



Immersed tunnel elements produced in a casting station in a purpose built plant, pushed into a dock, floated up and placed on gravel berms with an accuracy of  $\pm 25$  mm

Tunnel immergé réalisé à partir d'éléments coulés dans une usine spécialement implantée à cet effet, les éléments étant alors transférés dans un bassin, mis à flot puis immergés sur un lit de gravier avec une précision de  $\pm 25$  mm

Longueur totale: tronçon sur l'Øresund 16 km, tunnel en tubes de béton immergés sous Drogden 3,5 km  
Dimensions du tunnel: 38,8 x 8,6 m  
Coût des travaux: tronçon sur l'Øresund 13,9 milliards KRD, tunnel 3,8 milliards KRD (niveau de prix en 1999)  
Durée des travaux: juillet 1995 – juillet 2000  
Date prévue de mise en service: 1er juillet 2000

Le tracé qui franchit l'Øresund conduit de Kastrup (DK) à proximité de Copenhague à Lernacken (S) à proximité de Malmö.

Cet ouvrage est conçu pour assurer la circulation sur deux voies routières et deux voies ferroviaires électrifiées.

Le tracé d'une longueur approximative de 16 km est constitué d'une péninsule artificielle de 430 m, d'un tunnel immergé sous le Drogden, d'une île artificielle de 4.055 m et d'un pont d'environ 7.700 m de long, ainsi que de deux ponts d'accès.

Pour la traversée du Drogden, la partie immergée est composée de 20 éléments d'une longueur de 175 m. En section, le tunnel abrite deux tubes routiers de 9,7 m de large et de 5,1 m de haut avec, entre eux, une galerie de secours médiane. À côté des tubes routiers se trouvent deux tubes ferroviaires de 6,5 m de large et 6,5 m de haut.

Les tubes routiers sont conçus pour une vitesse de circulation de 120 km/h et

les tubes ferroviaires pour 200 km/h.

La hauteur de construction a été réduite à 8,6 m grâce à un système de rails posés sur voie plate. Des ventilateurs booster sont en partie encastrés dans le plafond du tunnel routier. La galerie de secours est un élément essentiel du concept de sécurité. Dans la partie supérieure sont logés les câbles et accès de maintenance. Les installations et dispositifs de sécurité du tunnel sont d'un standard de qualité élevé.

Un élément du tunnel se compose de huit segments de 22,5 m de long. Les segments sont provisoirement maintenus en place par des câbles précontraints noyés dans la masse. Le joint d'immersion a un profil de type GINA à bord mou, et, à l'intérieur, un profil Omega servant de joint permanent.

Une membrane n'est pas utilisée. Pour répondre aux conditions de service, un joint de dilatation avec des clavettes de cisaillement est prévu entre chaque segment, l'étanchéification du

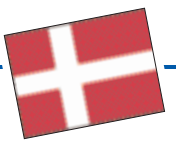
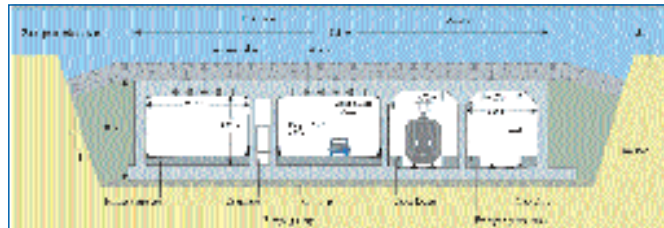
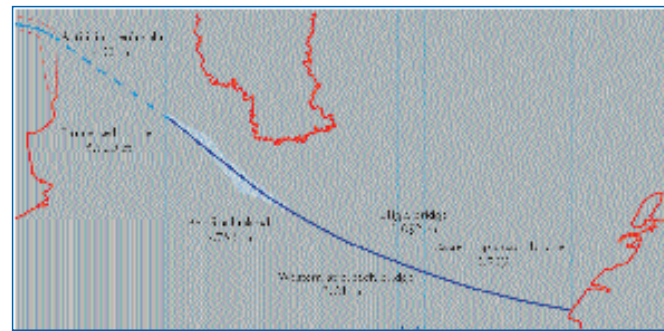
pourimètre étant réalisée par injection.

Les segments du tunnel ont été fabriqués dans une usine spécialement implantée à cet effet et équipée de deux chaînes de production. Les cages d'armature y ont également été préfabriquées. Les segments ont été coulés en une seule opération sur 34 heures. De cette façon, il n'était pas nécessaire de refroidir le béton pour éviter les fissures d'hydratation. Après conservation, les segments étaient poussés sur les glissières vers la position suivante pour laisser place au segment suivant. Une fois achevés, les éléments étaient acheminés par

paires vers un bassin entouré de digues et fermé par un panneau coulissant du côté de l'usine et par un panneau flottant du côté de la mer.

Les éléments ont alors été mis à flot et tirés vers le bassin profond du site d'où ils ont été remorqués vers la tranchée.

Le lit de gravier est une nouveauté pour les tubes en béton immergés et a fait ses preuves. Dans la tranchée, le gravier est posé en continu par un tube de convoyage avec une précision de  $\pm 25$  mm pour former des banquettes de 1,65 m de large. Les éléments sont placés directement sur ces banquettes.



Name of Project/Nom du projet  
The Fixed Link across Øresund

Location/Région  
Øresund between Denmark and Sweden

Tunnel Use/Destination du tunnel  
Road and Rail tunnel

Client/Maître d'ouvrage  
Øresundskonsortiet

Consulting Engineer/Planification et direction des travaux  
ØLC, Rambøll (DK), Halcrow (UK), Scandiaconsult AB (SE), TEC (NL), Dissing + Weitling (DK)

Contractor/Exécution  
Øresund Tunnel Contractors comprising NCC (SE), Dumez-GTM (F), John Laing (UK), Boskalis (NL), E. Phil & Søn (DK)

Total Length: Øresund Link 16 km, Immersed tunnel under Drogden 3.5 km

Dimensions Tunnel: 38.8 x 8.6 m

Construction Cost: Link 13.9 billion DKK, Tunnel 3.8 billion DKK, price level 1990

Construction Time: July 1995 to July 2000

Opened: July 1, 2000

each 9.7 m wide and 5.1 m high with an escape gallery in between. Two railway tubes each 6.5 m wide and 6.5 m high are next to the motorway.

The motorway design speed is 120 km/h and the train design speed 200 km/h.

The structural height is reduced to 8.6 m using a track slab rail system. Booster fans are partly recessed in the ceiling of the motorway. The escape gallery is considered as essential in the safety concept of the tunnel. The upper part is used for cables and maintenance access. Tunnel installations and safety provisions are of a high standard.

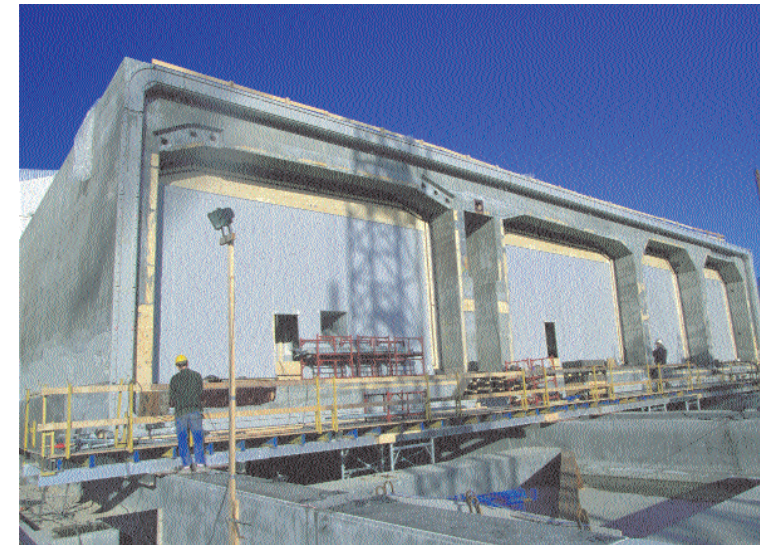
Eight 22.5 m long segments form a tunnel element. The element is temporarily held together by cast-in prestressing cables. The immersion joint is fitted with a soft nose GINA profile and an Omega profile as a permanent seal on the inside.

A membrane is not used. For operational state, a dilatation joint with shear keys and an injectable waterstop over the perimeter are placed between segments.

Production of the tunnel segments took place at a purpose built plant at ground level over two construction lines. Reinforcement cages were prefabricated in the plant. Segments were cast in a single pour lasting 34 h. With this process, no cooling of the concrete to avoid hydration cracks was needed. After curing, the segment was pushed forward over skidding beams to the next position and the process repeated. Once completed, a pair of elements was pushed outwards over skidding beams to an area surrounded with dikes sealed off with a sliding gate near the factory and a floating gate near the sea end.

The elements were floated up and pulled into the deep basin of this area. From here they were towed to the trench.

The gravel bed foundation is new for concrete immersed tunnels. In the trench gravel is placed in one continuous action with a feeder pipe with an accuracy of  $\pm 25$  mm in 1.65 m wide berms. The elements are placed directly on top of these berms.



The Fixed Link across Øresund is situated between Kastrup (DK) near Copenhagen and Lernacken (S) near Malmö.

The Link accommodates a two-lane dual carriageway and a double-track electrified railway.

The approx. 16 km long Link consists of a 430 m artificial peninsula, a 3,510 m long

immersed tunnel under the Drogden, a 4,055 m long artificial island, and an approx. 7,700 m long bridge, comprising a cable-stayed bridge and two approach bridges.

For the Drogden crossing, the immersed part consists of 20 elements each 175 m long. In cross-section, the tunnel contains two motorway tubes