



1906

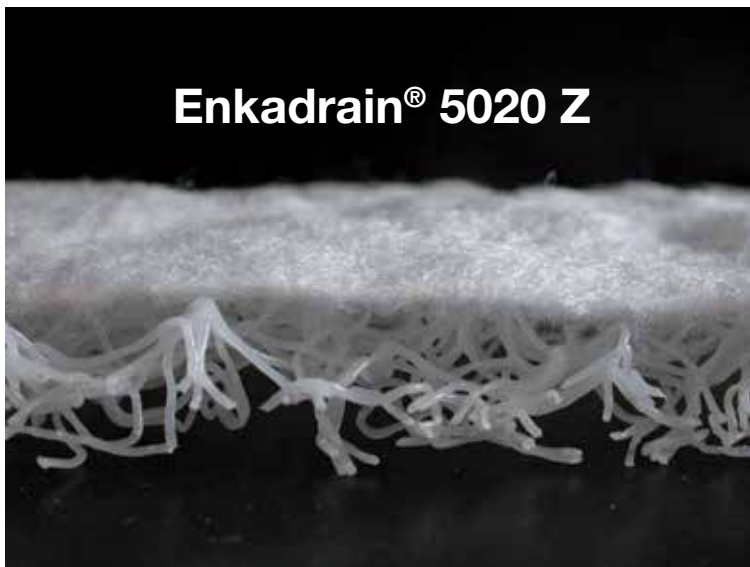
# SCHOELLKOPF

Geosynthetics

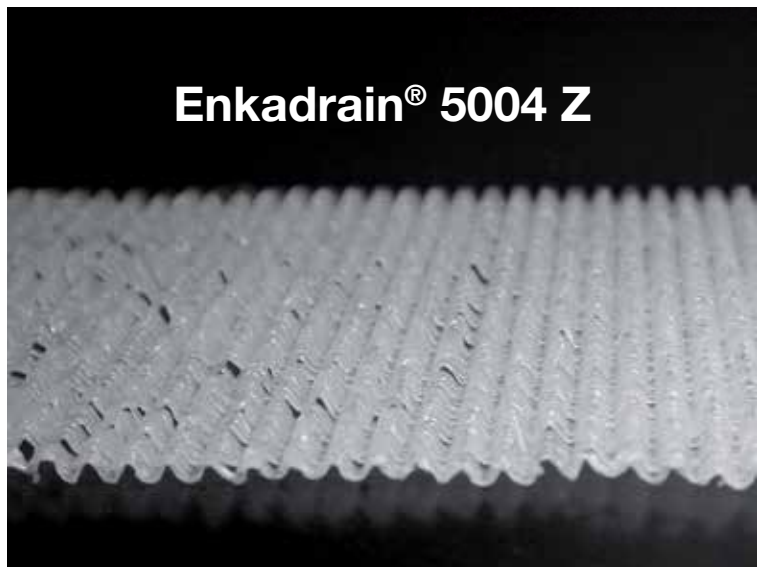


**Enkadrain®**  
**Drainage pour tunnels**

**Enkadrain® 5020 Z**



**Enkadrain® 5004 Z**



## HISTORIQUE

**Le développement de la technique des plastiques a eu des conséquences aussi bien sur l'étanchéité que sur les systèmes de drainage pour les tunnels.**

Le drainage des tunnels ne date pas d'aujourd'hui. Au 19<sup>ème</sup> siècle déjà, les tunnels étaient construits avec de grands volumes de drainage, l'espace entre le rocher et la maçonnerie en pierres naturelles étant rempli par une couche drainante de matériaux d'excavation. Cette disposition mise en œuvre depuis plus de cent ans a fait ses preuves.

Dans les Alpes, c'est dans les années soixante que furent réalisés les premiers tunnels étanchés avec des membranes en PVC sans couche de protection (tunnel du Belchen, tunnel Blatt, Suisse). Dans les années soixante-dix, les membranes d'étanchéité en PVC furent mises en œuvre sur une couche de protection en mousse (têtes du tunnel routier du Gotthard en Suisse, tunnel Tauern, tunnel Katschberg, tunnel Arlberg en Autriche).

C'est en 1980, pour la première fois que les géosynthétiques à structure tridimensionnelle Enkamat<sup>®</sup> furent utilisés en tant que couche de protection et couche de drainage dans la galerie de Sisikon et dans le tunnel Calfreiser Tobel (Suisse). Plus de 2 millions de m<sup>2</sup> de géosynthétiques de type Enkamat<sup>®</sup> 7220 ont été mis en œuvre sur les chantiers de tunnels en Suisse.

## EXIGENCES

**Dans le cas d'épaisseurs de couverture rocheuse de 2000 m et plus, des températures atteignant 45°C, l'eau de la montagne doit être drainée de manière pérenne. Toute entrée d'eau doit être évitée et l'intrados en béton doit être protégé contre l'agressivité chimique de cette eau. Les dispositifs d'étanchéité et de drainage traditionnels ne furent ni prévus ni étudiés pour ces conditions extrêmes.**

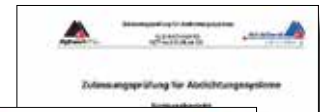
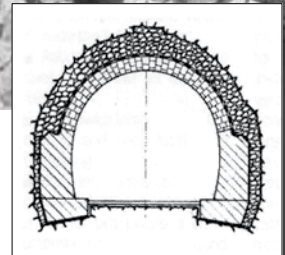
La durée de service de 100 ans exigée pour les tunnels de base des deux axes de transit traversant les Alpes soumet les matériaux de construction et la qualité de réalisation à des contraintes exigeantes. Faute d'un retour d'expérience à long terme dans le domaine de l'étanchéité, les maîtres d'ouvrage des nouvelles lignes ferroviaires à travers les Alpes (NEAT), les CFF pour la nouvelle ligne du Saint-Gotthard et la BLS Alp Transit SA mirent donc au point un essai d'homologation pour la sélection des matériaux et des dispositifs d'étanchéité et de drainage.

Depuis 1998, plusieurs dispositifs d'étanchéité et de drainage ont fait l'objet d'un essai d'homologation coûteux et long qui répondait aux exigences sévères du projet.

C'est dans cette phase de développement que les géocomposites de drainage Enkadrain<sup>®</sup> 5020Z et 5004Z furent créés. Le géocomposite de drainage Enkadrain<sup>®</sup> 5020Z conçu en tant que géocomposite de protection et de drainage fait partie intégrante de plusieurs dispositifs d'étanchéité et de drainage agréés.



Foto: BLS Alptransit AG



Enkadrain<sup>®</sup> 5020Z



Enkadrain<sup>®</sup> 5020Z

# LÖTSCHBERG

Dans le lot Steg/Raron, environ 1000 m<sup>2</sup> (50 ml de tunnel) du système d'étanchéité ont été mis en œuvre par jour.

Le dispositif d'étanchéité et de drainage N° 212, comprenant la membrane d'étanchéité (KDB) Sikaplan 14.6 et le géocomposite de drainage et de protection Enkadrain® 5020Z/2-1s/T200PF a été mis en œuvre dans différents lots des tunnels de base du Lötschberg et du Saint-Gothard.

Aussi bien pendant la phase conventionnelle que lors de la phase d'excavation réalisée au moyen du tunnelier (TBM), le soutènement du tunnel se fera par des boulons d'ancrage, des treillis métalliques et du béton projeté.

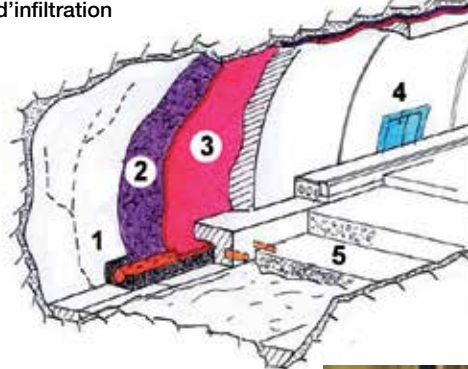
Avant le bétonnage de la paroi intérieure, la membrane d'étanchéité est installée avec le géocomposite de protection et de drainage Enkadrain® 5020Z/2-1s/T200PF.

Dans le tunnel des NEAT, l'étanchéité installée est du type parapluie, étanchéité de la voûte et des parois du tunnel. Le principe d'une étanchéité en radier n'a pas été retenu.

Le géocomposite de protection et de drainage Enkadrain® 5020Z/2-1s/T200PF fixé tendu protège la membrane d'étanchéité en PVC (épaisseur 2 mm) des risques de poinçonnement.

L'assemblage des lés d'étanchéité est réalisé par une double soudure (largeur 15 mm chacune) avec un canal central de 10 mm qui servira à contrôler l'étanchéité des soudures par une mise en pression de 2 bars.

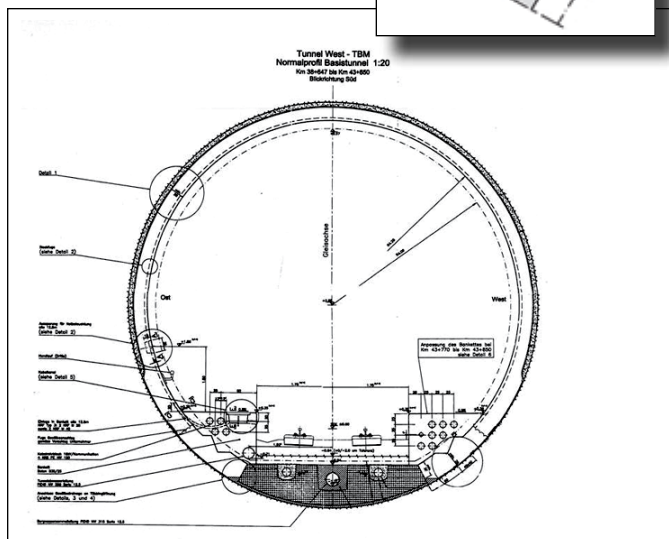
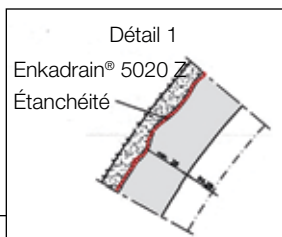
Bande d'étanchéité en plastique fixée ponctuellement  
Eaux d'infiltration



- 1 Conduit de drainage
- 2 Matelas de protection et de drainage
- 3 Bande d'étanchéité en plastique
- 4 Historique du contrôle et du nettoyage
- 5 Drainage du radier



BLS Alpransit AG,  
tunnel de base du Lötschberg, lot Mitholz

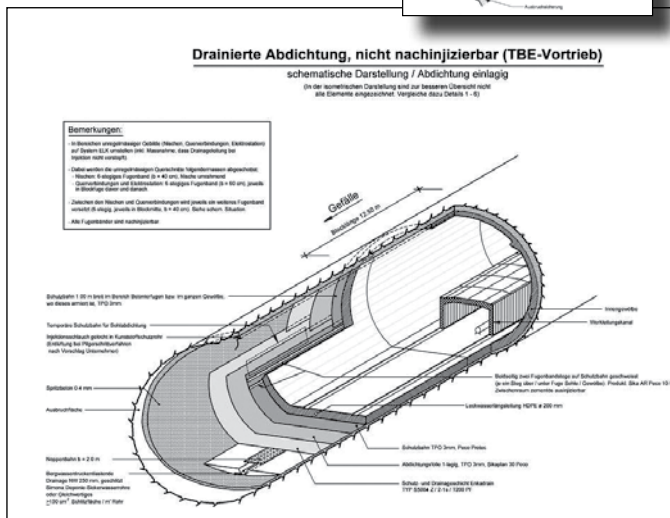
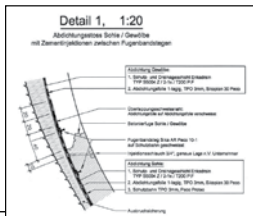


**Le développement du géocomposite de drainage Enkadrain® 5004Z résulte des problèmes posés par le rocher poussant.**

Pendant le processus de préqualification des systèmes NEAT, le géocomposite de drainage Enkadrain® 5004Z a été spécialement développé pour être mis en œuvre comme couche de protection, de drainage et d'injection éventuelle lors d'une réparation ultérieure de l'intrados en présence de fortes pressions, dans le cas d'un rocher poussant par exemple.

Le troisième tube du tunnel du Baregg près de Baden ainsi que le tunnel de Uetliberg du contournement ouest de Zurich ont été réalisés avec le géocomposite de drainage Enkadrain® 5004Z.

Un tunnelier TBM (diamètre de 5 m), suivi d'un élargisseur de tunnel, le TBE disposant d'une technologie d'encoche, permettent de réaliser l'excavation du tunnel de Uetliberg. Le TBE permet de déployer la section complète (diamètre de 14,10 à 14,40 m) de la galerie pilote forcée auparavant. Le soutènement, composé d'ancrages de câbles, d'ancrages de tubes d'enfoncement, de treillis et de béton projeté est construit directement derrière la tête de forage. Le géocomposite de drainage et de protection Enkadrain® 5004Z et la membrane d'étanchéité seront posés sous le train suiveur, une fois le radier, le canal de distribution et le remblai latéral réalisés.



Tunnel de Uetliberg, étanchéité complète à drainage

Enkadrain® 5020Z			
Tunnel	Longueur	Lot	Surface
Lötschberg	34,6 km	Mitholz	> 400 000 m <sup>2</sup>
		Ferden	> 250 000 m <sup>2</sup>
		Steg / Raron	> 500 000 m <sup>2</sup>
Gotthard	57,0 km	Bodio / Faido	> 1 800 000 m <sup>2</sup>
		Sedrun	> 400 000 m <sup>2</sup>
Glion	1,3 km		> 50 000 m <sup>2</sup>
Enkadrain® 5004Z			
Tunnel	Longueur	Lot	Surface
Uetliberg	3,4 km		> 200 000 m <sup>2</sup>
Baregg	1,1 km		> 30 000 m <sup>2</sup>

**Nos ingénieurs vous conseillent avec plaisir – contactez-nous !**