

DE AANPASSING AAN HET "ELEKTRISCHE" VRIJE RUIMTEPROFIEL DER TUNNELS TUSSEN LUIK EN HERBESTHAL

ALGEMEENHEDEN.

Ruim honderdvijftig jaar geleden werden op de lijn Luik-Herbesthal, die bijna 34 km. de vallei van de Vesder volgt, 20 tunnels gegraven om, voor het spoor, een weg te banen door de vooruitspringende rotspunten die deze bochtige rivier omzomen. De gezamenlijke lengte van die werken bedraagt ongeveer 3.800 m., wat meer dan een tiende van het baanvak betekent; de kleinste is 43 m. lang en de langste 635 m.

De binnenbekleding van die in de rotswand uitgehouwen kunstwerken bestond uit twee, drie of vier lagen baksteen. Op sommige plaatsen, die evenwel niet zo uitgestrekt zijn, had men gewoon de naakte rotswand behouden. De dwarsdoorsnede van die tunnels was te eng en hun metselwerk drong zelfs door in het vrije ruimteprofiel van de hindernissen die in de lijnen voor stoomtractie voorkomen (vrije hoogte boven het spoor: 4,80 m.). Voor de aanpassing aan het elektrische vrije ruimteprofiel (vereiste vrije hoogte boven het spoor: 5,20 m.), kon men ofwel de sporen verlagen, ofwel de bekleding afbreken en ze door een andere, minder dikke vervangen, na, indien nodig, een deel van de omgevende rotswand te hebben weggekapt.

Naast de grondwerken in rotsachtig terrein, zou de verlaging van de sporen zonder veranderingen aan het buitenwelfvlak, aanleiding hebben gegeven tot de uitvoering van:

- 1°) gevaarlijke werken: de spoorbedding zou merkkelijk onder de fundering van de tunnelwanden komen;
- 2°) kostbare werken, wegens de aanwezigheid nabij de tunnelingangen, van onderbruggingen, o.m. over de Vesder, waarvan de bovenbouw zou moeten gesloopt en op een lager niveau heropgebouwd worden.

Het zou, bovendien, heel moeilijk en dus ook heel kostbaar geweest zijn om, na het wegnemen van de binnenbekleding, de omgevende rotswand over heel de nodige dikte weg te kappen om het elektrische vrije ruimteprofiel uit te voeren zonder het lengteprofiel der sporen te wijzigen.

Bij de keuze van de aan te nemen oplossing diende men eveneens rekening te houden met de toestand van de binnenbekleding. Welnu, die bekleding van bakstenen was alles behalve gaaf gebleven: voegen van metselwerk waren zeer diep uitgehold, bakstenen, aangetast door rook, water en vorst, waren op talrijke plaatsen erg beschadigd. Kortom, de volledige vernieuwing van de bekleding diende te worden overwogen.

AANGENOMEN OPLOSSING.

Gelet op die elementen werd de volgende oplossing aangenomen: de binnenbekleding van de tunnels wordt,

in principe, gesloopt en vervangen door een betonnen bekledingsring van 30 cm. dikte. De ruimte begrepen tussen het buitenwelfvlak van de nieuwe welfing en het omgevend terrein wordt opgevuld met metselwerk van breuksteen. Aldus wordt een gedeelte van de vrije hoogte, vereist voor de aanpassing aan het elektrische vrije ruimteprofiel, bekomen langs de bovenkant. Hieruit volgt dat het ballastbed nog slechts tot beloop van de overblijvende vereiste hoogte zal moeten verlaagd worden. Die oplossing maakt het mogelijk de verlagingen met ten minste 25 cm. te verminderen en het slopen en heropbouwen van talrijke kunstwerken te vermijden.

De nieuwe binnenbekleding is samengesteld uit geprefabriceerde, betonnen welfstenen van 30 cm. dikte die in achtereenvolgende bekledingsringen worden geplaatst. De onderlinge verbinding der bekledingsringen wordt tot stand gebracht dank zij de speciale, schuine vorm van het zijvlak der welfstenen. Die oplossing kreeg de voorkeur op het betonneren ter plaatse omdat ze beter aangepast was aan de wisselvalligheden van de aard of staat van het omgevend terrein. De welfbekledingsringen kunnen, bovendien, sneller worden aangebracht dan ter plaatse gegoten beton, wat zowel op het gebied van de veiligheid als op dat van de besparingen (minder gewelfformelen) en van de vlugge uitvoering der werken aanzienlijke voordelen biedt.

Daar de omgevende rots nog in betrekkelijk goede staat verkeerde, wat uit onze opsporingen was gebleken, kon de volledige sloping van de bestaande bekleding zonder al te veel vrees worden overwogen. Voorzichtigheidshalve blijft de lengte van de zones waar men het omgevend terrein blootlegt evenwel beperkt tot ten hoogste 6 m.; indien de staat van de rotsen het vereist, wordt die lengte verminderd om alle instortingen te voorkomen.

UITVOERINGSVOORWAARDEN DER WERKEN.

Gezien de enge dwarsdoorsnede van de tunnels, was het niet mogelijk dergelijke werken uit te voeren zonder het verkeer tot een enkel spoor te beperken. Een spoor werd één meter zijwaarts verschoven in de richting van het tussenspoor, terwijl het andere buiten dienst werd gesteld. Dit was oordeelkundiger en economischer dan het in gebruik zijnde spoor in de aslijn van de tunnel te plaatsen. Dank zij die oplossing kon een voldoende ruimte worden vrijgemaakt voor de gewelfformelen en het aanleggen van een klein werkspoor. Om de verkeersveiligheid te verzekeren tijdens de slopingen, moet de aannemer een beschermingsvloer aanbrengen boven het in dienst zijnde spoor.

Vervaardiging van de betonnen welfstenen.

De welfstenen (1 miljoen voor het geheel der werken) worden in een gespecialiseerd atelier met behulp van zeer strakke, metalen vormen vervaardigd.

ZO ZAG DE BEKLEDING VAN DE TUNNELS ER UIT IN DE VOCHTIGE ZONES.



DE AANPASSING AAN HET ELEKTRISCHE VRIJE RUIMTEPROFIEL DER TUNNELS TUSSEN LUIK EN HERBESTHAL



DE BETONNEN GEPREFABRICEEERDE WELFSTENEN.
BEMERK VOORAL DE SCHUINE VORM
DIE DE ONDERLINGE VERBINDING
DER BEKLEDINGSRINGEN BEVORDERT.

Het gebruikte cement is hoogovencement.

De hoedanigheid van het beton moet zo zijn dat de breukweerstand op druk bepaald op een kubus van 10 cm. zijde, niet lager mag liggen dan 500 kg./cm². De werkelijk bekomen waarden schommelden tussen 700 en 1.150 kg./cm². Het spreekt vanzelf dat met dergelijk beton ons gewelf van 30 cm. dikte, behoorlijk gestut over heel zijn omtrek door het metselwerk van breuksteen op de omgevende rotswand, zeer hoge belastingen kan dragen.

Uitvoering van het gewelf met geprefabriceerde elementen.

Het is niet voldoende het gewelf van de tunnels te slopen en het te vervangen door een betonnen bekledingsring die zich overal op gelijke afstand van de oude

bekleding bevindt. Inderdaad, het lengteprofiel van die bekleding is zeer onregelmatig, omdat ze ofwel zo gebouwd werd ofwel sedert haar bouw misvormingen onderging. De ingenieur die de werken leidt, bepaalt dus op de eerste plaats de aslijn van de te bouwen bekleding, met in achtneming van de onregelmatigheden van het profiel van de bestaande bekleding en van het tracé van het spoor na eventuele correctie van de straal der bochten. Daarna plaatst de aannemer de beschermingsvloer, wat hem in staat stelt de bakstenen bekleding zonder gevaar voor de treinen te slopen.

Gelet op de aard en de stabiliteit van het terrein waar er gewerkt wordt, moet het slopen met de grootste omzichtigheid worden uitgevoerd. Na die bewerking wordt de beschermingsvloer in de lengte verschoven om plaats te maken voor de gewelfformelen waarop de aannemer de nieuwe bekleding zal bouwen. De vloer en de gewelfformelen worden opgericht op een loopweg, wat hun verplaatsing vergemakkelijkt.

De welfstenen worden ingemetseld in de volle mortel die langs alle zijden terugvloeit. Ten einde de dichtheid van de nieuwe bekleding te bekomen moeten de voegen volledig met mortel gevuld zijn, en moet het opvoegen aan het buitenwelfvlak zorgvuldig worden uitgevoerd.

Het lossen van het gewelfformeel mag gebeuren een dag na het plaatsen van de sluitsteen.

De mortel waarmee de welfstenen worden geplaatst, is samengesteld uit 450 kg. hoogovencement met hoge weerstand per m³. normzand. In de vochtige zones wordt aan het aanmaakwater een vochtwerend produkt toegevoegd.

Het plaatsen van de welfstenen gebeurt in moeilijke omstandigheden. Neem b.v. een gewelf dat samengesteld is uit twee lagen bakstenen. In dat geval beschikken de werklieden slechts over een meter hoogte bij de kruin tussen de beschermingsvloer en de omgevende rots. Om het behandelen der welfstenen te vergemakkelijken, werd het gewicht per element tot 27 kg. beperkt, en werd er een elevator gebouwd, speciaal bestemd om de welfstenen in het bereik van de metselaars te brengen.

Aan de ingangen der tunnels zijn speciale welfstenen zó geplaatst dat ze een eerste lijst vormen van 64 cm. dikte, die de vroegere hoofdlijst in hardsteen vervangt.

Dichtheid.

Het water uit de omgevende rotsmassa's wordt, op de plaats waar het te voorschijn komt, opgevangen in kokers die verbonden zijn met wateraflopen welke in de tunnelwand zijn aangebracht.

In de vochtige zones, en vooral boven de ophangingspunten van de bovenleidingen, wordt er op het buitenwelfvlak een beschermende bedekking aangebracht.

Indien er zich na de voltooiing van het nieuwe gewelf nog waterdoorsijpelingen voordoen, wordt er mortel ingespoten doorheen de bekleding om de dichtheid ervan te verbeteren.

Bijzondere oplossingen die voor sommige tunnels worden aangenomen.

Om een herinrichting van het station Verviers-Est te kunnen uitvoeren, werd de 113 m. lange tunnel van de

Basse-Crotte gesloopt en vervangen door een uitgraving. Dat werk maakt het bovendien mogelijk een vertragingszone van 50 km./u. uit te schakelen daar de bestaande bochten aan weerszijden van de tunnel van 350 op 500 m. straal kunnen worden gebracht.

De tunnel van Prayon (43 m.) was bedekt met een niet aanzienlijke rotslaag. Men mocht er zich dus aan verwachten dat de rots die de tunnel omgaf, erg verweerd was en dat men zich voor grote moeilijkheden zou geplaatst zien indien men de werken zoals in de andere tunnels uitvoerde. Het kunstwerk werd dan ook volledig gesloopt en, op dezelfde plaats, door een uitgraving vervangen.

Ook de tunnel van het « Palais-de-Justice » te Verviers (152 m.) was een bijzonder geval. Op die plaats loopt de lijn door twee naast elkander geplaatste kokers die vlak onder de straat liggen. Wegens die bijzondere toestand kon hier geen sprake zijn van de oplossing die voor de andere tunnels was aangenomen. Boringen toonden aan dat de afmetingen van de steunmuren van de tunnels en van hun funderingen voldoende groot waren om een steunvloer te dragen, zonder dat er een tussenliggende pijler nodig was! Dank zij die oplossing konden er bovendien buiten het vrije ruimteprofiel van de sporen verkeerspaden voor het personeel worden aangelegd.

Tijdens de werken was er slechts een spoor in dienst, daar het andere onderbroken was wegens de werken in de nabijgelegen tunnels. De slopingen boven het buiten dienst zijnde spoor konden dus zonder moeite geschieden. Voor het in dienst zijnde spoor was het niet mogelijk een beschermend formeel op te richten tussen het begreningsprofiel van het rollend materieel en het gewelf; het werk diende dus te worden uitgevoerd tijdens de nacht, wanneer het treinverkeer onderbroken was.

Nadat de gewelven waren gesloopt, werden de steunmuren overdekt met een draagbalk van gewapend beton.

De steunvloer zelf is samengesteld uit balken van voorgespannen beton waarop een plaat van gewapend beton werd gegoten. Die balken, welke in een werkplaats werden vervaardigd (in 't geheel 82), werden op een aanhangwagen aangevoerd tot vlak voor een hefportiek. De uiteinden van de balk worden opgehangen aan de loopkat van de portiek en, eenmaal dat de balk boven de uitgraving is gehesen, verplaatst het portiek zich zijdelings om de balk op zijn definitieve plaats neer te zetten.

Verbetering van het tracé.

De huidige, maximale snelheid die op deze lijn is toegelaten, bedraagt 90 km./u., maar er bestaan talrijke vertragungspunten. Na de elektrificatie zal de maximale snelheid tot 120 km./u. worden opgevoerd; er zullen evenwel enkele vertragungszones van 100 km./u. blijven bestaan.

Onder de verbeteringswerken van het tracé stippen wij aan dat de twee ingangen van de tunnel van Hauster met 1,75 m. werden verbreed, zodat de straal van de bestaande bochten van 245 op 500 m. werd gebracht.

Een ingang van de tunnel van Pepinster werd om dezelfde reden verbreed.

Zoals wij het reeds zegden, heeft de sloping van de tunnel van de Basse-Crotte het mogelijk gemaakt een vertragungzone van 50 km./u. af te schaffen.



LINKS, DE BESCHERMINGSYLOER.
IN HET MIDDEN,
DE ELEVATOR VOOR HET AANBRENGEN DER WELFSTENEN.
RECHTS, DE GEWELFFORMELEN.

Verlaging van de bedding der sporen in de tunnels.

De belangrijkheid der werken verschilt van de ene tunnel tot de andere. De grootste verlaging moet worden uitgevoerd in de tunnel van Hauster: 71 cm. De verlagingen moeten gebeuren door het uitbreken van de rotsachtige spoorbedding. Voor die werken mogen ontploffingsstoffen worden gebruikt.

Die verlagingen worden uitgevoerd na het bouwen van de nieuwe bekleding. Het spoor, dat tijdens het aanbrengen van de nieuwe bekleding buiten dienst was gesteld, wordt opnieuw in gebruik genomen en de spoorbedding van het nevenliggende spoor wordt verlaagd. Eens dat werk beëindigd, wordt het bedoelde spoor vernieuwd en op zijn definitieve plaats gelegd. Daarna wordt de verlaging van de spoorbedding van het tweede spoor ondernomen; na voltooiing van dit werk wordt dat spoor vernieuwd en op zijn definitieve plaats gelegd. Op dat ogenblik wordt de dienst op dubbel spoor hervat en lopen de belemmeringen van het treinverkeer ten einde.

DE AANPASSING AAN HET ELEKTRISCHE VRIJE RUIMTEPROFIEL DER TUNNELS TUSSEN LUIK EN HERBESTHAL

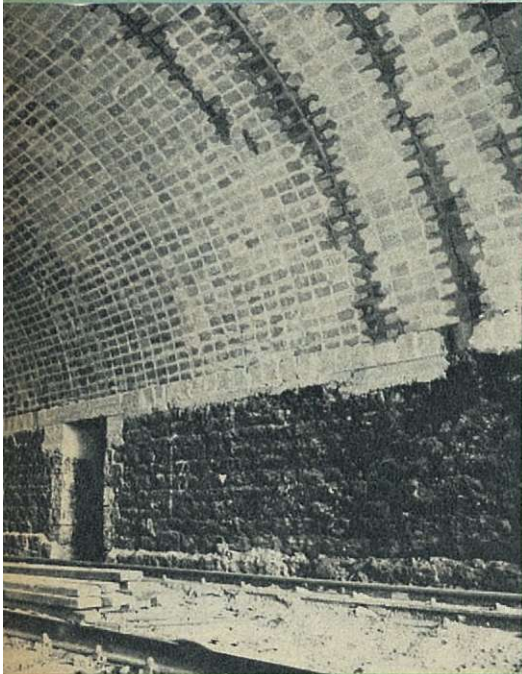
Belangrijkheid van de werken en ondervonden moeilijkheden.

Hier volgen enkele gegevens die de belangrijkheid van de uitgevoerde werken aantonen.

verder het hoofd zal moeten bieden, om niet te spreken van die welke men in een andere tunnel zal tegenkomen. Elk begonnen werkterrein is een speciaal geval.

Tijdens de werken bleek het omgevende rotsterrein uiterst wisselvallig te zijn, zelfs van het ene

Totale lengte van de 20 tunnels	3.801 m.
Volume van het te slopen metselwerk der gewelven	40.000 m ³ .
Volume van de te bouwen nieuwe gewelven	12.500 m ³ .
Aantal geplaatste geprefabriceerde blokken	1.000.000
Volume van het metselwerk van breuksteen aan te brengen boven de nieuwe gewelven	17.500 m ³ .
Uitgravingen in rotsachtig terrein voor de afschaffing der tunnels van Prayon en van de Basse-Crotte	84.000 m ³ .

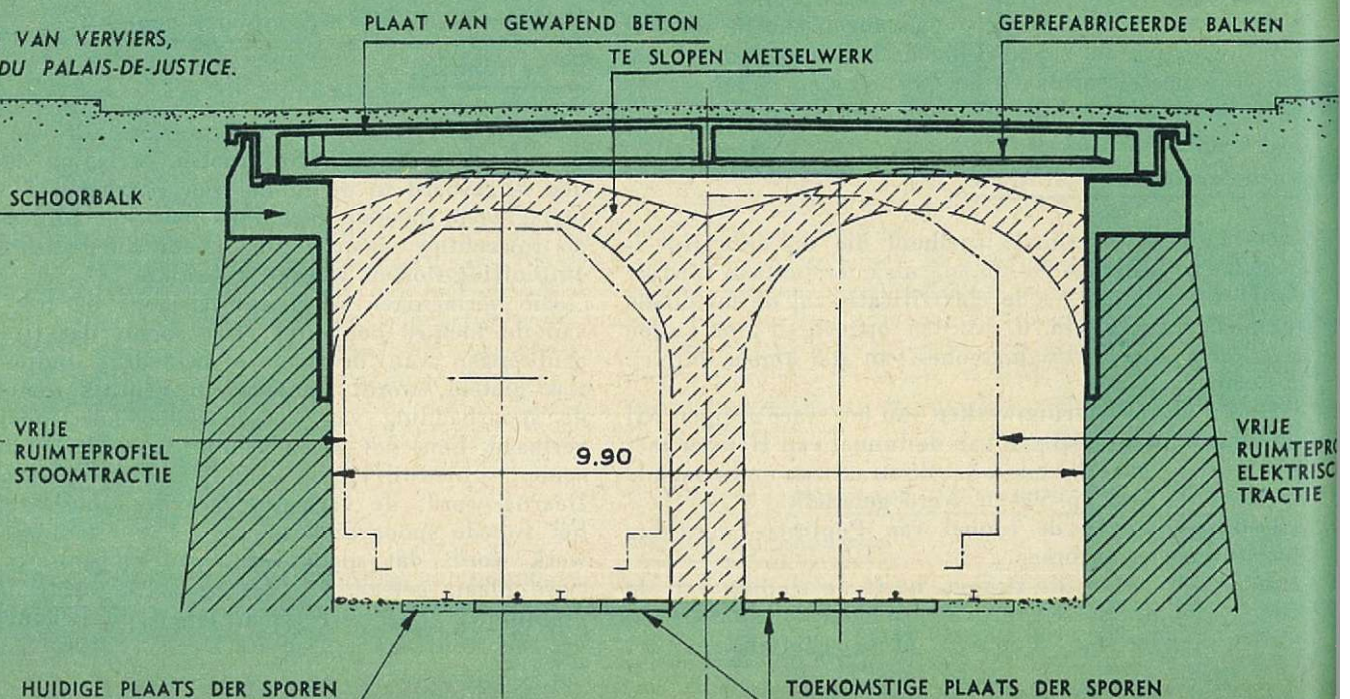


GEZICHT OP DE NIEUWE BEKLEDING. RECHTS, SPOREN VAN VOCHTIGHEID, DIE BESTREDEN WORDEN DOOR ER MORTEL IN TE SPUITEN.

Indien die enkele cijfers het mogelijk maken zich van de omvang der uitgevoerde werken te vergewissen, kunnen ze desondanks geen beeld geven van al de moeilijkheden die er tijdens die werken zijn gerez. De werken in de tunnels stuiten steeds op onvoorziene moeilijkheden die vooral te wijten zijn aan de wisselvalligheden van de aard en van de toestand van het omgevend terrein, wisselvalligheden die men zich ondanks de gedane navorsingen moeilijk van te voren voorstellen kan. De problemen die zich in een gedeelte van een tunnel voordoen, zijn niet dezelfde als die waaraan men een weinig

punt van de tunnel naar het andere. In sommige zones waren de rotsen sterk gescheurd, in andere waren de rotsspleten gevuld met klei, wat de stabiliteit van de rotslagen ten zeerste in het gedrang bracht. Nu eens waren er rotblokken omgeven met klei; dan weer werden er aanzienlijke holten met klei aangetroffen. In de tunnel van Fraipont ontdekte men tussen de rotsen een kleiholte die blijkbaar geen gevaar bood. In de nacht van 5 op 6 januari 1963, na een regendag, stortte er plotseling een massa van 25 m³. klei in de tunnel, waardoor een soort schoorsteen ontstond die tot aan de losse grond oplom

TUNNEL VAN VERVIERS,
PLACE DU PALAIS-DE-JUSTICE.



die 21 m. hoger bovenop de tunnel lag. Aan de oppervlakte van het terrein werd er aldus een krater geslagen van ongeveer tien meter.

Een andere onvoorziene en moeilijk te overwinnen hindernis : de spelonken of « kapellen », die zich boven de gewelven bevinden en gevuld zijn met ingestorte aarde. In de tunnel van Hauster werd een belangrijke « kapel » aangetroffen ; 130 m³. ingestorte grond kwamen terecht in de tunnel en versperden het in dienst zijnde spoor gedurende 6 uren. Enkele maanden later stootte men in de tunnel van Trooz op een nog grotere « kapel » (ongeveer 7 meter hoog boven het buitenwelfvlak van de gewelven), waaruit meer dan 400 m³. ingestorte grond neerkwam op het spoor dat aldus gedurende 30 uren versperd werd.

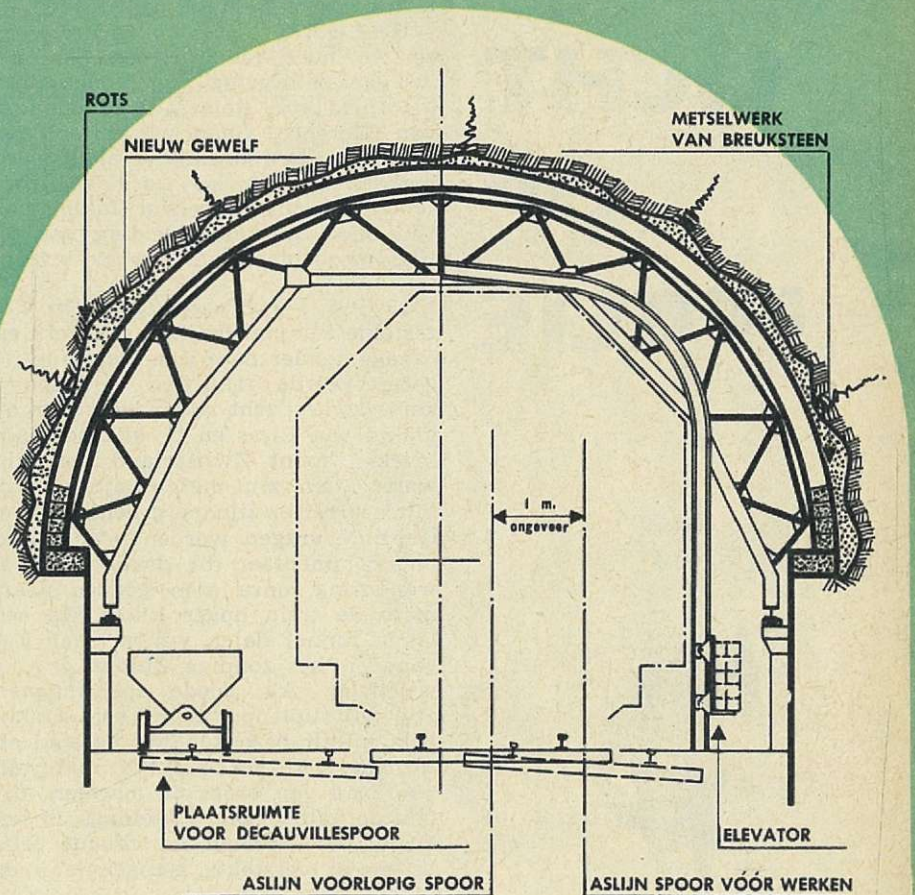
Het is zonneklaar dat de twijfelachtige stabiliteit van het betrokken terrein de werken aanzienlijk vertraagt. De slopingen gebeuren met kleine stroken van een meter en soms minder, het terrein wordt op zijn plaats gehouden door beschoeiingen en indien nodig wordt het versterkt door er mortel in te spuiten na de voltooiing van het nieuwe gewelf. In enkele zones waar het terrein bijzonder onstabiel was, alsmede in sommige « kapellen », was het nodig het gewelf van geprefabriceerde elementen te versterken met een bijkomend gewelf van gewapend beton, waarop muren van breuksteen werden opgetrokken tot aan de wanden en het plafond van de kapel om iedere latere verschuiving van twijfelachtige delen te vermijden.

Uitvoeringstermijnen.

Het geheel der aanpassingswerken van het elektrische vrije ruimteprofiel van de 20 tunnels van de lijn Luik - Herbesthal en van de bijkomende werken werd aan zes ondernemingen toevertrouwd. Ze werden aangevangen in 1960 en zullen vóór het einde van dit jaar voltooid zijn.

A. DEHAEN,
hoofdingenieur.

Bouw van de nieuwe gewelven.



HET GEWELFFORMEEL,
HET DECAUVILLESPOOR VAN DE BOUWPLAATS
EN DE ELEVATOR (RECHTS).

