

اصول مهندسی تونل

جلسه پنجم
حفر تونل به وسیله ماشین

Principles of Tunnel Engineering

حفر تونل با ماشین

برتری های روش مکانیزه نسبت به روش کلاسیک:

- سرعت پیشروی تا ۵ برابر بیشتر است.
- بیش شکستگی (Over Break) در روش مکانیزه ۵٪ است و در روش کلاسیک ۳۰٪ الی ۴۰٪ است.
- نیروی انسانی کمتری مورد نیاز است.
- عملیات حفاری، بارگیری، حمل، نگهداری و تهویه همگی به صورت توأمان اجرا شده و هیچ یک با دیگری تداخل ندارد.
- نسبت حادثه در هر ۱۰۰۰ متر پیشروی در روش کلاسیک ۴/۲۸ است در حالی که در روش مکانیزه ۲/۶۹ است.

حفر تونل با ماشین

معایب روش مکانیزه نسبت به روش کلاسیک:

- تغییرات مقاومت و سختی سنگ ها یک عامل محدود کننده در بکارگیری اقتصادی روش های ماشینی است.
- طول تونل در حفاری با ماشین تمام مقطع (Full Face) حداقل باید ۳ کیلومتر بوده و با ماشین بازویی (Road Header) حداقل ۸۰۰ متر باشد.
- قیمت ماشین های حفاری تونل بسیار گران است.
- تامین انرژی مصرفی این ماشین ها نیز دشوار و پرهزینه است.
- نیاز به بکارگیری نیروی متخصص و گران دارد.
- فرایند سفارش و خرید ماشین ممکن است تا ۱ سال طول بکشد.
- گرد و خاک زیادی تولید می شود.

موفقیت روش مکانیزه شدیداً وابسته به نوع سنگ و تخصص نیروی انسانی است.

حفر تونل با ماشین



حفاری با ماشین بازویی
(Roadheader)



حفاری با ماشین تمام مقطع
(Full Face)





حفر تونل با ماشین بازویی

در ماشین های بازویی حفاری طی دو سازوکار پودر کردن (milling) (در ماشین های برش شعاعی) یا تراشه کردن (ripping) (در ماشین های برش عرضی) انجام می گیرد.



این ماشین در سنگ های سخت و همچنین شرایط متغییر و دشوار زمین شناسی راندمان مناسب تری دارد.



حفر تونل با ماشین بازویی

در ماشین های بازویی حفاری طی دو سازوکار پودر کردن (milling) (در ماشین های برش شعاعی) یا تراشه کردن (ripping) (در ماشین های برش عرضی) انجام می گیرد.



این ماشین در سنگ های سخت و همچنین شرایط متغییر و دشوار زمین شناسی راندمان مناسب تری دارد.

این ماشین در سنگ های نسبتاً نرم و ضعیف و معدن کاری ذغال راندمان مناسب تری دارد. وزن این ماشین از ماشین هم ظرفیت شعاعی ۲۰ الی ۳۰ درصد کمتر است.



حفر تونل با ماشین بازویی

- مهارت اپراتور دستگاه در میزان راندمان این دستگاه بسیار پر اهمیت است.
- در حفاری به کمک ماشین های بازویی میتوان عملیات بارگیری و نصب نگهداری را نیز انجام داد.
- برخی از این ماشین های بازویی دارای سپر محافظ بوده تا در زمین های سست نیز بتوانند حفاری انجام دهند.
- برخی از ماشین های بازویی نیز وجود دارند که به صورت تمام مقطع تونل را حفر می نمایند.





حفر تونل با ماشین تمام مقطع

این ماشین ها با نام TBM (Tunnel Boring Machine) معروف اند.

این نوع دستگاه امروزه برای تمامی انواع سنگها قابلیت کاربرد دارد.

با توجه به محل و چگونگی کاربرد ماشین های تمام مقطع به ۳ گروه اصلی تقسیم می شوند:

۱- ماشین حفر دوپیل (Raise Borer)

مخصوص حفر دوپیل در معادن

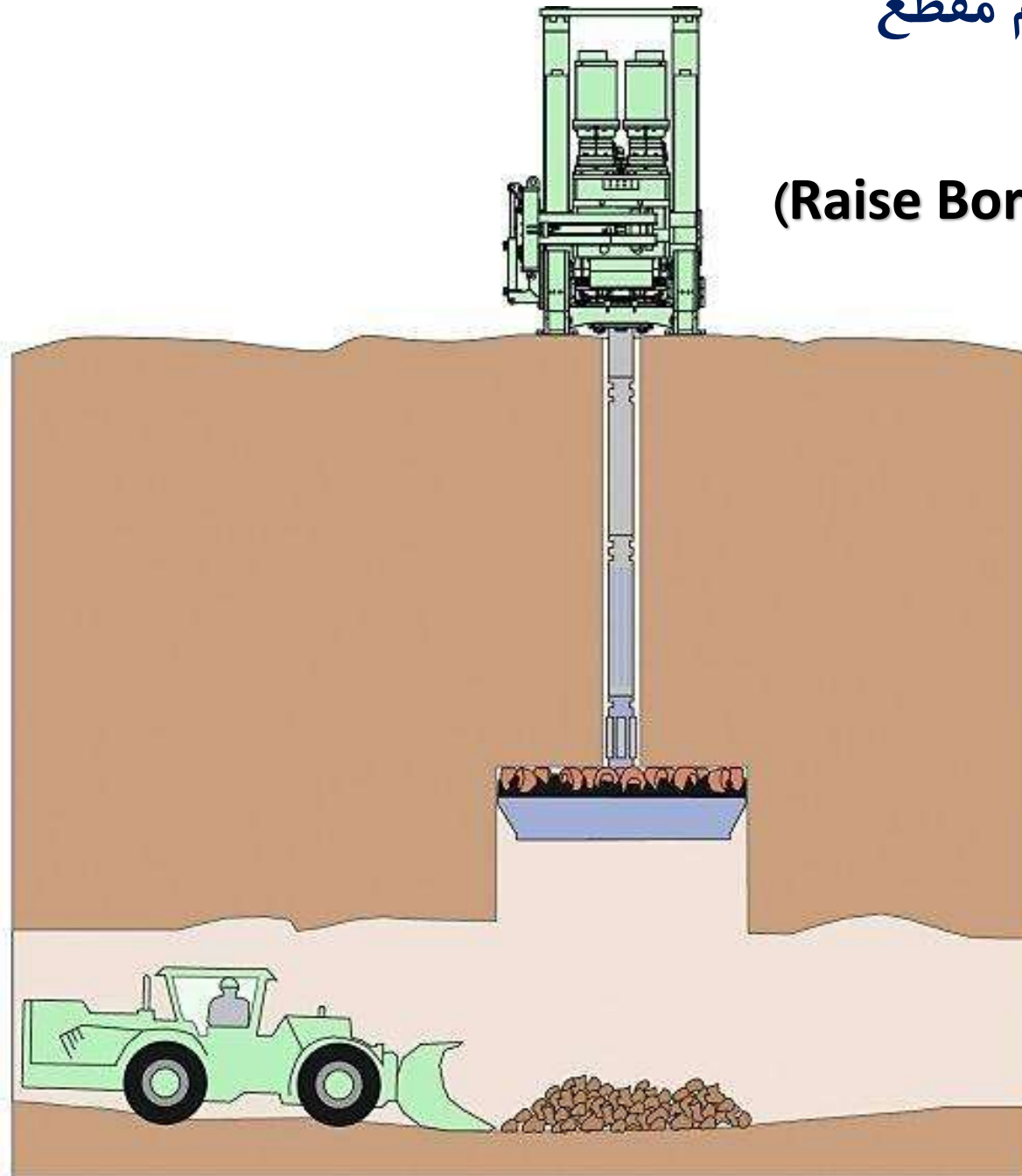
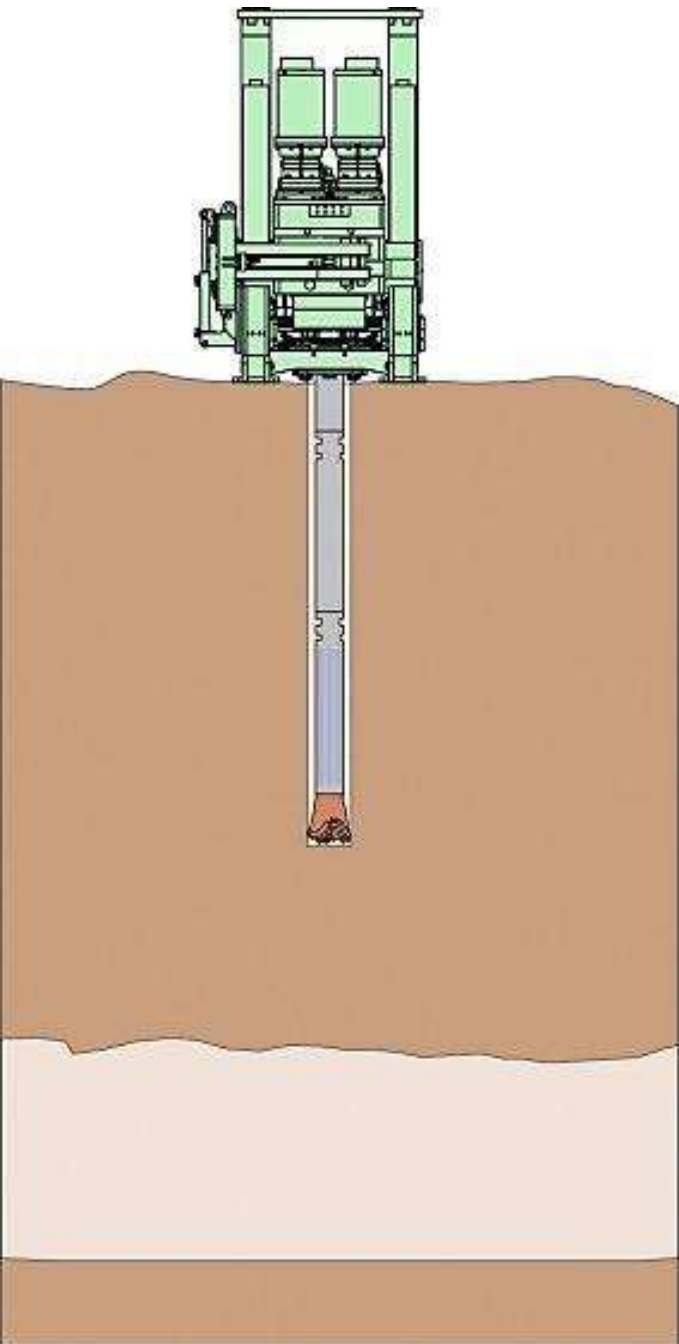
۲- ماشین حفر چاه (Blind Shaft Borer)

مخصوص حفر چاه های کور در معادن

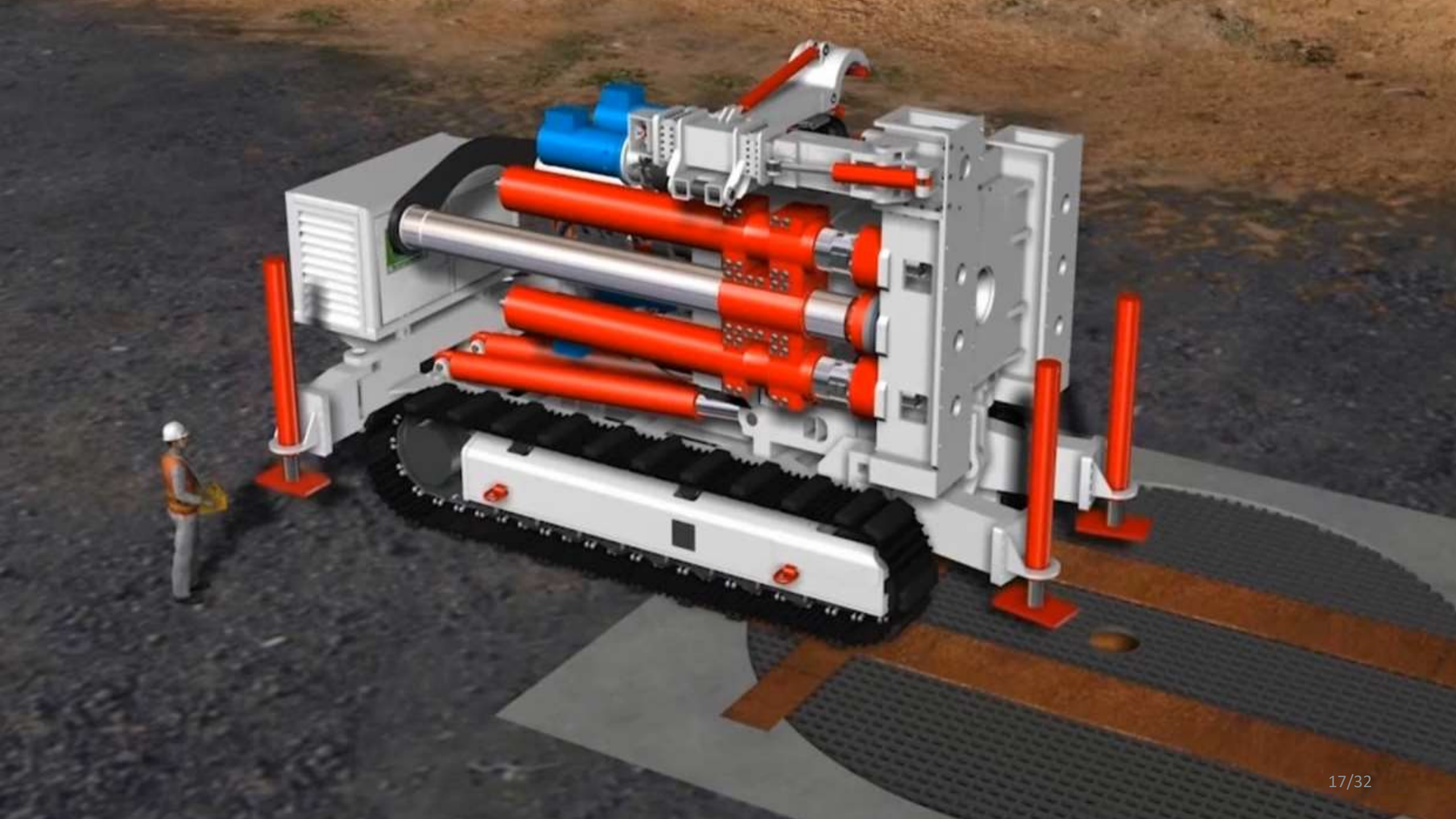
۳- ماشین T.B.M

حفر تونل با ماشین تمام مقطع

۱- ماشین حفر دوویل (Raise Borer)





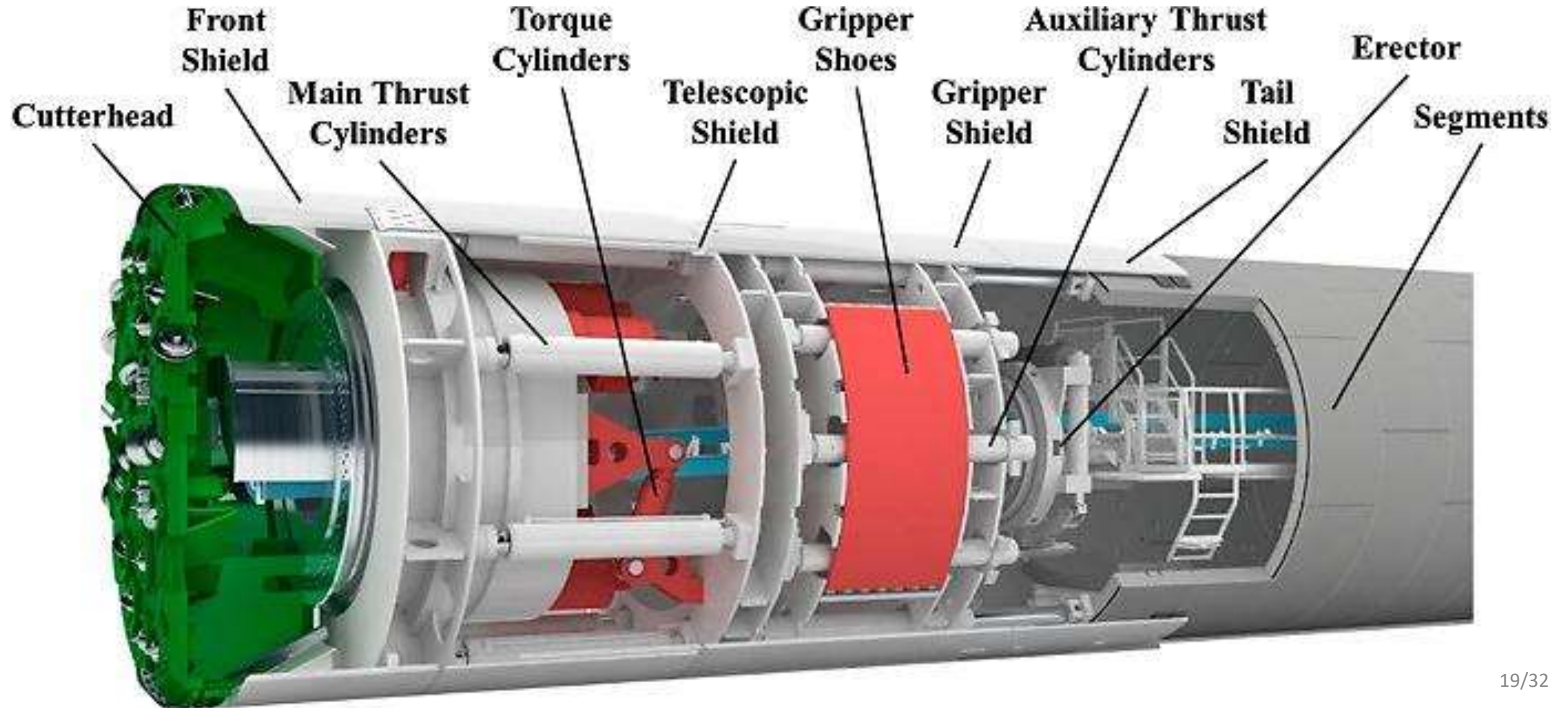


حفر تونل با ماشین تمام مقطع

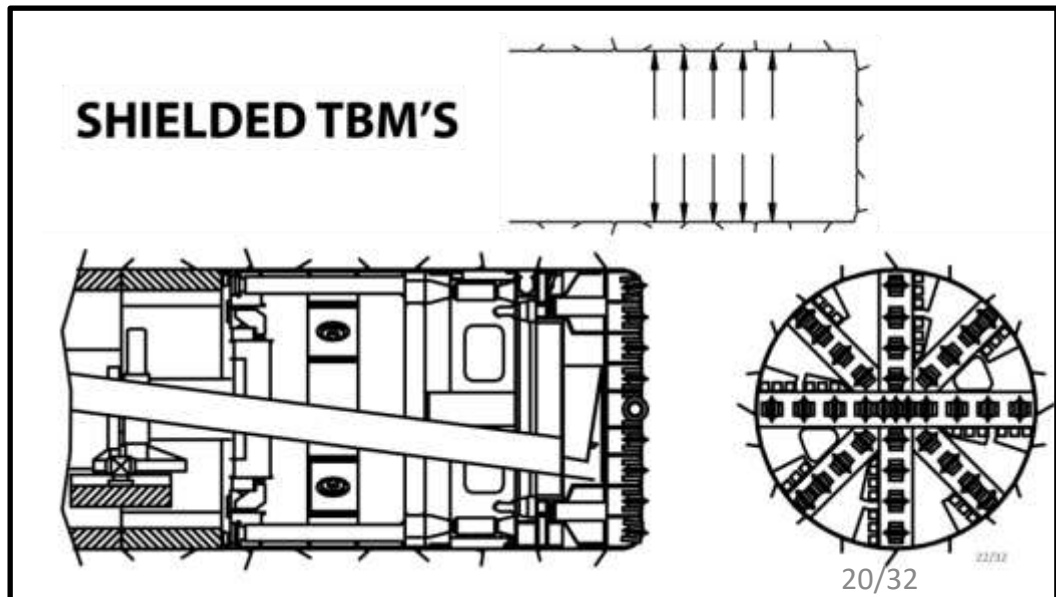
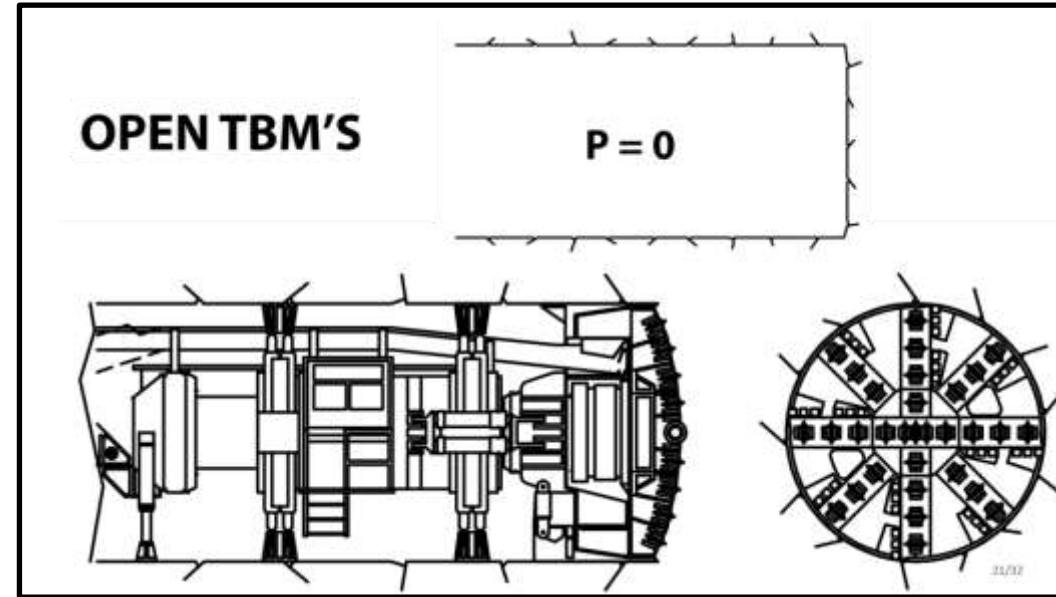
۲- ماشین حفر چاه (Blind Shaft Borer)



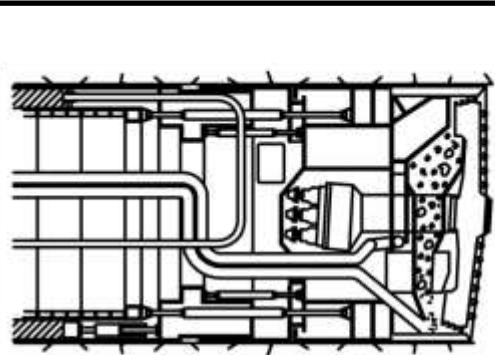
۳- ماشین T.B.M (Tunnel Boring Machine)



انواع ماشین های TBM

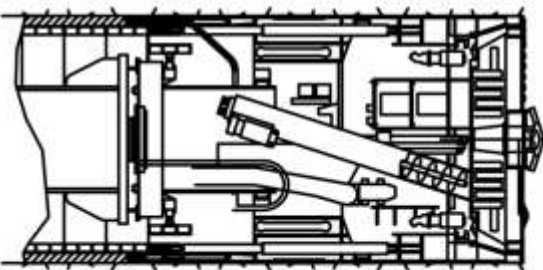
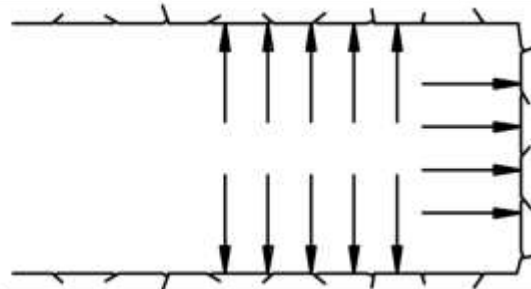
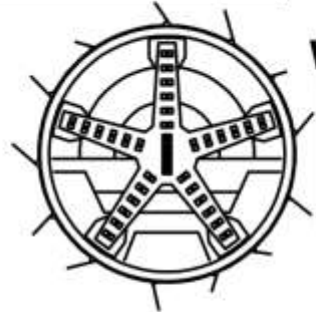


SHIELDED TBM'S WITH FACE UNDER PRESSURE



slurry shield machines

HYDROSHIELD



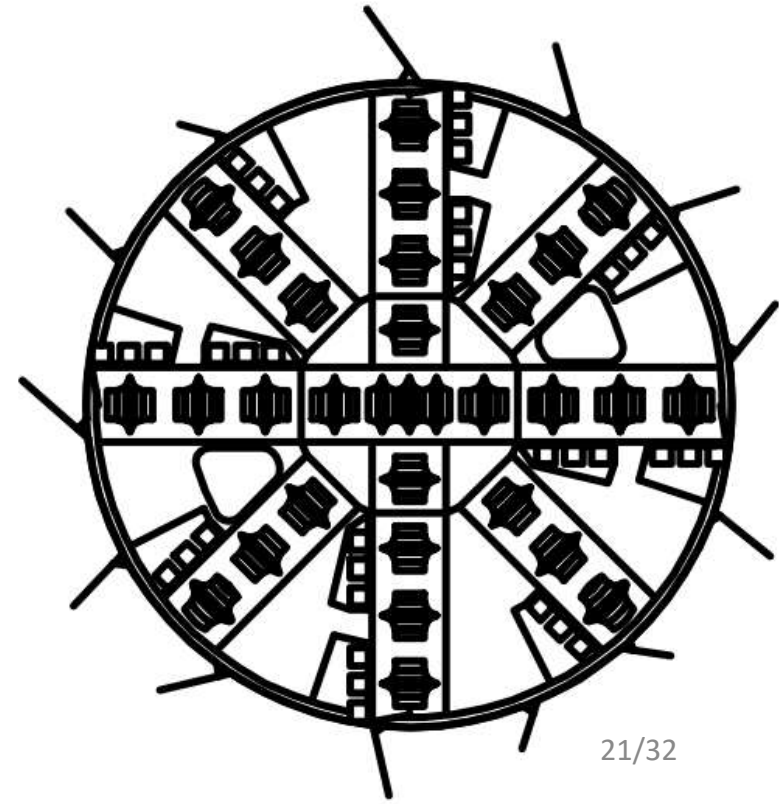
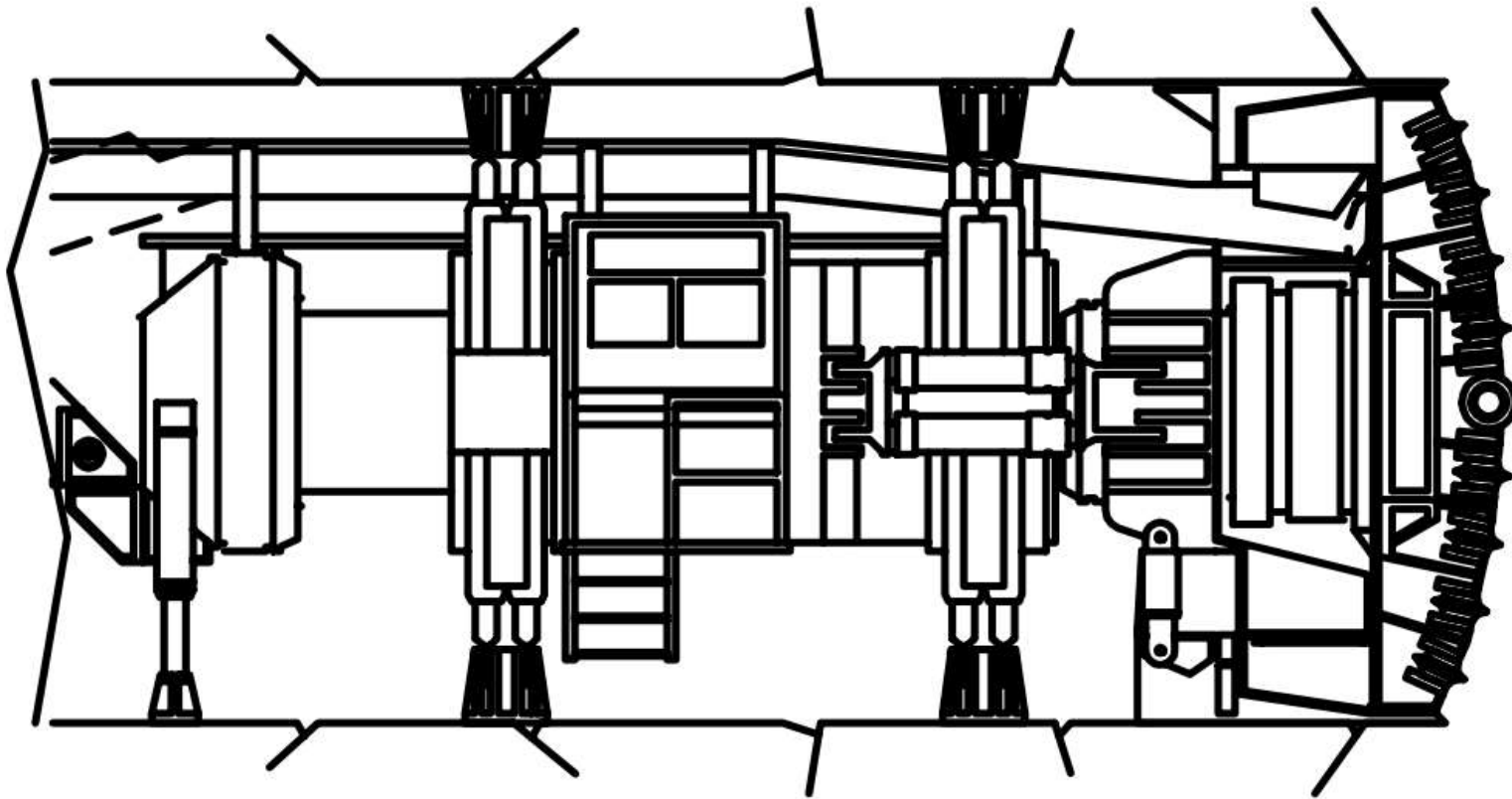
Earth Pressure Balance

EPB

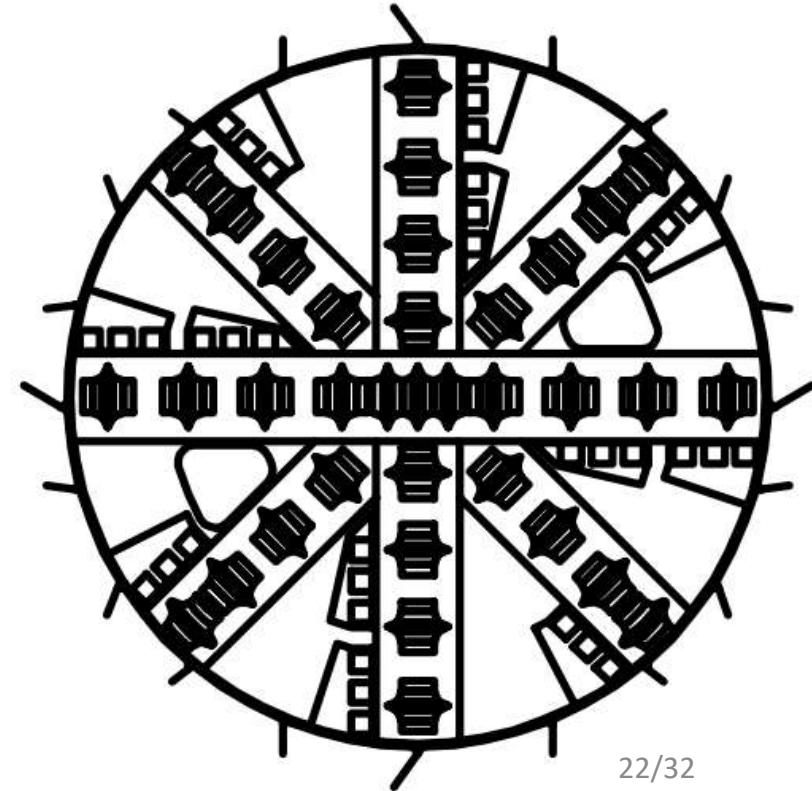
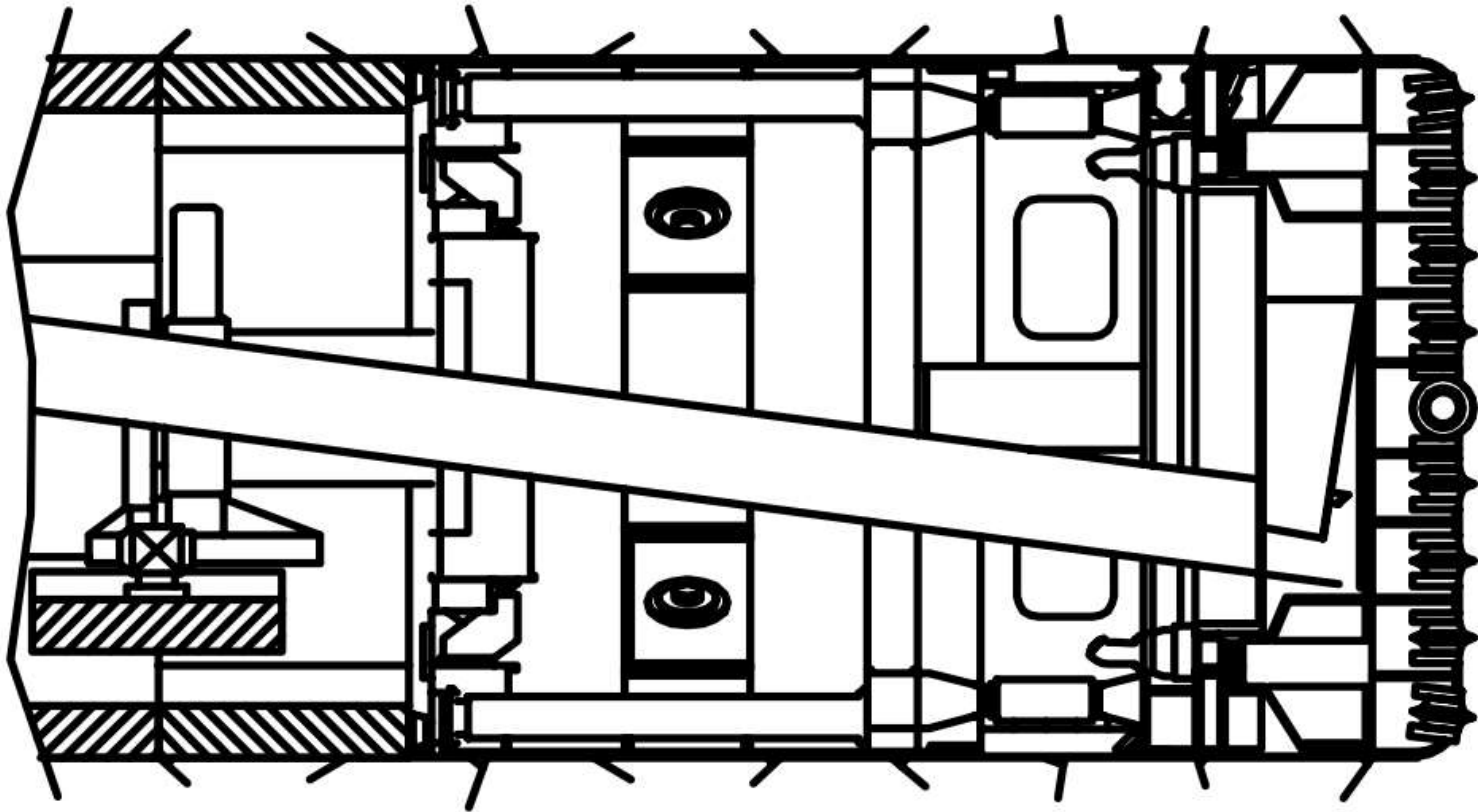
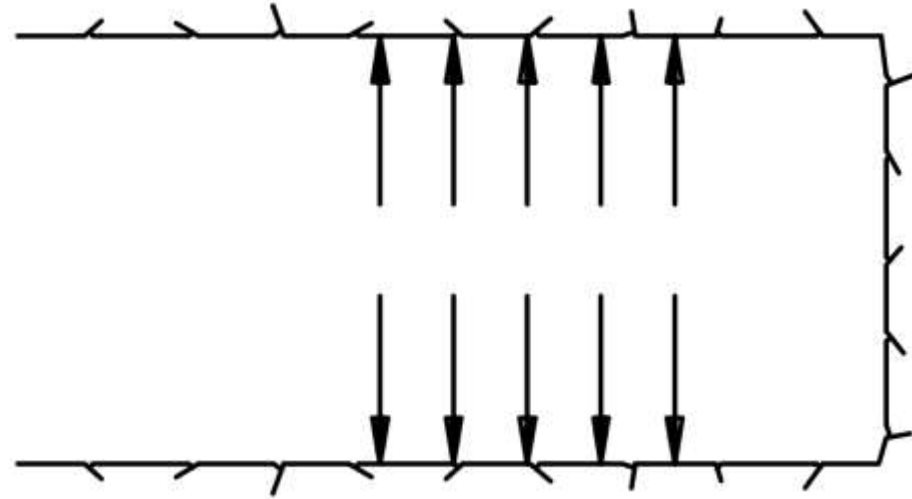


OPEN TBM'S

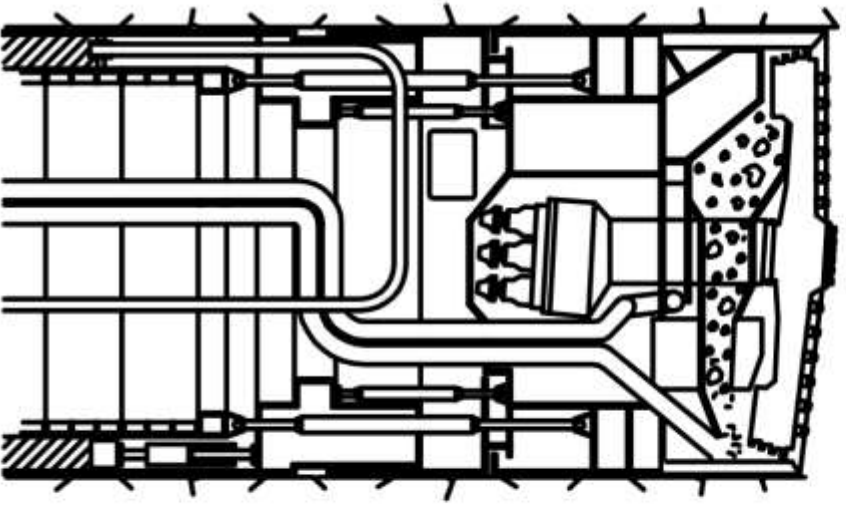
$P = 0$



SHIELDED TBM'S

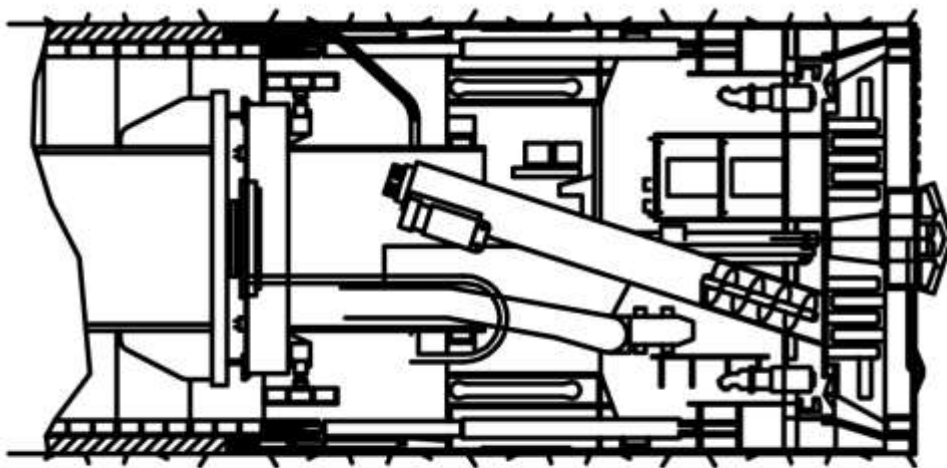
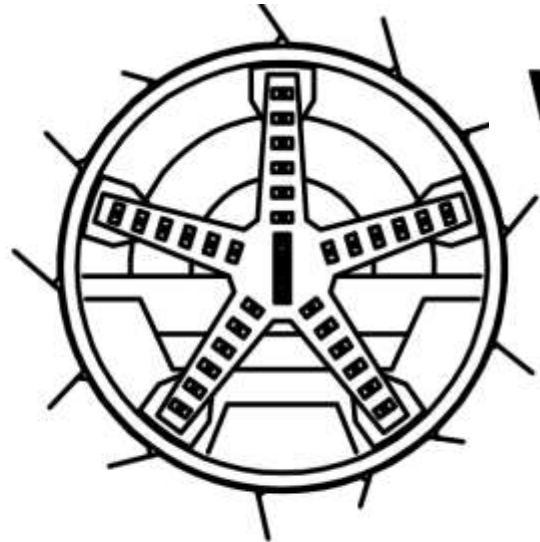


SHIELDED TBM'S WITH FACE UNDER PRESSURE



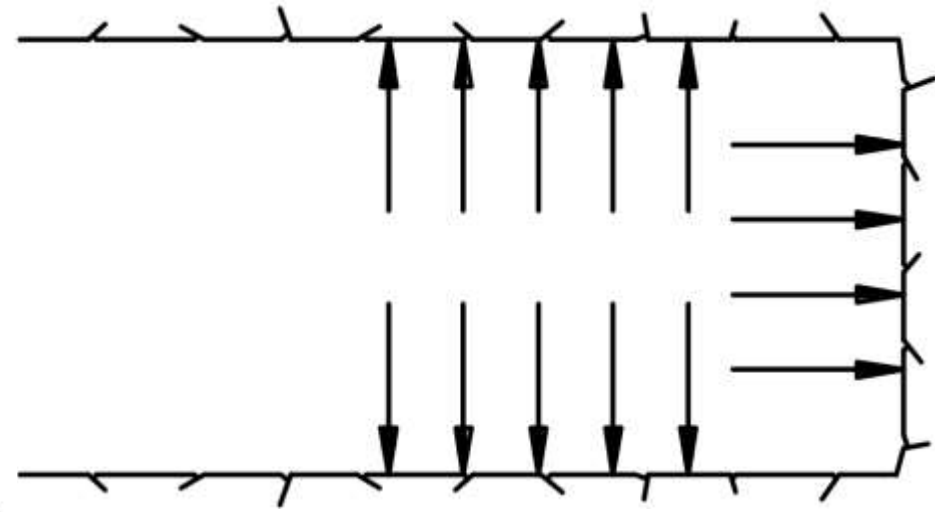
slurry shield machines

HYDROSHIELD



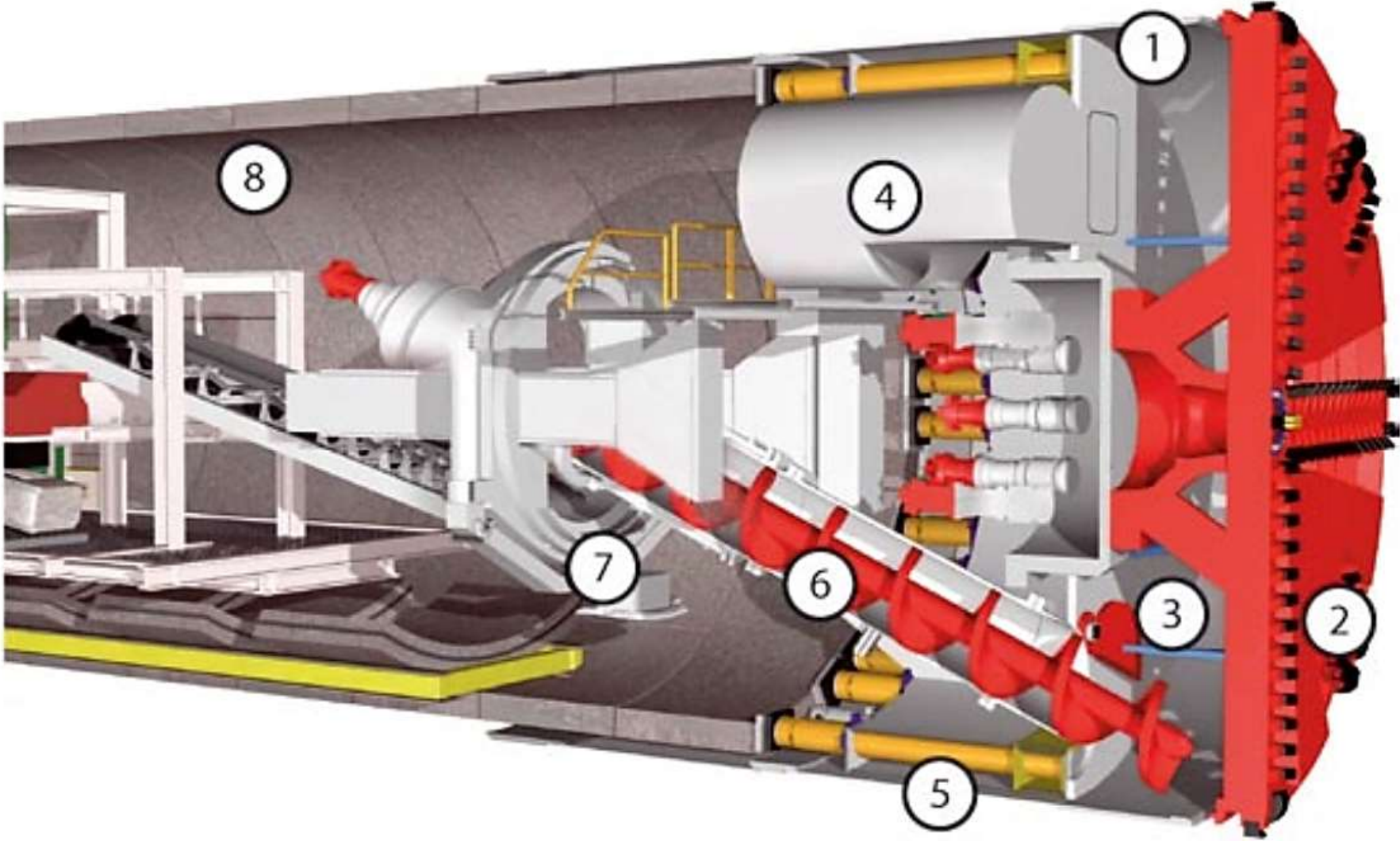
Earth Pressure Balance

EPB

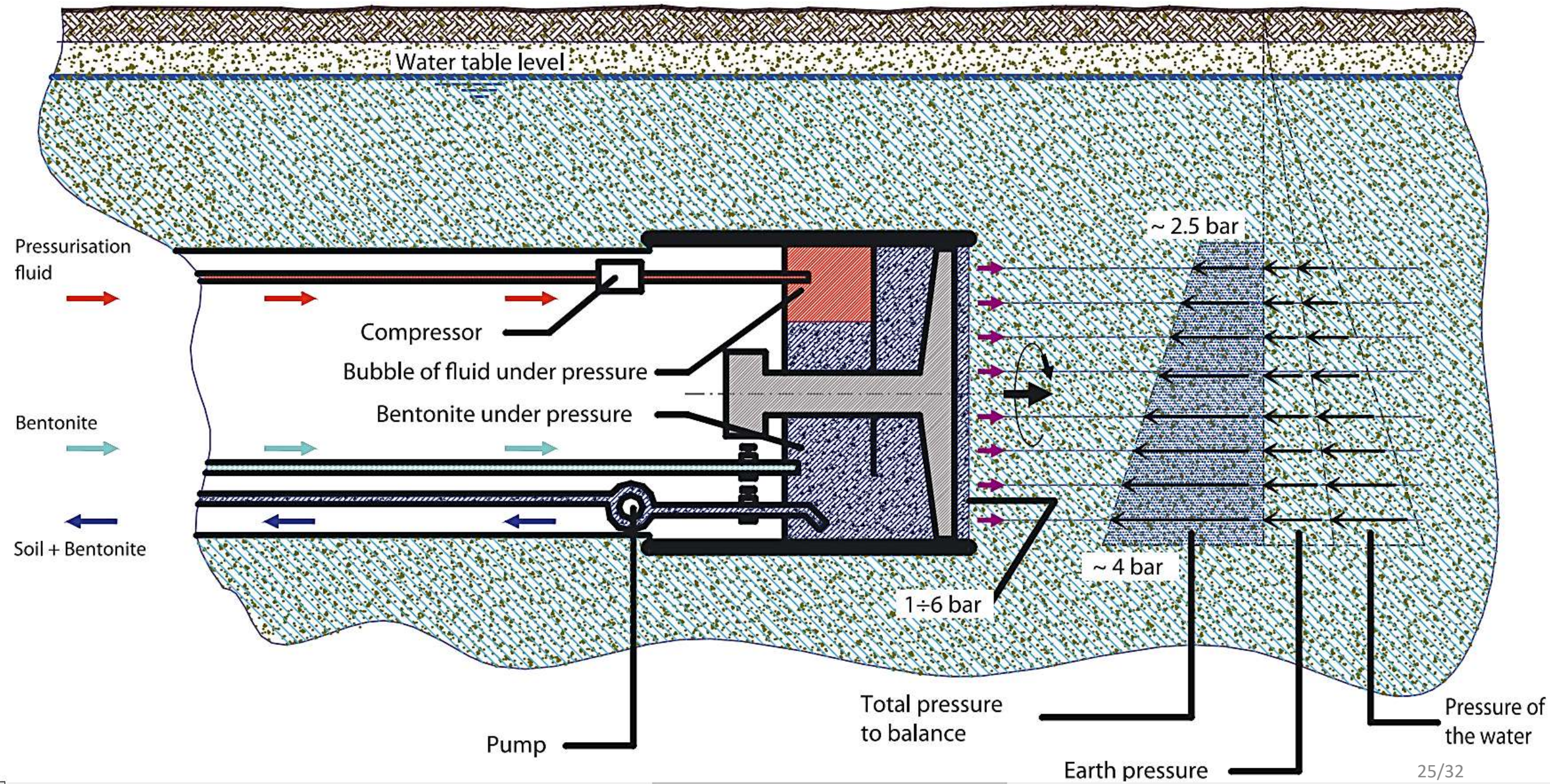


EPB System

- 1. Shield
- 2. Cutter picks and disks
foam nozzles
- 3. Excavation chamber-fluidised
earth under pressure
- 4. Pressure lock
- 5. Thrust pistons
- 6. Spoil extraction screw
conveyor
- 7. Erector
- 8. Rings



HYDROSHIELD SYSTEM



حفر تونل با ماشین تمام مقطع

نحوه کار ماشین های T.B.M:

عملیات حفاری با این ماشین در ۴ مرحله انجام می شود

(الف) - استقرار دستگاه: چنگ زن های جلو و عقب (۸ عدد) باز شده و دیواره تونل را می گیرند.

(ب) - حفاری: صفحه حفار شروع به چرخش کرده و همزمان جک های عقب سر حفار را به جلو حل داده و تونل حفر می شود و همزمان مواد حاصل از حفاری تخلیه می شود.

(ج) - استقرار مجدد دستگاه: چنگ زن ها جمع شده و بدنه دستگاه به جلو حرکت می کند و پس از جابجایی کامل دوباره چنگک ها باز می شوند.

(د) نصب نگهداری: جک های عقب جمع شده و قطعات پیش ساخته بتنی نصب می شوند.

حفر تونل با ماشین تمام مقطع

بر اساس مطالعات انجام شده بر روی ۶۵ تونل در آمریکا، اروپا، استرالیا، آفریقای جنوبی که به کمک T.B.M حفر شده است، بهترین پیشروی در حالات مختلف در جدول زیر خلاصه شده است.

پیشترین آهنگ پیشروی (متر بر روز)	قطر تونل (متر)
۱	۲
۱/۹	۴
۱/۵۵	۵/۵
۱	۸/۵
۰/۹۵	۹
۰/۷	۱۱/۵

➤ عوامل اصلی موثر در نرخ پیشروی:

(۱) وضعیت جنس و ساختار زمین و آب زیر زمینی

(۲) قطر و طول تونل

(۳) نیروی کار، قوانین محلی و ساعت کاری

(۴) نگهداری و پشتیبانی ماشین

(۵) قابلیت های ماشین (نیروی رانش، نیروی گشتاور، قطر دیسک،

نصب نگهداری)

به طور متوسط این نوع ماشین ها ۶۰ تا ۹۰ درصد از زمان کاری را آماده به کار (Availability) بوده و ۳۰ تا ۳۶ درصد در حال بهره دهی (Utilization) هستند.

نکاتی در خصوص حفر تونل با ماشین تمام مقطع

- ✓ در تونل زنی با ماشین های تمام مقطع، تونلهای با قطر کمتر از $3/2$ متر در رده تونل های کوچک مقطع رده بندی می شوند. فضای محدود کاری در این تونل ها مشکلاتی را در ارتباط با بارگیری، حمل، تهویه، نگهداری تونل و تعمیرات صفحه حفار ایجاد می کند.
- ✓ کاربرد ماشینهای تمام مقطع معمولاً در قطر های ۵ الی ۱۰ متر توجیه اقتصادی خوبی دارد.
- ✓ با تمام مشکلات موجود، این دستگاه ها برای تونل های کوچک مقطع هم استفاده شده و نرخ های پیشروی بالایی را ثبت کرده است.
- ✓ ماشین های مخصوص حفر تونل های کوچک به کمک کنترل از راه دور هدایت می شوند.
- ✓ به طور متوسط یک دستگاه T.B.M در طول عمر مفید خود می تواند ۴۰ کیلومتر تونل حفر کند که البته شرایط زمین در این خصوص بسیار تعیین کننده است.

ماشین های تمام مقطع مخصوص زمین نرم

انواع زمین های نرم:

- 1 زمین های سفت (Firm): رس سفت و مواد دانه ای متراکم خوب سیمانی شده.
- 2 زمین سست (Raveling): ماسه های با چسبندگی کم، سیلت و خاکهای برجا
- 3 زمین های جاری (Running Ground): خاک های فاقد چسبندگی مثل ماسه خشک
- 4 زمین های جریان یابنده (Flowing Ground): توده خاک به همراه آب زیر زمینی مانند یک سیال با لزجت زیاد به داخل تونل جریان می یابد.
- 5 زمین های فشارنده (Squeezing Ground): رس های نرم تا متوسط

ماشین های تمام مقطع مخصوص زمین نرم



از بذل توجه شما سپاسگذارم



