring water from other areas.

At 44.6 km long below mountainous hard rock, hot springs, and fault zones, Malaysia's Pahang Selangor Raw Water Tunnel is no easy excavation. A tireless workforce, hailing from Indonesia, Thailand, Japan, the U.K., and Malaysia are assigned to each of 3 TBM sites as well as several NATM sites, where they work in shifts. Supplies are trucked in and components such as invert segments are cast daily on the TBM sites out of necessity due to the remote project locations outside of Kuala Lumpur. "We've got over 33 km of TBM excavation in really different rock conditions. We are going from 230 MPa rock strength in

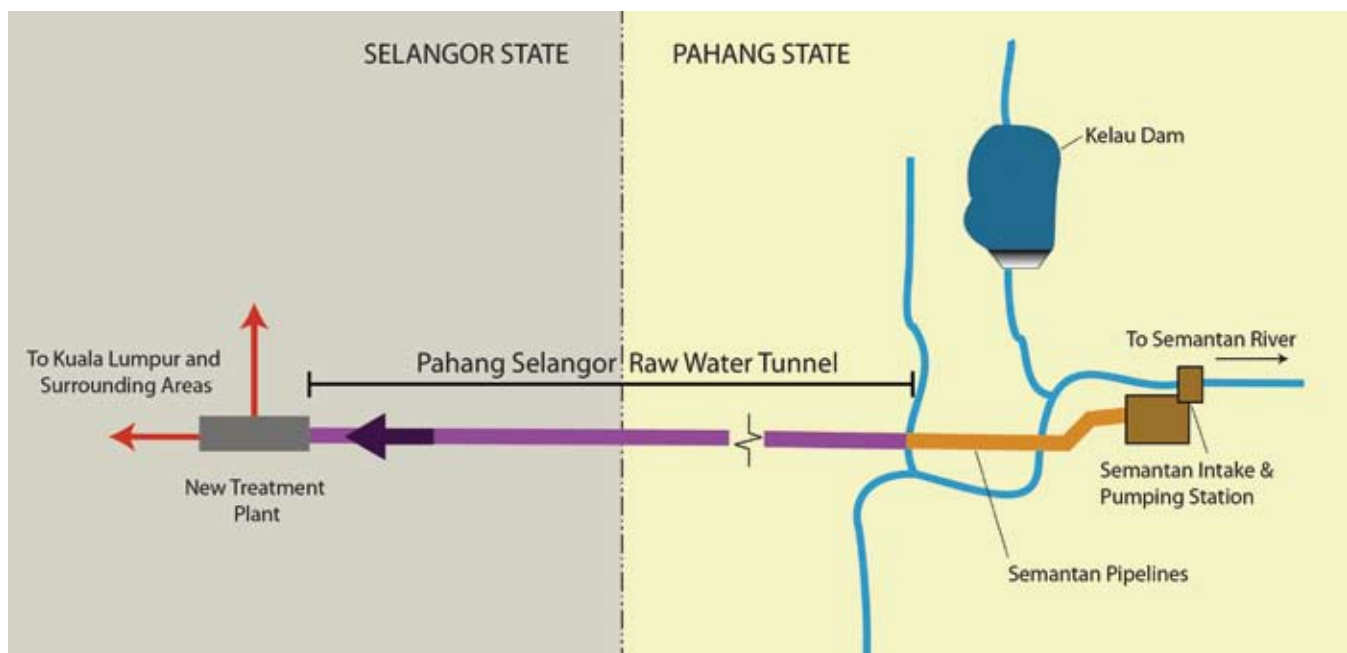
one tunnel down to 50 MPa and blocky ground in another tunnel. These machines have been able to handle everything we've thrown at them, while maintaining good advance rates," said Andy Birch, Robbins site manager at the Adit 4 site. As of Spring 2012 three 5.23 m diameter TBMs were averaging 500 m per month with maximum rates as high as 721 m. Their innovative means to achieve these rates ranges from custom muck removal to novel ground support to high-tech wireless data analysis.

### One of the Longest Tunnels in Southeast Asia

Kuala Lumpur, a city of 7.2 million people, is a former tin mining town ideally located in the bowl-shaped Klang Valley surrounded by mountains. Now the most populous city in Malaysia, the water supply sourced from local rivers is projected to run short in the near future. To address forecasted needs, the Malaysian Ministry of Energy, Green Technology, and Water (KeTTHA) has commissioned the Pahang-Selangor Raw Water Tunnel – one of the longest tunnels in Southeast Asia. The conduit will transfer water from the Semantan River in Pahang State to the Selangor/Kuala Lumpur region, travelling as



Pahang Selangor Map: A combination of several NATM headings and 3 TBM drives are being used to excavate the long tunnel



At 44.6 km long, the Pahang Selangor Raw Water Tunnel is one of Southeast Asia's longest

lichen Vortrieb von 500 m – und bisher einen Maximalvortrieb von 721 m – geschafft haben. Zu den Innovationen, die diese Geschwindigkeiten ermöglicht haben, zählen neben der spezifischen Lösung für Schutterung auch neue Techniken zur Felssicherung sowie eine funkgestützte Datenanalyse der neuesten Generation.

### Einer der längsten Tunnel in Südostasien

Kuala Lumpur, wo heute 7,2 Mio. Menschen leben, war ehemals eine Kleinstadt, die von Zinnabbau lebte. Sie liegt ideal in dem beckenförmigen und von Bergen umsäumten Klang Valley. In der bevölkerungsreichsten Stadt Malaysias hat man erkannt, dass die bisher über die nahegelegenen Flüsse abgesicherte urbane Wasserversorgung in naher Zukunft an ihre Grenzen stoßen wird. Um den prognostizierten Wasserbedarf abzudecken, hat das malaysische Ministerium für Energie, Grüne Technologien und Wasser (KeTTHA)

das Projekt Pahang-Selangor Raw Water Tunnel – einen der längsten Tunnel Südostasiens – in Auftrag gegeben. Mit dieser Versorgungsleitung wird Flusswasser aus dem Bundesstaat Pahang in die Region Selangor/Kuala Lumpur transportiert, und zwar in einer Tiefe von bis zu 1200 m unter der Titiwangsa-Gebirgskette.

Ab Mai 2014 sollen pro Sekunde bis zu 27,6 m<sup>3</sup> Rohwasser durch den fertig gestellten Tunnel fließen. Über eine 858 m lange Einspeiseleitung mit Pumpstation im Becken des Pahang River wird dann Wasser in den Tunnel geleitet, das in Selangor entnommen und zu einer neuen Wasseraufbereitungsanlage weitertransportiert wird.

Mit Blick auf einen zügigen Vortrieb durch schwierige Geologie und Bereiche hoher Überdeckung entwickelte das KeTTHA ein Projekt, das mehrere Tunnelvortriebe mit dem NÖT-Ausbaukonzept an den Anfangs- und Endpunkten kombiniert. Nach einer sorg-

deep as 1,200 m beneath the Titiwangsa mountain range.

Up to 27.6 m<sup>3</sup> of raw water per second is scheduled to begin flowing through the completed tunnel by May 2014. An 858 m long inlet conduit structure and pumping station, located in the Pahang River Basin, will draw water from the river to the tunnel, while outlet structures in Selangor will transfer the water to the site of a new treatment plant. In order to excavate swiftly in difficult high cover rock conditions, KeTTHA developed a program combining multiple TBM drives with NATM methods at the inlet and outlet portals. After a detailed prequalification and bid process, SNUI JV was selected in 2009 as the contractor for the project - a consortium of Shimizu Corporation and Nishimatsu Construction of Japan, along with local companies IJM Corp. and UEM Builders Bhd. The JV is now operating 3 Robbins Main Beam TBMs, each excavating tunnel sections ranging from 11.3 to 11.8 km in length, in mountainous areas outside the city.

### Tunnelling Methods

While vertical tunnel walls were specified in short sections of NATM excavation (ranging from 1.9 to 2.6 km each), the tunnel length and geology, consisting of granites with approx. 50 to 200 MPa UCS, prevented using drill and blast for the main drive. "In this type of hard rock, we prefer to use Robbins TBMs. The total contract construction time is 5 years and the tunnel is quite long, so drill and blast could not have done this in the time specified," said Ohashi, Mechanical Engineer for SNUI JV.

The contractor's experience with Robbins TBMs also helped them to narrow down a decision. "When I worked in Hong Kong in 1998, I used a TBM of this manufacturer on a tunneling project, so this is my second time using a Robbins machine. I have used other machines, but this design is simpler and easier to use, and more powerful," said Nakano, Deputy Project Manager for the SNUI JV.



Three 5.23 m diameter Main Beam TBMs are excavating up to 721 m per month in Malaysia

fältigen Vorauswahl und Ausschreibung wurde 2009 der SNUI JV – einem Konsortium aus den japanischen Firmen Shimizu Corporation und Nishimatsu Construction sowie den lokalen Unternehmen IJM Corp. und UEM Builders Bhd. – der Zuschlag erteilt. Das Joint Venture setzt heute 3 offene Robbins-TVM ein, um 11,3 bis 11,8 km lange Tunnelabschnitte aus den Bergen vor den Toren der Stadt zu fräsen.

### Angewandte Vortriebs-techniken

Auch wenn in manchen kürzeren Abschnitten (zwischen 1,9 und 2,6 km) nach der NÖT-Me-

thode gearbeitet werden kann, so lassen die Tunnelänge und die Geologie – Granit mit einer Druckfestigkeit zwischen 50 und 200 MPa – die Bohr- und Sprengvortriebsmethode als primäre Ausbautechnik nicht zu. „Bei solch festem Gestein setzen wir lieber die TVM ein. Laut Vertrag ist der Tunnel in 5 Jahren fertig zu stellen. Angesichts der Tunnelänge wäre mit der Bohr- und Sprengvortriebsmethode diese Vorgabe nicht einzuhalten“, sagte Maschinenbauingenieur Ohashi vom SNUI JV.

Die Erfahrung des Baukonsortiums mit den TVM war ein weiterer Faktor bei der Entscheidungsfindung. „Als ich

### Hard Rock Machines, High-Tech Design

To tackle the high cover, hard rock conditions, the 3 machines were designed with unique design aspects - from custom cutterheads to streamlined operator's cabs. The TBMs were engineered with the smallest diameter back-loading cutterheads ever to be mounted with 19-inch disc cutters. The back-loading design increases safety and efficiency during cutter changes, as workers are not exposed to the tunnel face. The larger cutter diameter also aids in increased cutter life and higher advance rates in hard rock, compared to 17-inch diameter cutters.

### Cutter Monitoring

Not only is the cutterhead design novel, but the cutters themselves are being continuously analyzed using Robbins' new cutter monitoring system. The wireless system keeps track of several variables on each cutter, including cutter rotation, temperature, and vibration.

Following some design modifications, the monitors have been installed on the 19-inch face and gage cutters of 1 of the 3 TBMs, with installations planned on the other 2 TBMs shortly. Each cutter is equipped with a sensor bolted inside the cutter housing, allowing raw data to be sent to a program display in

1998 in Hongkong gearbeitet habe, habe ich bei einem Tunnelprojekt eine Robbins-TVM eingesetzt. Das ist also das zweite Mal, dass ich mit einer TVM dieses Herstellers zu tun habe. Natürlich habe ich schon andere TVM eingesetzt, aber Robbins hat da eine Maschine, die einfacher und leichter zu bedienen und leistungsstärker ist“, so Nakano, stellvertretender Projektleiter der SNUI JV.

### High-Tech-TVM für Festgestein

Um das hohe, feste Deckgestein abzutragen, haben die Konstrukteure besondere Lösungen für die 3 TVM umgesetzt: von maßgeschneiderten Bohrköpfen bis hin zu einsatzoptimierten Führerkabinen. Die Backloading-Bohrköpfe weisen den kleinsten Durchmesser auf, der jemals mit 19“-Schneidrollen realisiert wurde. Das Backloading-Design erhöht zudem die Sicherheit und Effizienz beim Meißelaustausch, da somit die Arbeiter nicht mit der Ortsbrust in

Kontakt kommen. Der größere Meißeldurchmesser erhöht die Lebensdauer und ermöglicht im Vergleich zu einem 17“-Meißel eine höhere Vortriebsgeschwindigkeit in Festgestein.

### Überwachung des Bohrkopfs/der Rollenmeißel

Nicht nur der Bohrkopf wurde neu konzipiert, auch die Meißel selbst werden ständig über das neue hauseigene Meißelüberwachungssystem überprüft. Mit dem drahtlosen Überwachungssystem werden verschiedene Betriebsparameter der Meißel kontinuierlich überwacht, u.a. ihre Drehgeschwindigkeit, Temperatur und die Vibrationsstärke.

Nach Durchführung einiger konstruktionsbedingter Änderungen wurden die Sensoren an der Stirnseite der 19“-Rollenmeißel einer der 3 TVM angebracht. Die beiden anderen TVM sollen damit ebenfalls bestückt werden. In jedem Meißelgehäuse befindet sich



Wireless operator's cabs and touch screens in each TBM enable user-friendly tracking of all the machine's functions

the operator's cabin. "The new system allows contractors to plan cutter changes, because they know when one cutter becomes blocked and stops rotating, creating a higher load on the adjacent state of wear of all their cutters. They are also aware of sudden cutter failures through increases in temperature or failed rotation," said Steve Smading, Cutter Product Manager.

### Touch Screens and Wireless Operation

Operator's cabs on each of the 3 machines include industrial computer systems and wireless routers. The routers allow for laptop access to control systems from any location on the TBM, and allow for remote access of the Programmable Logic Controller (PLC). Integrated touch screens are another feature of the cab designs. Dual Central Proces-

Wir bewegen  
Ihren Fortschritt



Vorschubzylinder 3555 mm



HOVEN  
HYDRAULIK

### Wir bauen Ihre Hydrauliksysteme.

Passgenau nach Ihren Anforderungen entwickeln und produzieren wir maßgeschneiderte Hydraulikkomponenten, vom präzisen Bauteil über komplexe Hydraulikzylinder bis zur umfassenden Systemlösung.

Die beste Lösung ist genau die Richtige.

hoven.de

ein Sensor, der Rohdaten an eine Anzeige im Führerhaus weiterleitet.

„Unser neues System bietet nun die Möglichkeit, die Meißel dann auszutauschen, wenn es vonnöten ist. Man weiß nun, wann ein Meißel blockiert ist und sich nicht mehr dreht, was zu einer höheren Belastung und einem höheren Verschleiß der üb-

Prozessoren ermöglichen die Steuerung eines TVM-Betriebs- und TVM-Notfallsystems. Auf die Videoüberwachungsanlagen (CCTV), automatische Messdatenerfassungs- und lasergestützte Führungssysteme kann über die Touchscreens, die eine individuelle Anpassung erlauben, problemlos zugegriffen werden.

Dank Systemintegration und Ethernet-Anschluss können alle

sing Units (CPUs) provide both an operating and standby system for machine control, while Closed-Circuit Television (CCTV), data logging, and laser guidance systems are all accessible and adjustable via the screens.

Due to the system integration and ethernet connection, all data can be transmitted to the surface via fiber optic cables for viewing. “We have been keeping all real-

time data on our servers. These are in our site offices, and there is one in Tokyo, which then routes the data on the internet. Because of this our actual progress data is available anywhere in the world from our password-protected website,” said Nakano.

### Novel Ground Support

While the ground support program varies from steel straps to



Remote adit sites are located in the mountains surrounding Kuala Lumpur, Malaysia, requiring supplies such as invert segments to be cast onsite

rigen Meißel führen würde. Auch plötzliche Meißel ausfälle werden dem Maschinisten durch eine steigende Meißeltemperatur oder eine auf Null zurückgegangene Rotationsgeschwindigkeit angezeigt“, so Steve Smading, Cutter Product Manager.

### Touchscreens und drahtloser Maschinenbetrieb

Die Führerstände aller 3 TVM wurden mit Industriecomputern und drahtlosen Routern ausgestattet. Über Letztere kann per Laptop von jedem Standpunkt aus Zugriff auf die Steuerung der TVM genommen werden. Fernzugriff über den Programmable Logic Controller (PLC) ist ebenso möglich. Zu den Neuerungen im Führerhaus zählen auch Touchscreens. Computer mit 2

Daten per Glasfaserkabel zur Oberfläche zur weiteren Analyse übertragen werden. „Wir speichern alle Echtzeitdaten auf Servern. Diese stehen in den Baustellenbüros. Zusätzlich steht noch einer in Tokyo. Von dort werden die Daten für einen Zugriff per Internet zur Verfügung gestellt. So können Informationen über den aktuellen Projektstand überall auf der Welt von einer passwortgeschützten Website abgerufen werden“, so Nakano.

### Neuartige Erdreichabstützung

Zwar reicht die Palette für die Gesteinsart abhängige Felssicherung von Stahlbügeln bis hin zu Ankerbolzen, die Abstützung erfolgt jedoch primär mit einem neuartigen Spritzbeton. Dieser – eine Mischung aus einem Spezialtrockenmörtel,



Three continuous conveyor systems are operating simultaneously behind each TBM, averaging 92 % availability

Polypropylenfasern und einem Schnellbinder – wird manuell über eine kontinuierlich betriebene Pumpanlage (Mischen und Befüllen) aufgetragen. Der von den japanischen Firmen MCM Co., Ltd. und DENKA entwickelte Beton wurde schon bei vielen TVM- und NÖT-Projekten in Japan eingesetzt. Erstmals wird er nun bei einem internationalen Vorhaben verwendet.

„Die Trockenmischanlage bietet den Vorteil, dass man sie nach Bedarf ein- und ausschalten kann. Sie kann sogar im TVM-Nachläufer mitgeführt werden. Im Vergleich dazu verursachen Nassmischanlagen Materialverluste, wenn sie ständig ein- und ausgeschaltet werden, was zu reinigungsbedingten Standzeiten führt“, so Nobuo Sue-matsu von MCM Co., Ltd.

rock bolts based on the rock classification, the majority of primary support is being done using a novel type of shotcrete. The shotcrete is applied manually and consists of a continuous mixing and charging pump system, customized dry mortar mix with polypropylene fibers, and a fast-acting accelerator. The shotcrete, developed by MCM Co., Ltd. and DENKA of

Japan, has been used on numerous TBM and NATM projects in Japan, though this is the first time the system has been used internationally. “The dry mix system is advantageous because it can be started and stopped whenever necessary, and can be mounted in the TBM back-up. Wet systems, by comparison, generate unused mortar if frequently started and





A novel type of polypropylene fiber shotcrete is being applied as the primary means of ground support - a mixture that reduces rebound

Die Firmen MCM und DENKA haben mit Robbins kooperiert, um einen Spritzbeton zu entwickeln, der praktisch nicht quillt und der als primäre Erdreichabstützung dienen soll. Der Beton wird nach jedem TVM-Takt in einer Schicht von 2 cm direkt hinter der Bohrkopfabstützung aufgebracht und abhängig vom Erdreich mit einem Ringanker verstärkt. 24 Stunden nach seiner Auftragung weist der Beton eine Druckfestigkeit von bis zu 15 MPa auf. „Der Beton ist sehr schnell bindend und breitet sich nicht aus – das alles, ohne dass der Mörtel einem hohen Druck ausgesetzt werden muss“, so Nakano.

### Förderbänder im Dauerbetrieb

Drei kontinuierlich betriebene Textilförderbänder von Robbins werden gleichzeitig hinter den TVM betrieben. Laut Nakano war dies die einzige

Lösung, um maximale Effizienz zu erreichen: „Ganz zu Anfang haben wir an Loren oder Karren mit Vollgummireifen für die Schutterung gedacht, aber der Tunneldurchmesser ist zu klein dafür, außerdem hätten Loren zu viel Zeit gekostet. Eine doppelte Gleisführung war wegen des zu kleinen Durchmessers auch ausgeschlossen. Also blieben nur noch Förderbänder. Die Zeit für den Ausbau der Förderbänder ist sehr kurz, was wiederum von großem Vorteil für uns ist“. Die Förderanlage wird derzeit alle 8 bis 10 Tage erweitert, der Zeitaufwand hierfür liegt bei 10 bis 12 Stunden. In dieser Zeit können auch Wartungsarbeiten an der TVM durchgeführt und die Meißel inspiziert werden.

Bei Erstellung dieses Beitrags wies die Förderanlage eine Verfügbarkeitsquote von durchschnittlich 92 % auf, d.h. problematische Fördersituationen sind selten. „Wir sind mit

sive strength of up to 15 MPa is achieved within 24 hours of application. „The shotcrete is very quick setting with no rebound, and the mortar does not require high pressure application,“ said Nakano.

### Continuous Conveyors

Three Robbins fabric belt continuous conveyors are operating simultaneously behind the TBMs, a setup that was the only way to maximize efficiency, according to Nakano: „We considered muck cars and rubber-tired trucks early on, but the tunnel diameter is too small for trucks, and muck cars would take too much time out of the schedule. This is because the diameter is so small; we couldn't make a double track. Conveyor was our only choice. The extension time



Adit 4 Site Manager Andy Birch (Robbins) surveys the excavated tunnel

stopped, requiring downtime for cleaning,“ said Nobuo Suematsu, MCM Co., Ltd.

MCM and DENKA worked with Robbins to create a near-zero rebound L1 shotcrete system to be used as the primary means of ground support. The shotcrete is applied following each TBM stroke in a 2 cm layer directly behind the cutterhead support, and is accompanied by ring beams depending on the ground conditions. Compres-

so this is a big advantage for us.“The belt is added every 8 to 10 days, a process that takes 10 to 12 hours and is paired with TBM maintenance and cutter inspections.

At the time of writing the conveyors were operating with good availability, averaging at 92 % with few problems. „We like the continuous conveyor because we can bore without interruptions, so we can make

den ständig laufenden Bändern sehr zufrieden, weil wir ohne Unterbrechung bohren können.“, so Chefingenieur Mito von der Shimizu Corporation auf der Baustelle Adit 4.

### Weit auseinanderliegende Baustellen Adit 2 bis 4

Die 3 TVM wurden in Shanghai zusammengebaut und nach Port Klang verschifft, wo sie per Lkw zu den Baustellen transportiert wurden. Die abgelegenste Baustelle – Adit 2 genannt – liegt hoch oben in den dicht bewaldeten Hängen bei Karak, ca. 45 km von Kuala Lumpur entfernt. Die auf der entlegenen Baustelle tätigen Arbeiter berichten, dass sie schon Kobras, Affen und gelegentlich auch Tiger gesehen hätten. Die komplette Versorgung der Baustelle, einschließlich des Materials für die einzubauenden Sohlübbinge, erfolgt über täglichen Lkw-Verkehr. „Einfach alles muss von den anderen Baustellen oder Lieferanten aus der Stadt hergeschafft werden. Bis auf Frischwasser für den Tunnelbau wird hier nichts gelagert“, so Glen Maynard, Baustellenleiter von Robbins in Karak.



The remote cutter monitoring system, which enables continuous tracking of cutter wear, has been installed on 1 of the 3 TBMs

Die Geologie auf der Baustelle Adit 2 zeichnet sich durch verwitterten Granit aus, der pro Minute mit bis zu 13.000 l heißem Quellwasser umspült wird. „Wir haben hier eine Schicht aus verwittertem Gestein. Zusammen mit Zulaufwasser ist das eine Herausforderung, da wir bergabwärts bohren“, so Glen Maynard. Das Konsortium

good progress“, said Mito, Chief Engineer for Shimizu Corporation at the Adit 4 site.

### Wide Ranging Jobsites Adit 2 to 4

The 3 TBMs were assembled Shanghai, China and shipped to Port Klang, where they were

then trucked to each portal location. The most remote of these locations is high up in the densely forested hills near the town of Karak, about 45 km from downtown Kuala Lumpur. Personnel at the remote Karak site, also known as Adit 2, mentioned seeing cobras, monkeys,

[www.pressluft-frantz.de](http://www.pressluft-frantz.de)

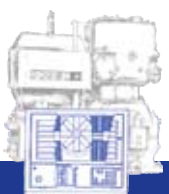
**PRESSLUFT  
FRANTZ**  
Baumaschinen- und  
Ersatzteilhandels GmbH

#### Wir bieten Druckluftlösungen für den Tunnel- und Spezialtiefbau:

- Druckluftversorgung für maschinellen und konventionellen Vortrieb
- Druckluftversorgung für Arbeiten in Druckluft
- OEM-Kompressoren für andere Gerätehersteller

#### We offer compressed-air solutions for tunnelling and civil engineering:

- Compressed-air supply for mechanized and conventional tunnelling
- Compressed-air supply for working in compressed-air
- OEM compressors for other machine manufacturers







Innovative shotcrete as a primary liner has saved 52 days thus far on the project schedule, compared with conventional ground support

kombiniert Vorausinjektion mit Spritzbeton, um Mehrausbruch und Wasserzufluss zu minimieren. „Um diese Zuflüsse in den Griff zu bekommen, erweitern wir auch die Kapazitäten unserer Pumpen von 20.000 auf 30.000 l“, so Nakano.

Der Adit-2-Tunnel wird mit einem 10 %-Gefälle durch die Karak-Formation, einem durch ungleichmäßig verwitterten Granit, Ton- und Kalkschiefer mit einer Festigkeit von 200 MPa gekennzeichneten Abschnitt, getrieben. Noch weist das Zuflusswasser eine angenehme Temperatur auf, doch diese könnte in tieferen Schichten bis auf 37°C steigen.

Um Risiken einzugrenzen, führt die SNUJ JV ständig Erkundungsbohrungen durch, die durch das vom Konsortium entwickelte und auf allen 3 TVM eingesetzte DRIS-System ergänzt werden. Das DRIS-System berechnet über den Druck am Erkundungsbohrgerät, die Rotationsgeschwindigkeit und andere Parameter die optimale Vortriebsgeschwindigkeit. Die so ermittelte Vortriebsleistung lässt Rückschlüsse auf die vorherrschende Geologie zu. Die Arbeiten auf der Adit-2-Baustelle liegen im Plan, sodass der Durchschlag im 1. Quartal 2013 erfolgen kann. Per März 2012 wurde der Tunnel auf einer Länge von 4,4 km vorangetrieben.

and the occasional tiger in the surrounding areas. Supplies including pre-cast invert segments are trucked to the site each day. “Everything is shipped in from the other jobsites or suppliers in the city. We have nothing stored onsite except fresh water for the tunnel,” said Glen Maynard, Robbins site manager at Karak.

Geology at the Adit 2 site consists of weathered granite with warm water inflows up to 13,000 l per minute from hot springs. “We have a section of weathered rock, and this combined with the water inflows is a challenge because we are tunneling downhill,” said Maynard. The contractor is using spiling methods com-

combined with grouting to reduce over-break and lessen the water inflows. “We are also managing these inflows by upgrading our pumping capacity from 20,000 to 30,000 l,” said Nakano.

The Adit 2 tunnel, at a 10 % downgrade, travels through variable weathered granite up to 200 MPa UCS. While the water is currently a comfortably warm temperature, sections under higher cover could see water inflows approaching 37°C.

To mitigate risks, the SNUJ JV has adopted a program of continuous probe drilling, along with a contractor-developed add-on known as the DRIS system, installed on all 3 TBMs. The DRIS



Die Baustellen Adit 3 und 4 liegen südöstlich von Kuala Lumpur im Bezirk Hulu Langat. Die Vortriebsarbeiten auf der Adit-3-Baustelle konnten unter guten Bodenbedingungen aufgenommen werden. Bald stieß man jedoch auf starke Verwerfungen aus relativ weichem Gestein mit einem über 50 m hohen Hohlraum. Auch in diesem Tunnelabschnitt konnte der neuartige Beton, der praktisch nicht mehr ausquillt, erfolgreich eingesetzt werden. Gegenwärtig bohren sich die TVM durch Hartgestein mit einer Druckfestigkeit von über 200 MPa und einem Quarzanteil von mindestens 30 %.

Arbeiter inspizieren täglich den Bohrkopf, um dem abrasiven Gestein zu begegnen. „Wir überprüfen jeden Morgen die Meißel, bestimmen den Verschleißgrad und entscheiden, welche ausgetauscht werden müssen. Wir haben keine Bedenken, wenn wir in den Backloading-Bohrköpfen arbeiten, sie sind ja sicherer als Frontloading-Bohrköpfe. Außerdem lassen sich die Meißel leichter ein- und ausbauen“, so Birch. Bis zum Frühjahr 2012 konnte der Tunnel auf ca. 4,5 km vorangetrieben werden.

Auf der ebenfalls im Bezirk Hulu Langat gelegenen Adit-4-Baustelle wurde mit 721 m pro Monat die höchste Vortriebsgeschwindigkeit erzielt. Auch wenn dort das Gestein eine geringere Festigkeit aufweist, so stößt man dort jetzt auch auf blockiges Gebirge. Im letzten Jahr stieß man bei den Arbeiten auf einen Abschnitt mit komplett verwittertem Gestein, der ebenfalls erfolgreich mit dem neuen Spezialbeton abgesichert wurde.

Trotz dieser Herausforderungen liegen die Arbeiten auf der Adit-4-Baustelle im Plan, der eine Fertigstellung Ende 2012 vorsieht. Bisher wurde ein 6,7 km langer Tunnel in das Erdreich getrieben, was ca. 60 % der geplanten Gesamtlänge entspricht.

### Qualität im Tunnelbau

Bis zum Frühjahr 2012 wurde das Tunnelprojekt zu über 50 % umgesetzt und liegt im Plan. Im Jahr 2011 zeichnete die malaysische Regierung das Konsortium mit einem Preis für herausragende Leistungen im Bereich Sicherheit und Umweltschutz aus. „Wir sind alle sehr stolz darauf. Wir briefen unsere Teams täglich,

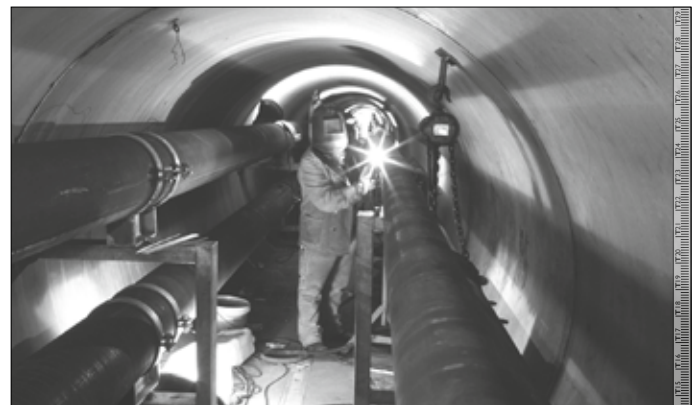
calculates the rate of advance using drill feed pressure, rotation, and other variables, and also infers the rock quality based on the rate of penetration. The Adit 2 site is currently on track for a breakthrough in the first quarter of 2013 - as of March 2012, the TBM had advanced 4.4 km.

Adits 3 and 4 are located southeast of downtown Kuala Lumpur, in the Hulu Langat district. TBM tunnelling at Adit 3 began in good ground conditions, but quickly entered a section of heavily faulted, relatively soft in which a void of more than 50 m high was encountered. The near-zero rebound shotcrete was used successfully to overcome this section. More recently, the TBM has met with rock above

200 MPa UCS, and with at least 30 % quartz content.

To cope with the abrasive rock conditions, crews perform daily cutter inspections. „We measure each cutter using a cutter gage every morning to determine wear and decide which cutters to change. We feel comfortable doing this inside the back-loading cutterhead, which is much safer than front-loading and makes cutter installation easier,“ said Birch. By Spring 2012, the machine had advanced approx. 4.5 km.




Also located in the Hulu Langat area, Adit 4 has seen the fastest advance rates, up to 721 m per month. Though the rock strength is softer in this section, it has the tendency to become



Innovativer – Kompetenter – Zuverlässiger

## Gemeinsam stärker im Tunnelbau

Schläuche · Armaturen · Zubehör für:  
hoses · fittings · equipment for:

-  Pressluft *compressed air*
-  Wasser *water*
-  Beton *concrete*



Salweidenbecke 21  
44894 Bochum, Germany  
Tel. +49 (0)234/58873-73  
Fax +49 (0)234/58873-10  
info@techno-bochum.de  
www.techno-bochum.de


 **TechnoBochum**

so können wir unseren hohen Sicherheitsstandard halten“, so Maynard. Vor Beginn der Arbeiten führte Robbins Schulungen durch, um alle Beteiligten für den sicheren Umgang mit den TVM fit zu machen. „Unsere Teams arbeiteten mit den Robbins-Leuten zusammen, die ihnen mit fachmännischen Rat zur Seite standen. Unsere Mitarbeiter brachten nur wenig Erfahrung mit. In den Schulungen konnten sie unsere Crew auf den richtigen Umgang mit den Maschinen vorbereiten“, so Nakano.

Die Reinhaltung der Umwelt dank der angewandten Spritzbetonbeförderung war eines der Kriterien für die Preisvergabe. Der Spritzbeton wird in geschlossenen Fahrzeugen ohne Beeinträchtigung der direkten Umgebung transportiert. Laut Birch zeigt der neue Spritzbeton im Vergleich zu herkömmlichen Gemischen gute Bindungs- und stark verringerte Ausdehnungseigenschaften.

Mit der neuen Betonaufbringungstechnik konnte die für den Aushub benötigte Zeit im Vergleich zu konventionellen Erdreichabstützungsmethoden erheblich verringert

werden. In den derzeit abzutragenden Zerrüttungszonen hätten die Maschinen bei Auskleidung mit herkömmlichen Methoden ca. 2 Stunden pro Abbaumeter benötigt. Das hätte sich auf 210 Tage für Abtragung und Abstützung des Klasse-C-Erdreichs summiert. Mit dem neuen Beton, seiner minimalen Ausbreitung und Aufbringungstechnik konnte diese Zeit auf 158 Tage reduziert werden – eine Einsparung von 52 Tagen.

Trotz widriger Bodenverhältnisse und abgelegener Baustellen sind die TVM im Zeitplan. Die SNUI JV ist stolz auf das bisher Erreichte. „Wir kommen mit den TVM wirklich gut voran, aber wir haben noch ein gutes Stück Tunnel vor uns“, so Ohashi. 

blocky and a stretch of completely weathered rock with soil-like ground was encountered during tunnelling last year. Shotcrete was again successful in consolidating this section. Despite challenges, the Adit 4 TBM is on schedule for completion at the end of 2012. The TBM has to date excavated approx. 6.7 km or about 60 % of the tunnel length.


### Quality in Tunnelling

As of Spring 2012, overall tunnelling is more than 50 % complete and proceeding on schedule. In 2011, the contractor also received a recognition award from the Malaysian government, for excellence in safety and environment. “We’re all very proud of the achievement. Crews are well-informed at meetings each day, which goes a long way towards maintaining safe working conditions,” said Maynard. Robbins training classes were also held before the start of the project to instruct operators and the JV on safe TBM operation. “Our crew worked together with the training team, and they gave good professional advice to us,” said Nakano.

Environmental cleanliness was in part recognized because of the shotcrete delivery sys-

tem. “The shotcrete offers environmental benefits, because it is transported in sealed cars without exposure to the surroundings,” said Birch. Bonding, according to Birch, has been good and rebound has been minimized compared with standard shotcrete mixtures.

The shotcrete system has so far saved the excavation a significant amount of time compared to conventional ground support. In the somewhat fractured ground conditions currently being encountered, the machines would have required an estimated 2 hours of ground support work per excavated meter with conventional methods. This would have added up to 210 days to excavate and support the type C ground. With the near-zero rebound system this time has been reduced to 158 days – a time savings of 52 days.

Overall, the TBMs are maintaining their schedule despite difficult ground conditions and remote locations. SNUI JV is proud of the accomplishments to date. “So far, the TBMs have had pretty good performance, but we still have much of the tunnel remaining,” said Ohashi. 

 **PROFIL**  
BUCHHANDLUNG IM BAUVERLAG  
**fachbuchtipp**

Profil –  
Buchhandlung im Bauverlag  
Bauverlag BV GmbH  
Avenwedder Str. 55  
33311 Gütersloh  
Tel.: +49 (0) 5241/80-88 957  
Fax: +49 (0) 5241/80-60 16

profil@bauverlag.de  
www.profil-buchhandlung.de



### Bau-Marketing

Grundlagen, Anwendung, Beispiele  
Sammy Ziouziou  
2010 Oldenbourg Verlag  
ISBN 978-3-486-59008-1  
EUR 24,80

Bauunternehmen erwirtschaften heute einen wachsenden Anteil ihres Umsatzes durch baunahe Dienstleistungen. Sie generieren zudem einen hohen Anteil ihrer Gesamtbauleistungen außerhalb Deutschlands. Diese sukzessive Veränderung des Leistungsportfolios geht in den meisten Bauunternehmen mit einer wachsenden Bedeutung des Marketings einher.

Bestellen Sie online unter: [www.profil-buchhandlung.de](http://www.profil-buchhandlung.de)