„Csalagút”

A La Manche-alagút építése magyar szemmel

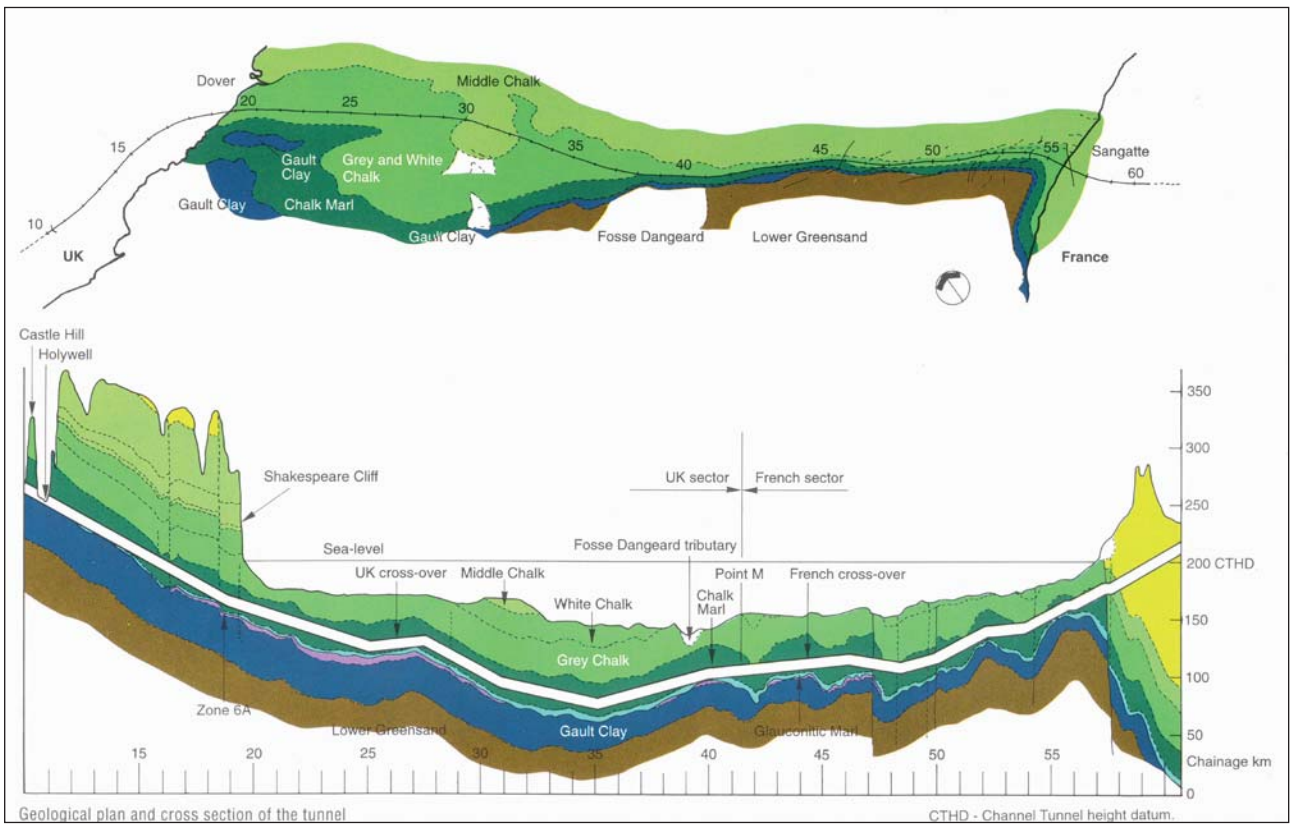
Majdnem minden írást ebben a témában a Franciaország és Nagy-Britannia között, a La Manche-csatorna alatt épült vasúti alagút történetével kezdenek. Én sem leszek kivétel. Az alagútépítés lehetőségével 1802-ben, a napóleoni háborúk idején kezdtek foglalkozni a franciák, mivel hadseregük száraz lábbal szeretett volna átkelni az angol flotta által lezárt La Manche-csatornán.

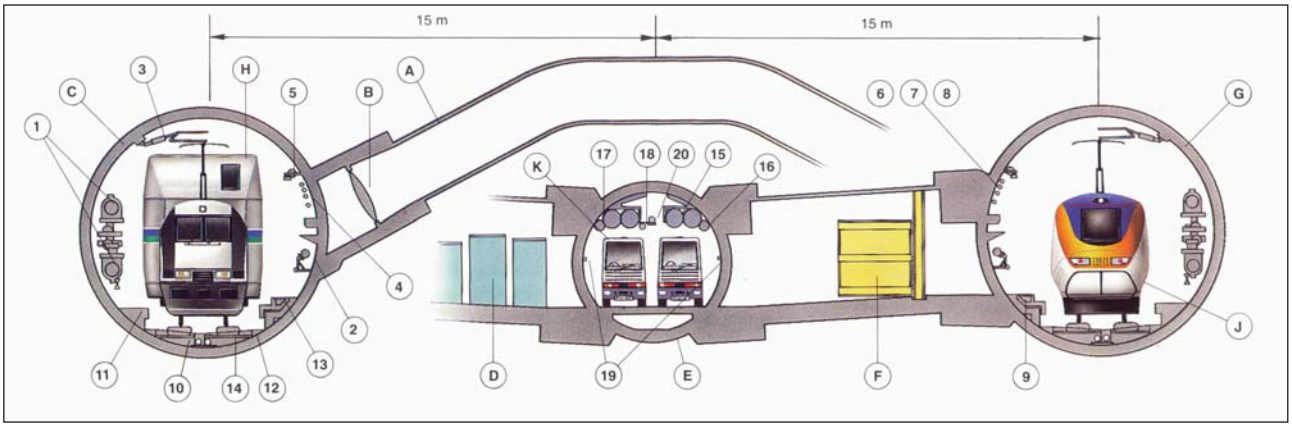
A 19. században több javaslat is született az állandó kapcsolat létesítésére. 1880-ban *Beaumont* ezredes vezetésével a La Manche-csatorna mindkét oldaláról megkezdődött az alagútépítés. Az angol oldalon a *Thomas English* tervezte alagútfúró géppel (!) már elkészült 2 km, amikor 1883-ban a brit hadsereg vezetése – egy lehetséges inváziótól való félelmében – leállíttatta a Beaumont-alagút építését. 1922-ben 128 méter feltáró alagutat fúrtak a *Whitaker* által épített géppel Dovernél. 1975-ben egy modern Pristley alagútfúró pajzzsal próbaképpen megépült 250 méter a mai szervizalagút nyomvonalában. A sikeres kezdés ellenére azonban a munkát gazdasági nehézségek miatt abbahagyták.

Az 1980-as években már mindkét oldalon megvolt a politikai akarat. A magánbefektetők hajlandónak mutatkoztak az akkor 6 milliárd fontra becsült költségeket fedezni, így 1986-ban aláírták a canterburyi egyezményt, ami lehetővé tette az építést. Ugyanakkor 55 éves koncessziós szerződést kötöttek egy brit és egy francia csoporttal. Ezekből alakult a Eurotunnel, az alagút üzemeltetője és a TML (Transmanche-Link), a rendszer építője. A TML kapta a tervezésre, kivitelezésre, valamint a gépészeti és elektromos berendezések, vasúti járművek szállítására vonatkozó szerződést. A TML-csoporton belül mind a francia, mind az angol oldalon külön tervező és kivitelező részleget hoztak létre. Ebből adódtak az alagutak és műtárgyak tervezésében és kivitelezésében jelentkező jelentős eltérések. Az angol tervező részlegben az UVATERV egy csoportja is dolgozott.

A koncesszióba adott rendszer vasúti alagutakkal bonyolítja le feladatát. A fő cél a Dover és Calais között ingázó komphajók személy- és teherforgalma minél nagyobb részének átterelése az alagútba. Mind a személy, mind a teherautókat külön erre a célra tervezett kompvonatok szállítják. A személyszállításra tervezett vonatok zárt vagonokkal készültek, amelyeket a kocsik behajtása után leereszthető, tűzálló falakkal osztanak szakaszokra. A vezető és az utasok a kocsikban maradnak a mindössze 33 perces úton. A teherautókat szállító kompvonatok nyitottak, rácsos acélszerkezet felépítménnyel készülnek, a sofőröket pedig a vonathoz tartozó étkezőkocsin szállítják. Ennek részben az az oka, hogy a kiélezett versenyhelyzetben a komphajókon bevett szokásoknak megfelelő „vendégszeretetet” biztosíthassanak számukra. Az alagutat tehervonat-forgalom lebonyolítására is használják.

Geology: A „Csalagút” földtani helyszínrajza és hosszmetszete. Az alagutakat a sötétzölddel jelölt vízzáró mészmárga (Chalk Marl) rétegben igyekeztek vezetni. A felette fekvő szürke kréta (Gray Chalk) és fehér kréta (White Chalk), valamint az alul fekvő Gault agyag és homok nem kedvező az alagútépítéshez





Az alagutak tipikus keresztmetszete. A két vonalalagút között, kicsit alacsonyabban helyezkedik el a szervizalagút. A vonal- és szervizalagutakat 375 méterenként átjárófolyosók kötik össze. Ezek mellé épültek az elektromos és szivattyúkamrák. A vonalalagutakat 250 méterenként a szervizalagút felett szellőzőalagút köti össze a vonatok átal keltett dugattyúnyomás elvezetésére

A Dugattyúnyomást elvezető szellőzőalagút	**1** Hűtőcsövek	**11** Karbantartójárda
B Pillangószelep	**2** Tűzoltóvízcső	**12** Vágánybeton II.
C Vonalalagút	**3** Felsővezeték	**13** Menekülőjárda
D Tipikus műszaki kamra	**4** Rádióantenna	**14** Magánaljas vágány
E Szervizalagút	**5** Világítás	**15** Drénccső
F Menekülőfolyosó légzáró kapuval	**6** 2x20 kV-os kábelek	**16** Tűzoltóvízcső
G Vonalalagút	**7** 3,3 kV-os kábel	**17** Tűzoltóvízcső
H Kompvonat	**8** Alacsony feszültségű kábelek	**18** Rádióantenna
J Eurostar-vonat	**9** Hírközlő kábelek	**19** Világításkapcsolók
K Mentő- és szervizjármű	**10** Vágánybeton I.	**20** Világítótestek

A Eurostar vonatai az alagúton keresztül Párizst és Brüszszelt kötik össze Londonnal. A TGV-vonatok egyébként 300 km/órás sebességét az alagútban 120 km/órában maximálták. A szerelvények jelenleg a londoni Waterloo állomásra érkeznek. Jövőre készül el az új, nagy sebességű vasúti pálya, a CTRL (Channel Tunnel Rail Link), a Csatornaalagút Vasúti Kapcsolat Ashford és Észak-London között. Ezzel a Eurostar-vonatok végállomása a St. Pancras lesz.

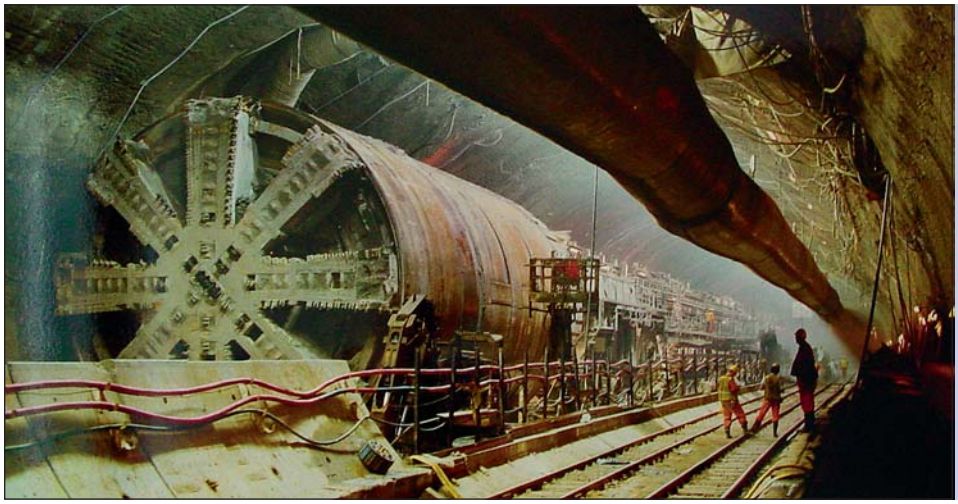
A közhiedelemmel ellentétben nem egy alagút, hanem egy alagútrendszer épült meg a La Manche-csatorna alatt, ami két, 7,6 m belső átmérőjű vonalalagútból és egy 4,8 m belső átmérőjű szervizalagútból áll, a teljes hossz 3x50,5, azaz 151,5 km. A tenger alatti alagutakból 21,9 km az angol szektorban, 16 km pedig a francia szektorban fekszik. A tényleges alagúthosszakat később a mindkét oldalról szembe hajtott pajzsok tényleges sebessége határozta meg *(1. táblázat)*.

Az alagútban 120 km/óra sebességgel haladó vonatok előtt összetorlódó levegő elvezetésére a vonalalagutakat 250 méterenként 2 méter átmérőjű, 21 méter hosszú szellőzőalagúttal kötötték össze. A vonalalagutakat 375 méterenként 10 méter hosszú 3,3 méter belső átmérőjű átjárók, ha úgy tetszik, menekülőfolyosók kötik össze a szervizalagúttal. A folyosókban légzáró ajtók vezetnek az enyhe levegőtúlnyomással szellőztetett, ezért füstmentes szervizalagútba. A 2x130 darab menekülőfolyosó közelében hasonló átmérőjű műszerkamrák és elektromos alállomások is épültek.

A nagyobb alagúti műtárgyak közül említést érdemel a két, tenger alatti, 164 méter hosszú, 21,2 méter széles és 18 méter magas keresztező műtárgy, mely a vonatok egyik alagútból a másikba való átterelhetőségét biztosítja. Az angol alagútszakaszon két hatalmas szivattyúállomás is épült az alagútba beszivárgó vizek eltávolítására. Az angliai Folkestone melletti Cheritonban, illetve a francia oldalon a Calais melletti Coquelles-ban épült vasúti terminálokon rámpákkal bonyolítják le a járművek fel- és lehajtását a kompvonatokra.

Alagutak a csatorna alatt — **1. táblázat**

Alagutak	Angol szárazföldi	Tenger alatt	Francia szárazföldi	Összesen
Északi vonalalagút	9,3 km	37,9 km	3,3 km	50,5 km
Szervizalagút	9,3 km	37,9 km	3,3 km	50,5 km
Déli vonalalagút	9,3 km	37,9 km	3,3 km	50,5 km
Mindösszesen	27,9 km	113,7 km	9,9 km	151,5 km



A déli tenger alatti pajzs a keresztezőkamrában, az északi pajzs már áthaladt. A teleszkópos kettős pajzs oldalán jól láthatók a vágatba befeszítéshez használt acéllapok (grippers)

Az alagutak gazdaságos megépíthetőségéhez sikerült megtalálni a megfelelő geológiai környezetet. A kutatások azt mutatták, hogy a legalkalmasabb zóna a „chalk marl", a mészmárga réteg vízáteresztő képessége 10^{-7} m/s nagyságrendű, gyakorlatilag vízzáró. Nem voltak ilyen szerencsések a francia oldal mérnökei. A geológiai hosszmetszeten is jól láthatóan a mészmárgát több vetőzóna szeli át, majd a francia part közelében alábukik. Az alagút itt már csak töredezett krétarétegben haladhat. Ez a geológiai különbség vezetett oda, hogy a francia oldalon zárt EPB, magyarul aktív földnyomás megtámasztású pajzsok használata volt szükséges. Ezek a gépek nagyobb permeabilitású kőzeteken is képesek áthaladni, azonban még nyitott üzemmódban is lényegesen lassúbbak a teleszkópos kettős pajzsoknál.

Az angol oldalon a kedvezőbb geológia megengedte a nyitott teleszkópos kettős pajzsok használatát. (A kettős pajzs két pajzs egymás után összeépítve.) A hátsó pajzsban vannak a falazati szegmenseket építés közben a helyükön tartó hidraulikus sajtók és két hatalmas feszítőlap, amelyeket szintén sajtók segítségével befeszítenek a már kifúrt alagútba. Erre támaszkodva nyomja magát előre az első pajzs, és közben a homlokon a vágófejjel fejti a kőzetet. A típus előnye, hogy a fejtés és a falazatépítés egy időben történik. Ez a pajzs megfelelő geológiai viszonyok között a leggyorsabb gép *(2. táblázat)*.

A használt pajzsok teljesítményértékei — **2. táblázat**

Legjobb pajzsos teljesítmények	Napi (m)	Heti (m)	Havi (m)
Angol oldal	75	428	1719
Francia oldal	56	293	1106

Az angol oldalon a szervizalagutak megépítéséhez két, a vonalalagutakhoz négy pajzsot használtak.

A francia oldalon ugyanakkor öt pajzzsal dolgoztak. Itt a viszonylag rövid szárazföldi vonalalagutakat egy géppel építették meg *(3. táblázat)*.

Az alagutak falazatát mind a francia, mind az angol oldalon előre gyártott vasbeton elemekből tervezték. Jelentős különbség volt azonban a részletekben. Az angol oldalon az alacsony permeabilitású mészmárgával számolva szigeteletlen, csavarkapcsolat nélküli – a londoni földalatti vasútvonalak építésénél jól bevált –, befeszített falazati gyűrűket terveztek, a francia oldalon erre nem volt lehetőség. A falazatot a maximum 8 baros víznyomásra kellett megtervezni, ezért az általában szokásos gumiprofil szigeteléssel ellátott – ma szinte mindenhol használt – csavarozott vasbetonban gondolkoztak.

Az angol befeszített falazat sajátossága, hogy – a budapesti metróvonalaknál is alkalmazott módon – az elemek között nincs csavarkapcsolat. A vonalalagutak 7,6 m névleges belső átmérőjű gyűrűje nyolc nagyméretű szegmensből és egy záróelemből áll. Az elemek elhelyezése mindig azonos. Az ideiglenes vasúti vágányt hordó talpelemre szereltünk két oldalon padkás alsó elemeket. A padkára helyezett síneken gurult a pajzs kiszolgáló kocsisora; ezt használtuk gyaloglásra, később pedig ez épült ki menekülő-, illetve szervizjárdává. A többi elem azonos. Az ékes kialakítású záróelem rövidebb, mint a gyűrű. Utolsóként egy erre a célra kialakított sajtóval nyomták be, ezzel a faroklemez nélküli pajzs mögött a gyűrűt nekifeszítették a kőzetnek. A gyűrű befeszítése után injektálás nélkül is azonnal állékony volt. A várt geológiai viszonyok között a betonblokkok hátulján levő 1 cm vastag betonpadokkal kialakított hátűrt kellett csak injektálni a vízzáróság növelésére. Az angol tervezők a vízzáró márgában minimális beszivárgást vártak. A kis mennyiségű beszivárgó vizet az alagút üzemeltetése közben egy drénrendszerrel elvezetik

Pajzstáblázat — **3. táblázat**

Pajzstáblázat	Tenger alatt működő pajzsok		Szárazföldön működő pajzsok	
	Vonalalagút (2x)	Szervizalagút	Vonalalagút (2x)	Szervizalagút
Angol oldal	Robbins-Markham	Howden	Howden	Howden
Francia oldal	Kawasaki-Robbins	Robbins	Mitsubishi-NFM	Robbins

a két zsompkamrába, innen pedig a felszínre szivattyúzzák. A falazat fugáiban megjelenő szivárgó vizeket bepattintott műanyag elemekkel vezetik le a drénrendszerbe. A befeszített falazat jó kőzetviszonyok között igen gyors építést tesz lehetővé. A szervizalagút falazatát azonos filozófiával tervezték *(4. táblázat).*

Az angol oldalon használt vasbeton falazatok lényegesebb adatai **4. táblázat**

Gyűrűtípus	Betonszil. (N/mm^2)	Nominális belső átmérő (mm)	Falvastagság (mm)	Gyűrűhossz (mm)	Alagút ahol beépült
S27	60	4800	270	1500	MST
S41	60	4800	410	1500	LST
R27	60	7780	270	1500	MRT
R36	60	7600	360	1500	MRT
R54	60	7600	540	1500	LRT

Jelmagyarázat: MST (Marine Service Tunnel) = tenger alatti szervizalagút; LST (Land Service Tunnel) = szárazföldi szervizalagút; MRT (Marine Running Tunnel) = tenger alatti vonalalagút; LRT (Land Running Tunnel) = szárazföld alatti szervizalagút

A *4. táblázat* gondosabb tanulmányozásakor kiderül, hogy a szárazföld alatt épült alagutak falazata lényegesen vastagabb, mint a tenger alattiaké. Az anomália úgy keletkezett, hogy nem sikerült megegyezni a tervezéshez használandó geotechnikai paraméterekben, ezért az illetékes parlamenti bizottság akként döntött, hogy a teljes takarási nyomást kell figyelembe venni.

Alkalmaztak különleges esetekben gömbgrafitos öntöttvas (SGI Spherical Graphite Iron) falazatot is. A keresztező kamra közelében, ahol a két alagút 2,5 m-re megközelíti egymást, az előbb érkező északi vonalalagút utolsó 80 méterét öntöttvas falazattal építették, a falazatot ezenfelül a külső oldalon 6 m hosszú kőzetcsavarokkal stabilizálták. Öntöttvasból készültek a keresztalagutak kitörési helyein a vasbeton elemek helyére beszerelt speciális nyitókészletelemek, valamint a dugattyúhatást elvezető szellőzőalagutak is.

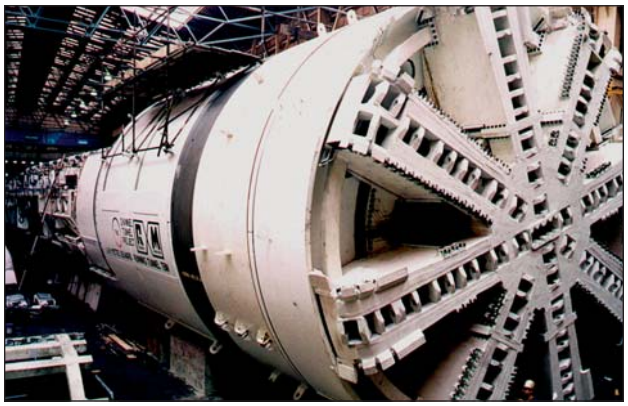
Az olvasó mostanra bizonyára észrevette, hogy főleg az angol oldal szerkezeteivel foglalkozom. A TML, a munka kivitelezőjének alkalmazottjaként közel két évet dolgoztam az angol oldalon – ez idő alatt 18 km alagutat építve – a tenger alatti északi vonalalagút, az MRTN (Marine Running Tunnel North) fő-építésvezetőjeként. Nem én voltam az egyetlen magyar, aki a „Csalagút" építésében részt vett. *Strébely Erzsébet* és *Pethő Csaba* kollégáim a szerkezetek tervezésében működtek közre az akkor még Mott Hay & Anderson néven ismert Mott MacDonald cégnél.

A második kalkuttai kalandom vége felé javasolta egy német kollégám a projektet finanszírozó bankkonzorcium műszaki tanácsadó cégénél, hogy küldjem el az életrajzomat, mert „hozzám hasonló, alagutas tapasztalattal rendelkező mérnököt" keresnek. Az interjúra már hazatérésem után, 1989 áprilisában utaztam ki Nagy-Britanniába, a Dover melletti Shakespeare Cliff nevű munkahelyre. Az első interjút a tenger alatti alagutakért felelős építési igazgatóhelyettes, a másodikat az építési igazgató, a harmadikat a Shakespeare Cliff nagyfőnöke, *Alaister Biggart* vezette. Végül is Alaister mondta ki a boldogító igent, felvesznek „agent"-nek. Az angol építési szótárban az agent egy munkahely vezetőjét, építésvezetőt jelent. Megkaptam a szokásos meghívó és igazolóleveleket, melyekkel a budapesti brit nagykövetségen kellett folyamodnom munkavállalási engedélyért. Hazamentem, folyamodtam – és vártam, vártam, és vártam… Közben rutinosan jártam a magyar bürokratikus útvesztőt a külföldi munkavállalás engedélyezéséhez; meghosszabbítottam a fizetés nélküli szabadságomat a KÉV-Metrónál, beadtam a papírokat a Fővárosi

A tenger alatti vasúti keresztezőkamra (Crossover Chamber) építés közben. Az előtérben az új osztrák módszerrel épült kamra egyik munkafázisából megmaradt ideiglenes lőttbeton vágatbiztosítás darabja látható bontás közben

Tanács Munkaügyi Osztályára, zöldkönyvet szereztem a vámhivatalban... Augusztus közepén végre megjött az angol munkavállalási engedély. Utazhattam.

Az első heteket a Dover szélén levő Farthingloe Construction Village-ben, a TML munkásszállásán töltöttem. A Shakespeare Cliffben akkor kétezer-hatszázan dolgoztunk. Teljesen új munkahelyi szokásokat kellett gyorsan megtanulni. Minden mindenhol egy kicsit – néha nagyon – másként van, mint amit az ember máshol megszokott. Megjegyzem, bármelyik országba érkezem meg, és települök le, a helyiek automatikusan feltételezik, hogy mindent ugyanúgy ismerek, mintha ott születtem volna… Legalább a jobb oldali kormányos autó vezetése hét év indiai tapasztalattal nem okozott semmilyen nehézséget. A vezetési stílus azonban határozottan különbözött az Indiában vagy az otthon megismerttől. Itt is azt tapasztaltam, bármely országban könnyen fel lehet mérni az emberek várható viselkedését magánemberként és üzleti partner-



A tenger alatti vonalalagutak építéséhez használt 250 m hosszú, 8,36 m átmérőjű Robbins-Markham teleszkópos kettős pajzs a sheffieldi gyárban, végszerelés közben

ként is abból, ahogy autót vezetnek. A szabadidőmben intéztem a szokásos, letelepüléshez szükséges dolgokat. Bankszámlát nyitottam, bejelentkeztem a rendőrségen. Lakást hamarosan találtam a munkahelytől 20 mérföldnyire levő Ashfordban az akkor még csak részben elkészült M20-as autópálya mellett. Fontos volt, hogy a napi tizenkét órás munkaidő után hamar hazaérjek. Ashfordban iskolát, orvosi rendelőt, kórházat kerestem szükség esetére. A család egy hónapon belül érkezett, sietnem kellett.

A munkahelyen eleinte munka-előkészítési és koordinálási feladatot kaptam. Néhány hónappal korábban indult a tenger alatti északi vonalalagút pajzsa, és szerelték a déli pajzsot is. A tengeri szervizalagútból, amelyet az 1975-ben egy Pristley-pajzzsal kihajtott szakasz végén indítottak újra egy Howden-pajzzsal, már körülbelül nyolc kilométert kihajtottak. A parttól nagyjából másfél kilométerre belefutottak egy néhány száz méter hosszú töredezett mészmárga szakaszba, amin a nyitott pajzzsal és az állékonynak feltételezett kőzetbe befeszített falazattal csak óriási nehézségek árán, a személyzet hősies munkájával sikerült áthaladni. A nemlétező faroklemez pótlására a hátsó pajzsra hátranyúló acéllemezeket szereltek, amelyek a lazuló kőzettömeg súlyát hordták addig, amíg a legutolsó gyűrű épült. A módszer gyötrelmesen, de működött a kis átmérőjű alagútban.

A vonalalagutak 8,36 m átmérőjú Robbins-Markham-pajzsainál a fenti módszer már nem volt elegendő. Fel kellett szerelni a faroklemezt pótló acéllemezeket, de más átalakításra is szükség volt. Az eredeti elképzelés szerint a falazatot csak vízzárás miatt kellett injektálni, ezért az injektáló platformot és gépeket a pajzs mögött 80 m-re helyezték el. Ezt előre kellett hozni a falazatszerelő erektor mögé. Természetesen egyéb berendezések, mint például a felső szegmenset szállító szalag, útban voltak. A kocsisort jelentősen átterveztük. Az én feladatom lett a munka koordinálása, a részletes ütemterv elkészítése és a munka lebonyolítása. Tíz nap alatt sikerült összehozni a dolgot, az északi pajzs rövidesen belefutott a töredezett márgába. A vasbeton falazatot nem lehetett befeszíteni az omladozó kőzetbe, átálltunk a csavarozott öntöttvas falazat szerelésére. Itt egy gyűrű csak 75 cm hosszú volt, így a gyűrűszerelés közben biztosítatlan főte a felére rövidült. A hátűrt gyöngykaviccsal töltöttük ki, amit később cementtejjel kiinjektáltunk. A gyöngykavics bejuttatása a szűk hely miatt a spriccbetonlövő gépekkel nehezen ment, a gyűrűk elkezdtek leülni, egyre nőtt az ovalitásuk. A kritikus szakaszokon a szervizalagútból mandzsettás csöves talajszilárdítást kellett végerehajtani a vonalalagutak nyomvonalában. Nekem jutott a munka előkészítése és a kivitelező alvállalkozó ellenőrzése. Jelentős nehézséget okozott, hogy csak a szervizalagút fele állt rendelkezésre a szilárdításhoz. Az egyik vágányon a Stent-Soletanche platós vagonokra szerelt berendezései működtek, a másik vágány a pajzs kiszolgálására volt fenntartva. A szilárdítás olyan jól sikerült, hogy mind a déli, mind az északi pajzs nagyobb nehézség nélkül átjutott a szervizalagút építése során legnehezebbnek bizonyult szakaszokon.

A fent felsorolt nehézségek jelentősen lelassították az alagútépítést, ami pénzügyi és vezetési válsághoz vezetett a TML-nél. A tulajdonos Eurotunnel változtatásokat követelt: a vezetők egy részét lecserélték vagy áthelyezték, távozott az északi tengeri vonalalagút fő-építésvezetője is. Engem neveztek ki a helyére, jelentősen megnőtt a felelősségem. A pajzshajtás mellett folyamatosan építeni kellett a menekülőfolyosókat, a vonalalagutakat, a szervizalagút feletti összekötő szellőzőalagutakat. A pajzs ellátására kétvágányú vasúti forgalmat kellett fenntartani alagutanként tíz vonatpárral. Az alagúthajtás végére az angol oldalon 150 km-nyi 900 mm-es nyomtávú vágány volt a munkahelyen! A vontatást részben dizelmozdonyok, részben felsővezetékes, egyenáramú, akkumulátoros mozdonyok bonyolították. Mindehhez folyamatosan ki kellett építeni az áramellátást és a felsővezetékeket. A pajzs haladásának megfelelően hosszabbítottuk a hűtővízcsöveket, a víztelenítő rendszer csöveit. Két hatalmas, egy 600 mm és egy 400 mm átmérőjű csövet is építettünk arra az esetre, ha építés közben vízbetörés történne. Szerencsére nem volt rájuk szükség. Állandóan hosszabbítani kellett a pajzs 11 kV-os energiaellátását, az alagút-világítást és a kommunikációs kábeleket. Az alagútfőtében 2 m átmérőjű szellőzőcsövet vezettünk. Az északi vonalalagútban folyamatos műszakban összesen 450 ember dolgozott.

További jelentős módosításokkal a vonalalagúti pajzsok sebessége olyannnyira felgyorsult, hogy az északi pajzsot egy hónapra megállítottuk, mert a keresztezőkamra nem volt képes fogadni. A pajzs csúcssebessége meghaladta a havi 1700 m-t, az átlagsebesség havi 600 m felett volt. A nehéz indulás ellenére sikerült az alagútfúrást az eredeti határidőre befejezni.

A szervizalagút lyukasztása 1990 decemberében történt. Az angol oldalról érkező pajzs jobbra kitért az eredeti alagúttengelytől, és a francia pajzs mellé hajtott. A pajzs mögül kézi fejtéssel lyukasztottuk az alagutakat. Az ünnepségek befejezése után az angol pajzsot betonnal töltöttük meg, a francia pajzs szerkezetét lángvágással eltávolítottuk. A köztes szakaszon az alagutat szabadszereléses öntöttvas falazattal fejeztük be. Az északi vonalalagút lyukasztására 1991 májusában került sor. A pajzsok „kiszerelése" hasonlóan történt a fent leírtakhoz azzal a különbséggel, hogy az angol pajzsot orra buktattuk, majd 13°-os szögben lefelé haladva a francia pajzs alá hajtottunk. A pajzs kitöltése 3600 m^3 betont igényelt.

A nagy művet 1994-ben nyitották meg a forgalomnak. A tervezett 6 milliárd font helyett 10 milliárdba került. Az alagútépítésben azonban a költségtúllépés jelentéktelen volt. A tervezettnél sokkal nagyobb kiadások a vasúti vagonok és egyéb berendezések beszerzésénél keletkeztek, főleg a tűzbiztonsági követelmények szigorítása miatt.

***Klados Gusztáv** okl. építőmérnök*