SOLETANCHE

TĚSNÍCÍ BARIÉRY V ZEMINÁCH – PŘEHLED METOD

Ing. Jan LIBUS

Ing. Martin RŮŽIČKA

SOLETANCHE Česká republika s.r.o.

SOLETANCHE BACHY SOLETANCHE FREYSSINET VINCI CONSTRUCTION

SOLETANCHE BACHY

- Všechny metody speciálního zakládání staveb + vývoj nových technologií
- 4 500 specialistů
- 1 900 hlavních strojních mechanismů (např. 200 souprav na podzemní stěny)

SOLETANCHE BACHY

4 DIVIZE **REGIONÁLNÍ**

- EUROFRANCE
- NORTH. EUROPE
- ESPACE
- INTERNATIONAL
  - SOL ČR
  - ...
  - ...

VINCI CONSTRUCTION

SOLETANCHE FREYSSINET

SOLETANCHE BACHY

SOLETANCHE

13 DIVIZÍ **SPECIÁLNÍCH**

- SOLEXPERT INT.
- VIBROFLOTATION
- SOLENVIRONMENT
- MCCF
- SB PIEUX
- SB TUNNELLS
- TEC
- SOLDATA
- CSM BESSAC
- INERTEC
- SOTEM
- BALINEAU
- EDG

SOLETANCHE Česká republika

Navazuje na tradici, zahájenou v 60. letech francouzskou firmou SOLETANCHE – prodejem licencí pro výstavbu metra v Praze :

- Samostatná pobočka založena v roce 1991
- Základní majetek: 16 miliónů Kč
- 50 trvale působících specialistů (v r. 2010)
- Obrat: 139 miliónů Kč (v r.2010)

SOLETANCHE Česká republika

- **Trysková injektáž** *(podchycování objektů, pažení, těsnící clony)*
- **Podzemní stěny** *(pažící, konstrukční, těsnící – ve spolupráci s pobočkami SB)*
- **Injektáže** *(těsnící, zpevňující, výplňové, kompenzační)*
- **Mikropiloty** *(základové, pažící)*
- **Kotvy** *(pramencové, tyčové, hřebíkování)*
- **Piloty** *(Starsol i jiné)*
- **Zlepšování zemin** *(dyn. konsolidace, štěrk. pilíře, vibroflotace)*
- **Sanace znečištění** *(těsnící stěny, reakční bariéry, drenážní stěny)*
- **a další** *(záporové stěny, podzemní parking, ...)*

Veškeré doplňkové strojní zařízení kdykoli dostupné z centrálního skladu SB.

TĚSNÍCÍ BARIÉRY V ZEMINÁCH – PŘEHLED METOD

1) **JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)**
2) **TRENCHMIX**
3) **GEOMIX – CSM**
4) **TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ**
5) **SOILMIXING (DSM) – TURBOJET**
6) **JÍLOCEMENTOVÉ TENKÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TTPS)**

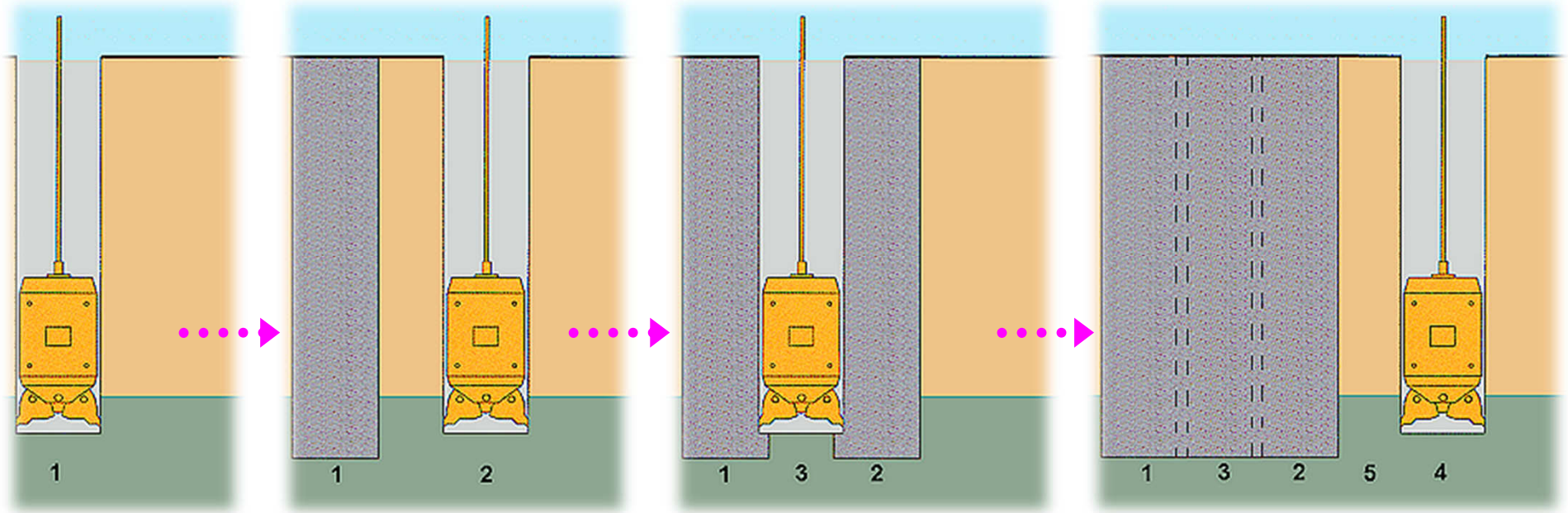
Ostatní těsnící metody, které obvykle nejsou vhodné (z technických nebo finančních důvodů) pro vytvoření těsnící bariéry v zemině zde nejsou prezentovány.

Jedná se zejména o následující metody:

- podzemní stěny železobetonové
- pilotové stěny
- štětovnicové stěny
- bariéry injektované klasickou tlakovou injektáží (chemickou nebo cementovou)
- jiné podobné.

1) JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)

Schéma realizace:



Postup:
Těžba zemního materiálu z rýhy je prováděna za pomoci drapáku pod ochrannou výplní jílocementové suspenze, která po ztuhnutí vytvoří těleso vlastní stěny. Tloušťka stěny je nejčastěji 600 mm. Styky lamel se zajišťují přetěžením okrajů sousedních lamel.

Výrobní zařízení:
Hydraulický nebo lanový drapák s nosičem, míchárna směsi, čerpadla pro dopravu směsi.

Použité materiály:
Cement, bentonit a další příměsi pro úpravu reologie, nepropustnosti a chemických vlastností.

1) JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)

Výsledné parametry stěny:

- Tloušťka: obvykle 600 nebo 800 mm
- Hloubka: až 30 m i více (podle úrovně nepropust. podloží)
- Koef. propustnosti: k = n.10^{-9} až 10^{-10} m.s^{-1}

Vhodnost použití:

- Použitelné do soudržných i nesoudržných zemin.
- Lze i v případě přítomnosti větších valounů nebo balvanů.
- Nelze realizovat v místech křížení s podzemními sítěmi.
- Ideální pro těsnění kontaminovaných lokalit, proti-povodňová opatření nebo v případě vyztužení ocelovými profily i pro pažení stavební jámy pod hladinou podz. vody.

Výhody / nevýhody:

- Velmi universální metoda do rozličných podmínek (prakticky vždy použitelná z hlediska geologie i požad. hloubek).
- Relativně těžké a prostorově náročné zařízení (výška).

1) JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)

TPS s membránou:

- Při náročných okolnostech, zejména při zvýšeném chemickém znečištění vody, lze spolehlivost a trvanlivost těsnícího účinku podzemních stěn dále zvýšit osazením geomembrány.
- Jedná se o svislé pásy z fólie HDPE spojované speciálními zámky.
- Lze použít pro hloubky až do 30 m.

1) JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)

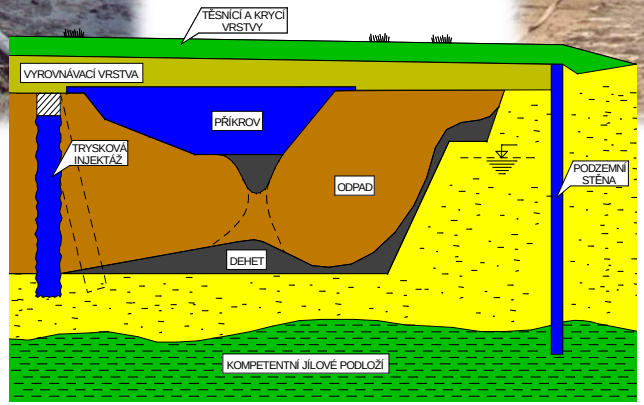
PŘÍKLAD: Spolana Neratovice

- Geokontejnment staré skládky toxických odpadů, plocha skládky 8,5 ha.
- 27.640 m^2 TPS, hloubky 11 – 20 m, zavázání stěny 1 m do nepropustných jílů.

1) JÍLOCEMENTOVÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TPS)

PŘÍKLAD: Kema Skalná

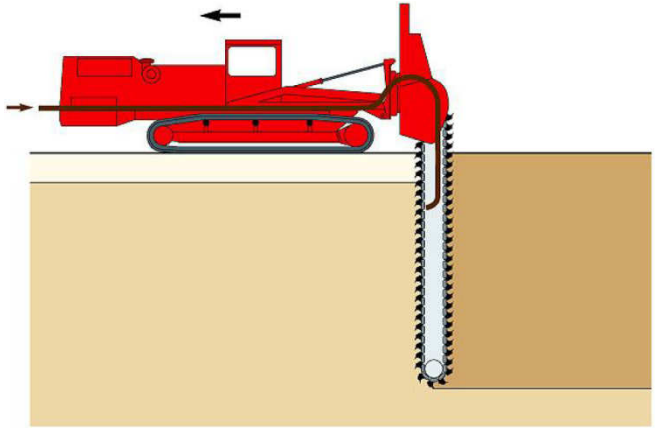
- Geokontejnment staré skládky toxických odpadů, plocha skládky 1,0 ha.
- 7.495 m^2 TPS, hloubky 15 – 17 m, zavázání stěny 1 m do nepropustných jílů.



SOLETANCHE BACHY SOLETANCHE VINCI CONSTRUCTION

2) TRENCHMIX

Schéma realizace:



Postup:

Podzemní stěnová konstrukce zpevněné zeminy promíchané s hydraulickým pojivem je realizována speciálním „trencher“ zařízením. Zemina je rozrušena a promísena na místě bez významného vytěžení na povrch. Zařízení rovnoměrně dávkuje pojivo in-situ do upravované zeminy.

Výrobní zařízení:

Trencher, míchárna směsi, výkonná čerpadla pro dopravu směsi.

Použité materiály:

Cement a další příměsi pro úpravu reologie, nepropustnosti a chemických vlastností.

2) TRENCHMIX

Výsledné parametry stěny:

- Tloušťka: obvykle 400 mm
- Hloubka: max. 10 m (podle úrovně nepropust. podloží)
- Nepropustnost: k = n.10^{-7} až 10^{-9} m.s^{-1}

Vhodnost použití:

- Nejlépe použitelné zejm. do nesoudržných, ale možné i do soudržných zemin.
- Velké balvany mohou způsobit potíže nebo zastavit postup.
- Je třeba přerušit v místech křížení s podzemními sítěmi.
- Ideální pro protipovodňová opatření, vhodné i pro těsnění kontaminovaných lokalit, nebo v případě vyztužení ocelovými profily i pro pažení stavební jámy pod hladinou podz. vody.

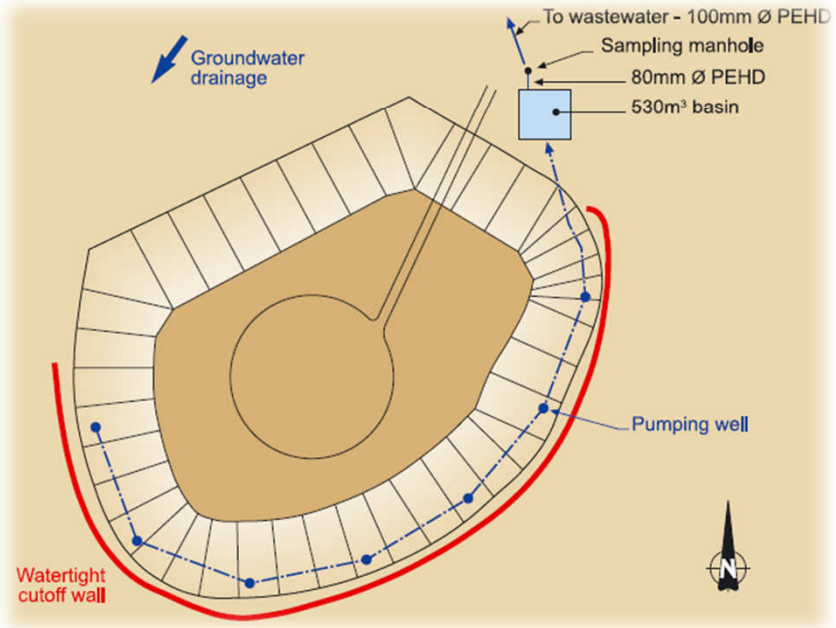
Výhody / nevýhody:

- Velmi výhodná metoda pro stavby s velkým objemem podzemních těsnících bariér.
- Omezený hloubkový dosah.
- Téměř bez nutnosti likvidace výkopku (výhoda u kontaminovaných lokalit).
- Vysoká produktivita (až 1000 m^2/den) a tím příznivá cena.

2) TRENCHMIX

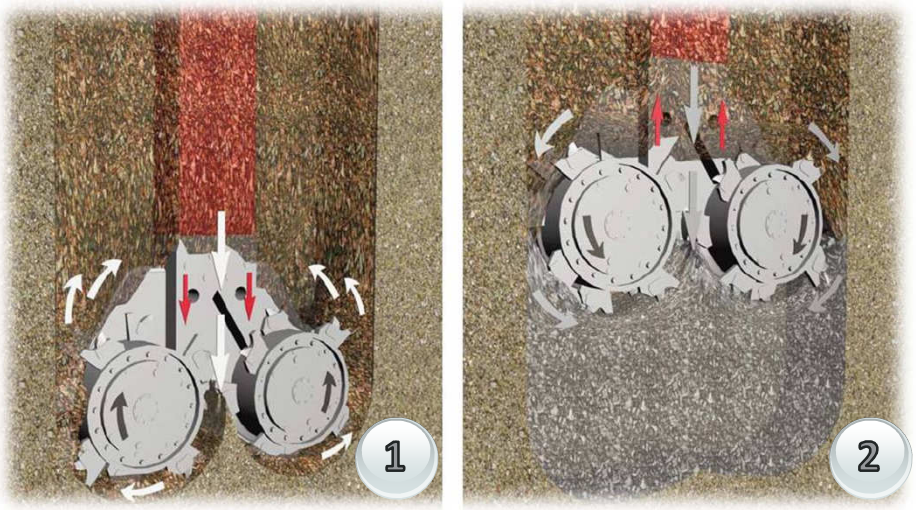
PŘÍKLAD: Lege Cap Ferret (Francie)

- Částečné uzavření bývalé skládky nepropustnou bariérou Trenchmix
- Tloušťka stěny: 400 mm
- Hloubka stěny: 10 m
- Plocha stěny: 4.600 m^2
- Kombinace s drenážním a čerpacím systémem pro odvod kontaminovaných vod



3) GEOMIX - CSM

Schéma realizace:



Postup:

Podzemní stěnová konstrukce zpevněné zeminy promíchané s hydraulickým pojivem je realizována speciálním zařízením CSM, a to ve dvou krocích:

Nejprve je zemina při sestupu dolů rozrušena a homogenizována na místě bez významného vytěžení na povrch při současném dávkování části pojiva. Následně je při vzestupném pohybu zemina konsolidována a je rovnoměrně doplněna zbývající část pojiva.

Výrobní zařízení:

CSM, míchárna směsi, výkonná čerpadla pro dopravu směsi.

Použité materiály:

Cement a další příměsi pro úpravu reologie, nepropustnosti a chemických vlastností.

3) GEOMIX - CSM

Výsledné parametry stěny:

- Tloušťka: 500, 600 nebo 800 mm
- Hloubka: max. 30 m (podle úrovně nepropust. podloží)
- Nepropustnost: k = n.10^{-7} až 10^{-9} $m.s^{-1}$

Vhodnost použití:

- Nejlépe použitelné zejm. do nesoudržných, ale možné za určitých podmínek i do soudržných zemin.
- Je třeba přerušit v místech křížení s podzemními sítěmi.
- Ideální pro protipovodňová opatření, těsnění kontaminovaných lokalit, nebo v případě vyztužení ocelovými profily i pro pažení stavební jámy pod hladinou podz. vody.

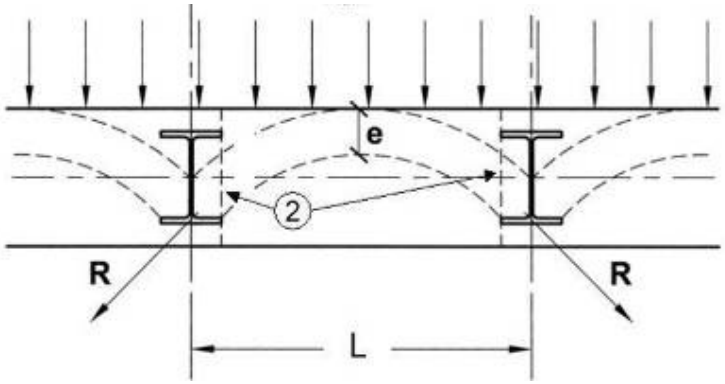
Výhody / nevýhody:

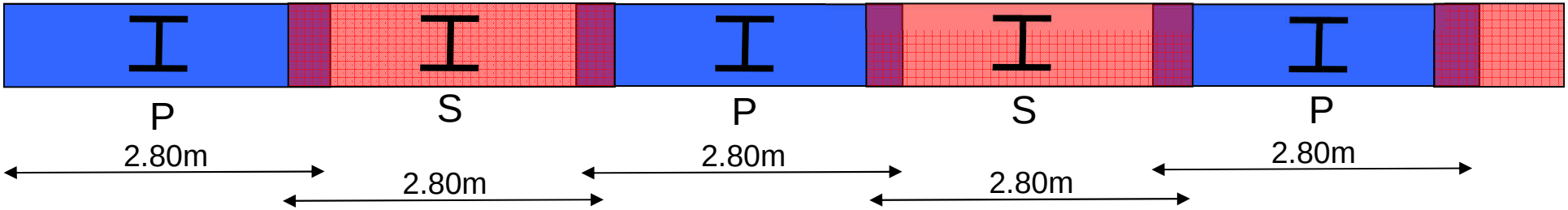
- Velmi universální metoda jak z hlediska geologie tak z hlediska hloubkového dosahu.
- Téměř bez nutnosti likvidace výkopku (výhoda u kontaminovaných lokalit).

3) GEOMIX - CSM

Kombinace těsnící bariéry s funkcí pažení:

- Stěna vyztužena ocelovými profily (HEB, IPE, …)
- Kotvení běžným způsobem přes převázky.



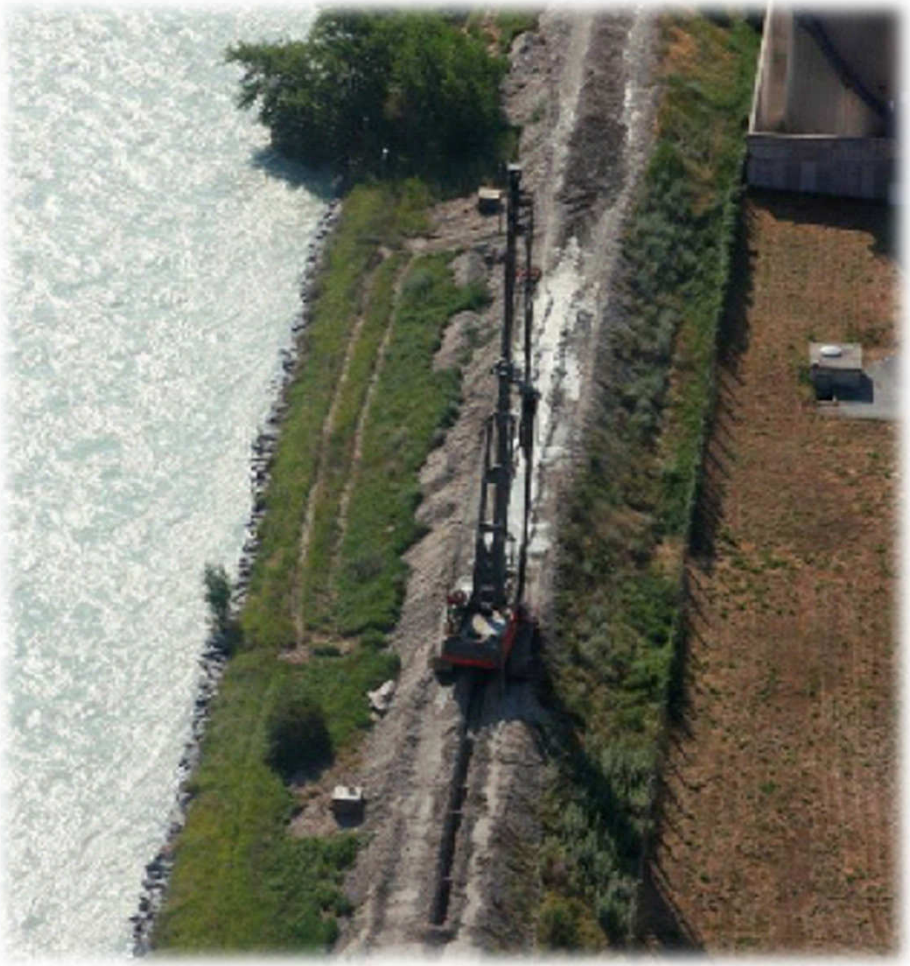


SOLETANCHE BACHY SOLETANCHE VINCI CONSTRUCTION

3) GEOMIX - CSM

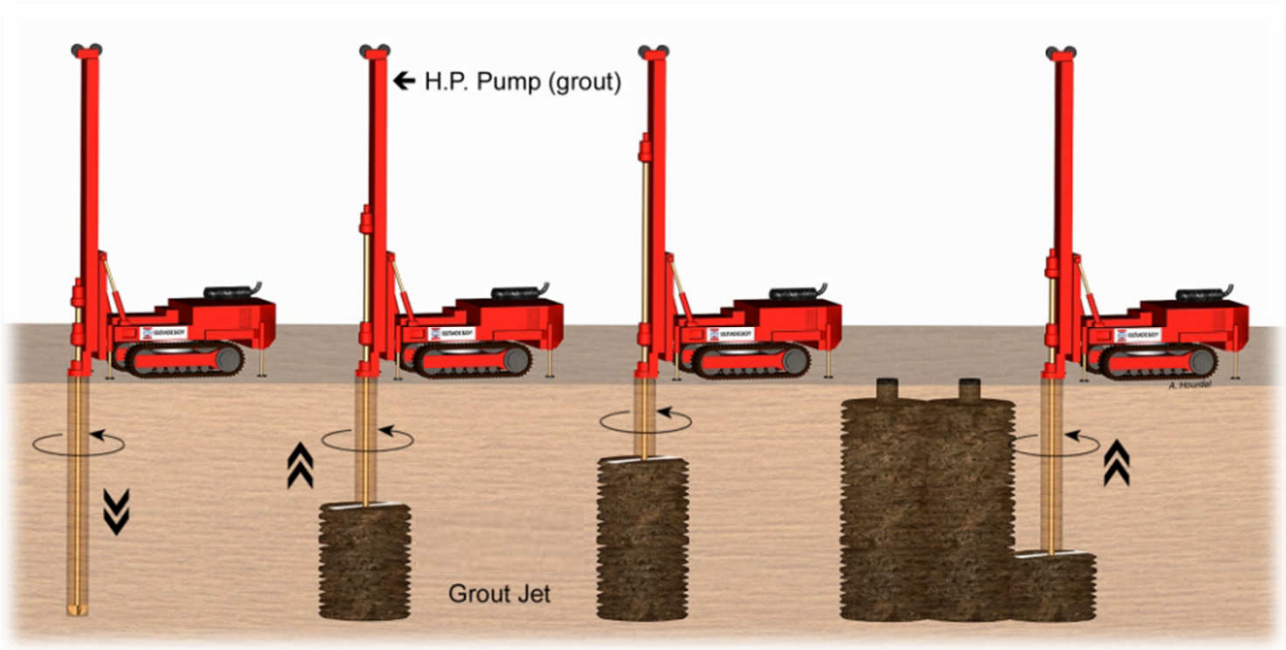
PŘÍKLAD: Visp (Švýcarsko)

- Těsnící bariéra jako protipovodňové opatření v hrázi podél řeky Rýn.
- Tloušťka stěny: 500 mm
- Hloubka stěny: 12 m
- Plocha stěny: 47.000 m^2
- Úzká pracovní rovina na koruně hráze.



4) TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ

Schéma realizace:



Postup:

Při realizaci tryskové injektáže je za pomoci dynamické energie paprsku (většinou) cementové injekční směsi tryskané pod vysokým tlakem zemina rozrušena a současně promísena s injekční směsí. Na místě tak vzniká kompozitní materiál (pilíř) z částic zeminy a cementu. Takto mohou být upravovány různé zeminy, od štěrků až po jíly.

Výrobní zařízení:

Maloprofilová vrtná souprava, míchárna směsi, speciální čerpadla pro tryskání injekční směsi a další příslušenství.

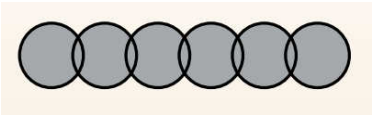
Použité materiály:

Cement popř. další příměsi (bentonit, …)

4) TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ

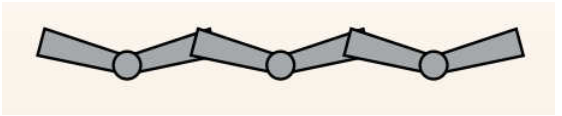
Možnosti pro těsnící bariéru z tryskové injektáže (TI):

Přeřezávané pilíře TI:

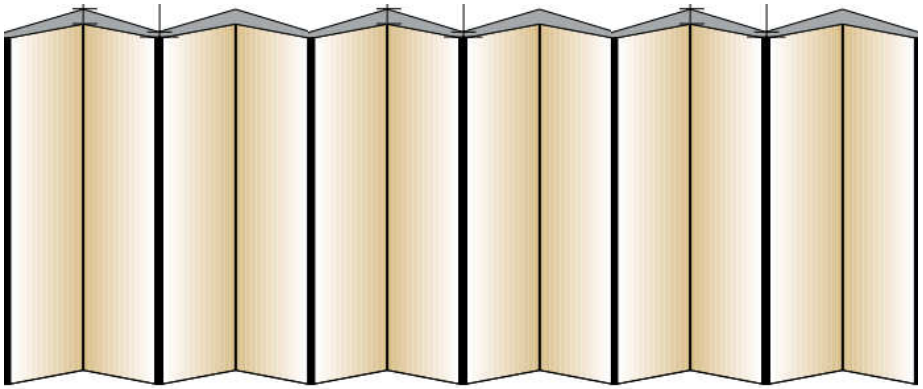


- Větší tloušťka (800 - 1200 mm), někdy i víceřadé – vhodné např. pro těsnění kontaminace. Vyšší spotřeba cementu, tzn. nákladnější.
- Výhodné bývá použití půlsloupů.
- Hloubka „neomezena“ – podle úrovně nepropustného podloží
- Nepropustnost: k = n.10^{-7} až 10^{-9} m.s^{-1}
- Pilíře tryskové injektáže mohou dotěsňovat bariéry realizované jinou technologií v místech prostupů podzemních sítí.

Usměrněná TI:



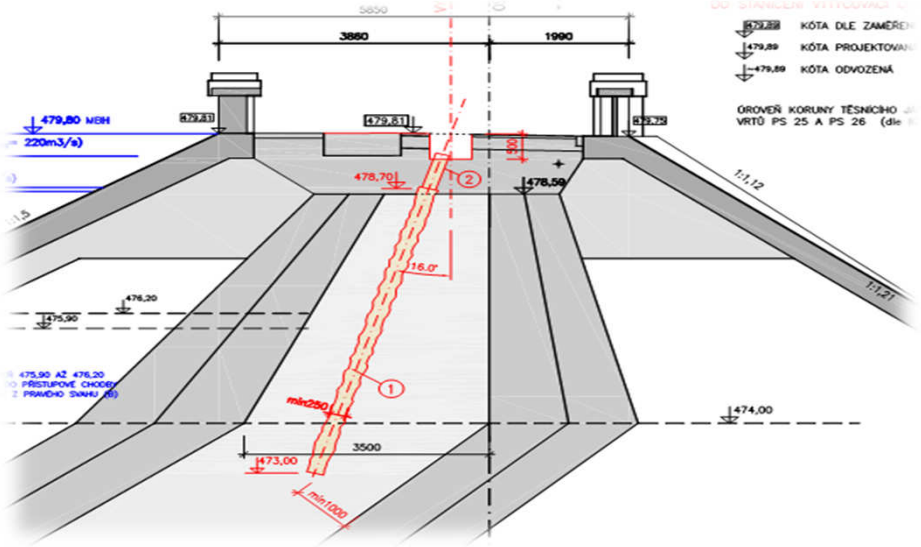
- Vhodné např. pro těsnění vodních děl (dotěsňování nebo oprava hrází, apod.).
- Geometrie bariéry, tj. rozteč vrtů (1,5 až 3 m) a tloušťka stěny (100 až 350 mm) závisí na geologii lokality a parametrech tryskání.

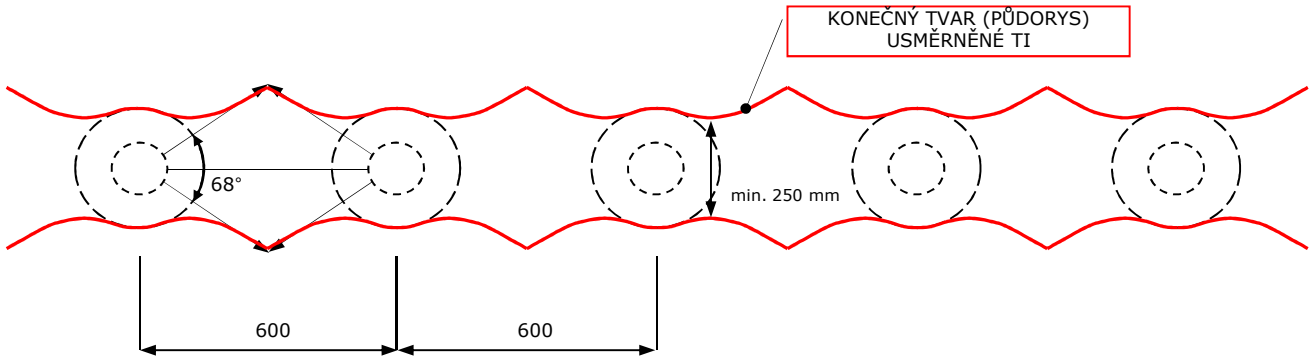


4) TRYSKOVÁ INJEKTÁŽ

PŘÍKLAD: Přehrada Mostiště

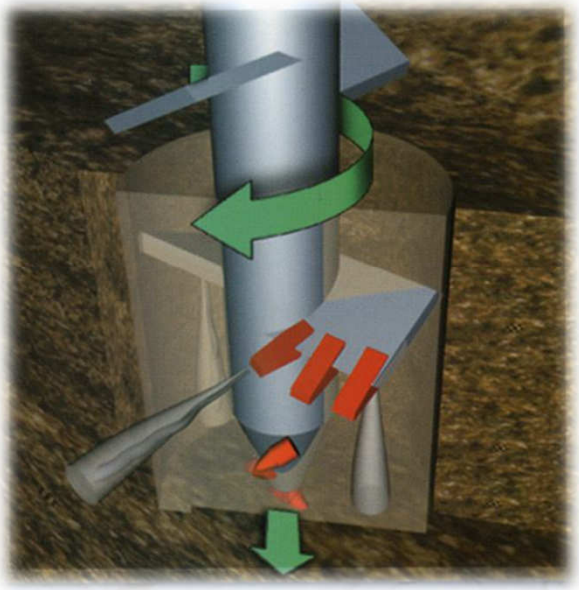
- Obnovení vodotěsné funkce vnitřního jádra přehradní hráze (délka 292 m - výška 36,6 m).
- Použití usměrněné TI, šikmo ukloněné (16°).
- Tloušťka stěny: min. 250 mm
- Počet vrtů: 500 ks
- Hloubka stěny: 7 m
- Úzká pracovní rovina na koruně hráze.





5) SOILMIXING (DSM) – TURBOJET

Schéma realizace:



Postup:

Při realizaci technologie soilmixing je při sestupném vrtání zemina rozrušena mechanicky při současném promíchávání s injektovaným pojivem. Průměr pilíře daný průměrem míchacího nástroje může být navíc rozšířen za pomoci dynamické energie paprsku cementové injekční směsi tryskané pod vysokým tlakem. Pro tento účel jsou v nástroji umístěny trysky podobně jako u tryskové injektáže. Na místě tak vzniká kompozitní materiál (pilíř) z částic zeminy a cementu.

Výrobní zařízení:

Vrtná souprava se speciálním míchacím nástrojem s tryskami, míchárna směsi, čerpadla pro tryskání injekční směsi a další příslušenství.

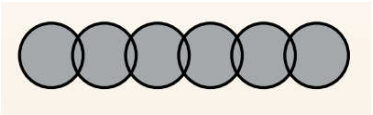
Použité materiály:

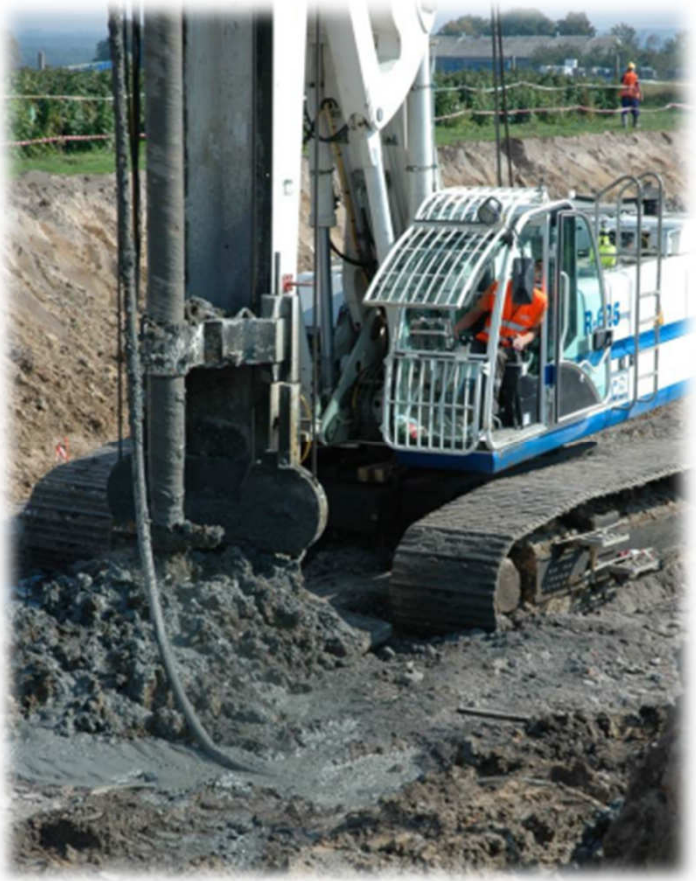
Cement popř. další příměsi (bentonit, …)

5) SOILMIXING (DSM) – TURBOJET

Výsledné parametry stěny:

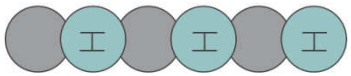
- Stěna z převrtávaných pilířů prům. 600 až 1400 mm
- Hloubka: max. 30 m (podle úrovně nepropust. podloží)
- Nepropustnost: k = n.10^{-7} až 10^{-9} m.s^{-1}





Vhodnost použití:

- Nejlépe použitelné zejm. do nesoudržných, ale možné za určitých podmínek i do soudržných zemin.
- Je třeba přerušit v místech křížení s podzemními sítěmi.
- Ideální pro protipovodňová opatření, těsnění kontaminovaných lokalit, nebo v případě vyztužení ocelovými profily i pro pažení stavební jámy pod hladinou podz. vody.

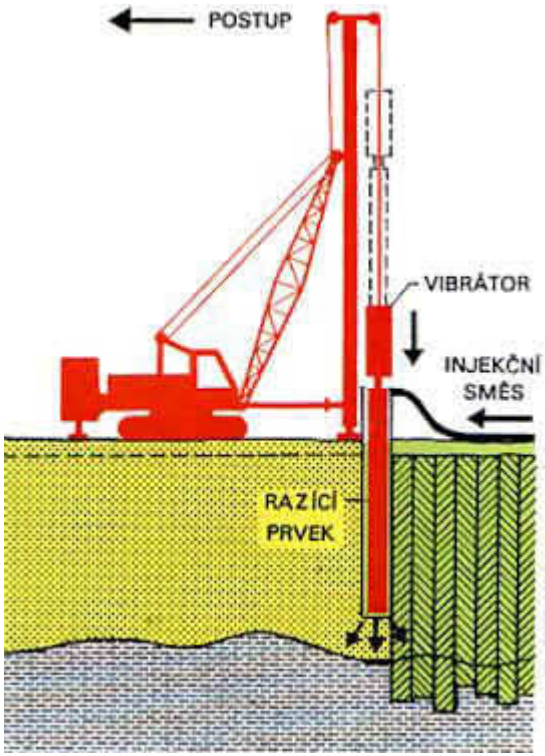


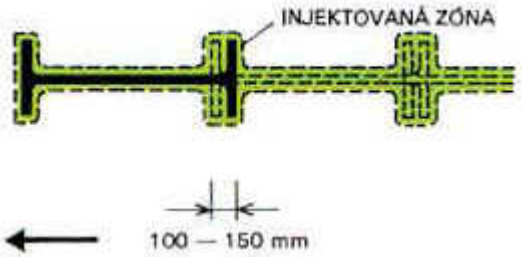
Výhody / nevýhody:

- Téměř bez nutnosti likvidace výkopku (výhoda u kontaminovaných lokalit).

6) JÍLOCEMENTOVÉ TENKÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TTPS)

Schéma realizace:





Postup:

TTPS se zřizují postupným vibračním zarážením ocelového profilu I, přičemž se na břitu vhání injekční směs. Při zpětném vytahování profilu se uvolňovaný prostor tlakově vyplňuje touto směsí. Následující zarážený prvek se částečně překrývá s prvkem předchozím a vzniká tak postupně souvislá stěna.

Výrobní zařízení:

Vibrační souprava se speciálním razícím prvkem, míchárna směsi, čerpadla pro dopravu injekční směsi a další příslušenství.

Použité materiály:

Cement popř. další příměsi (bentonit, …)

6) JÍLOCEMENTOVÉ TENKÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TTPS)

Výsledné parametry stěny:

- Tloušťka stěny cca 100 mm.
- Hloubka: max. 20 m
- Nepropustnost: k = n.10^{-9} až 10^{-10} m.s^{-1}

Vhodnost použití:

- Do zemin, kde lze úspěšně použít vibrační techniku.
- Je třeba přerušit v místech křížení s podzemními sítěmi.
- Ideální pro protipovodňová opatření.

Výhody / nevýhody:

- Malá náročnost na zabudované materiály.

6) JÍLOCEMENTOVÉ TENKÉ TĚSNÍCÍ PODZEMNÍ STĚNY (TTPS)

PŘÍKLAD: Bratislava – Gabčíkovo (PPO)

- TTPS v hrázi podél Dunaje.
- Plocha stěny: 116 500 m^2.
- Tloušťka stěny: průměrně 200 mm
- Hloubka stěny : 13 – 16 m

TĚSNÍCÍ BARIÉRY V ZEMINÁCH – SHRNUTÍ

METODA	VHODNÉ DO ZEMIN		VHODNÉ PRO ÚČEL			POZN.
	SOUDRŽNÉ	NESOUDRŽNÉ	PPO	TĚSNĚNÍ KONTAMINACE	PAŽENÍ (S VYZTUŽENÍM)	
TPS	●	●	●	●	●	
TRENCHMIX	○	●	●	○	●	
GEOMIX	○	●	●	●	●	
TI	○	●	●	○	○	
DSM	○	●	●	○	●	
TTPS	●	●	●	○	×	

● - Vhodné
○ - Vhodné omezeně
× - Nevhodné