

# TUNEL ALPEJSKI.

---

Choć się natura troistym grodzi  
Ze stali murów opasem,  
Rozum człowieczy wszędzie przechodzi,  
Niezlomny pracą i czasem.  
Zbывают dzięki mocy żywioły  
Pod jego dzielnym rozkazem;  
Leniwa woda opuszcza doły  
A góry ścielą się płazem.

*Trembecki.*

Kiedy przed osiemdziesięcią laty, poeta z czasów Stanisława Augusta, tak silnie wyraził się o potędze rozumu i ducha ludzkiego, nie mógł przewidzieć i wyobrazić sobie ani części tych wynalazków i tych dzieł olbrzymich, któremi wstawił się nasz wiek XIX. Parowozy, koleje żelazne, linie telegraficzne, działanie machin prawie wszędzie zaprowadzone w miejsce rąk ludzkich, odkrycia i postępy w chemii, fizyce, ich praktyczne zastosowanie, przesuwają się tłumnie przed umysłem naszym i potwierdzają słowa poety: „Umysł człowieczy wszędzie przechodzi, niezlomny pracą i czasem.” Jeden wynalazek jest ojcem następnego, jedno usiłowanie wywołuje drugie, jeszcze potężniejsze i ważniejsze.

Skreśliliśmy przed niedawnym czasem historią zaprowadzenia podmorskiej linii telegraficznej, która świat dawny z nowym światem łączyła. Jak olbrzymie to dzieło jest następstwem lądowych linii telegraficznych, tak z rozwoju kolei żelaznych i z korzyści które przynoszą dla wszel-

kich stosunków społecznych, powstał pomysł zrobienia drogi podziemnej przez Alpy, to jest tunelu do kolei żelaznej. Skreśliły zarys tego przedsięwzięcia.

Rzućmy okiem na mapę Europy, a natychmiast przekonamy się o ważności tego pomysłu. Wielka Brytania, Hollandya, Belgia, północno-zachodnie Niemcy, odgródzone są od Włoch pasmem gór Alpejskich. Drogi idące przez te przyrodzone zapory, są trudne, częstokroć niebezpieczne, a dla przewozu towarów kosztowne. Z takiego stanu rzeczy, powstał pomysł przekopania Alp, a tém samém przeprowadzenia przez ich wnętrze bezpiecznej i łatwej drogi żelaznej. Myśl ta, bardzo silnie zajęła Włochów a mianowicie Piemontczyków. Już przed dwudziestą laty, ojciec teraźniejszego króla Włoch, Karol Albert, chciał ją przenieść do skutku, i rozpoczął pierwsze przygotowania. Teraźniejszy monarcha, szczęśliwszy od ojca we wszystkich przedsięwzięciach swoich, doprowadził to dzieło do takiego stopnia, że już nie można wątpić o jego pomyslném ukończeniu.

Ze zmianą systematu rządowego w Piemontcie, rozwinął się przemysł, wzrosło bogactwo téj szczupłej krainy; powstało mnóstwo przedsiębiorstw. W ciągu lat kilku kraj pokrył się pasmami dróg żelaznych, a nagłe ich rozwinięcie, zatrzymane z trzech stron groźnym łańcuchem gór alpejskich, pociągnęło za sobą niezbędną potrzebę ułatwienia związków z krajami na północ i zachód Piemontu leżącemi. Lecz ileż to wprzód uczyniono prób, ile odbyto narad, zanim wynaleziono środki niezawodnie prowadzące do celu!

## I.

Pomiędzy Piemontem i Sabaudyą, przy miasteczku Modane, pasmo Alp jest najwęższe, a tém samém i najstosowniejsze do wykopania tunelu; zowią je Alpami kottyjskiemi od króla Kottusa, który niegdyś za czasów rzymskich pannał w Suzie: i tam jest góra Cenis.

Od najdawniejszych czasów tamtędy przechodziły wojska najeźdźników: Gallowie Brenna, Kartagińczycy Annibala, a potem Saraceni i Francuzi. To właśnie miejsce wskazał góral, mieszkaniec wioski Bardonneche, Józef Mé-

dał przedsiębiorca różnych robót rządowych, prostym rozsądkiem powodowany, jako najwłaściwsze do wykopania tunelu i projekt swój podał w r. 1832 królowi Karolowi Albertowi, na ręce pewnego generała piemontkiego. Ciągłe zajęty tym pomysłem, zwiedzał góry, mierzył odległości i kreślił za pomocą prostych narzędzi mierniczych, ós wielkiego tunelu, który połączy wschodnią i zachodnią Europę. Projekt ten uległ zmianie w r. 1857, gdy o jego wykonaniu stanowczo myśleć zaczęto. Z powodu politycznych względów, z którymi wystąpiła Francya, musiano cofnąć się ku północy i ominąć drogę prosto do Lugdunu prowadzącą.

Nie ma wiadomości, czy Józef Medail był wezwany do udziału w tém przedsięwzięciu; zdaje się, że już około roku 1845 żyć przestał. Karol Albert wezwał inżyniera belgijskiego pana Maus, który już był wsławił się budową lokomotywy, zastosowanej do drogi żelaznej bardzo pochyłej, pod miastem Liège; uczynił go naczelnikiem inżynierii w Piemontcie i poruczył mu zbadanie pomysłu Medaila. Po czteroletnich pracach, dokonanych wspólnie z inżynierem Romhaut i geologiem Sismonda, uznano miejsce wskazane przez Medaila, jako najstosowniejsze. Podług projektu podanego Karolowi Albertowi w r. 1845, tunel miał zaczynać się przy Modane na wysokości 665 sążni nad powierzchnią morza, a wychodzić z drugiej strony w Bardonneche, na 788 sążni wysokości, wznosząc się o 1,37 cali na każdy sążeń w linii 7077 sążni długiej, to jest półtory mili długości na miarę naszą. Taka ciągła pochyłość, byłaby spowodowała użycie środków mechanicznych do pompowania wody, zaczawszy od połowy tunelu ze strony włoskiej, lecz zaradzono temu w ten sposób, że droga wykopywana wznosi się w górę od strony sabaudzkiej o 1 i  $\frac{5}{8}$  cala na każdym sążniu, aż do połowy odległości i tam jest jej punkt najwyższy, a potem spuszcza się ku Włochom pochyłością prawie nieznaczną, a jednakże wystarczającą do odpływu wód zbierających się wewnątrz. Tak więc obie podziemne galerie zabezpieczone są od zalewu, który mógłby zniszczyć robotę. Tunel nie przechodzi przez samą górę Cenis, jak to powszechnie mniemają, lecz o pół trzeciej mili ku południowi, w bliskości góry Tabor, między Modane i Bardenneche; nie właściwie przeto zowią go tunelem góry Cenis.



Każdy łatwo pojmie, że wyżłobienie tak długiego tunelu, z dwóch tylko przeciwnych krańców rozpocząć można. Że zaś nad nim wznoszą się góry przeszło na 900 sążni wysokie, przeto odrzucić musiano jako urojoną myśl, wykopywania studzien prostopadłych, dla zapewnienia dopływu świeżego powietrza do tunelu i zyskania nowych punktów dostępu do dalszej pracy. Budowa jednej takiej studni, podług rachunku inżyniera p. Conte, zabrałaby 40 lat czasu. Niepodobna więc było używać tu środków stosowanych zwykle przy przeprowadzeniu galeryi podziemnych i zamysł ten musiałby pozostać próżném marzeniem, gdyby nie wynaleziono nowych sposobów przebijania gór i odświeżania powietrza.

Jakoż projekt pana Maus wskazywał te nowe sposoby. Zamierzył on użyć sił dostarczonych przez samą przyrodę Alp, to jest spadku potoków, sił odnawiających się bez przerwy, wiecznych jak śniegi i lodowiska, z których biorą początek. Inżynier belgijski użył ich do poruszenia przyrządu przebijającego skały, a złożonego z liny bez końca obwijającej się na szeregu bloków, z których ostatni najbliższy miejsca roboty, naciągałby kołowym ruchem potężne sprężyny, opatrzone dłutami do nacinania skały, w miarę zaś tych nacięć wyłamywanie skały dokonywać się miało klinami bez użycia prochu. Odświeżanie powietrza miało odbywać się przez wentylatory, obracane także za pomocą bloków.

W Piemoncie i Sabaudyi przyjęto z zapalem pomysł Mause. Król Karol Albert często oglądał jego machinę, której doświadczano niedaleko Turynu, w Valdano. Umysł jego, długo krępowany intrygami dworskimi i wpływem gabinetu austriackiego, zajął się wielkimi pomysłami i przedsięwzięciami, zachwycił się szlachetną myślą zwalczania gór alpejskich.

Naród podzielał zapal monarchy. Jeszcze nie poznało wszystkich zawał i trudności tak wielkiego przedsięwzięcia. Bujna i namiętna wyobraźnia ludu, już sobie wyobrażała, jak po wykopaniu tunelu, wielki potok handlu i przemysłu spłynie do Piemontu i zbogaci tę piękną krainę.

Smutne wypadki polityczne z r. 1848 i 1849 wstrzymały zamiar przekopania Alp. Zgromadzone na ten cel

miliony, pochłonęła wojna, a Karol Albert zwyciężony i przywiedziony do rozpacz, umarł daleko na obcej ziemi. Zapomniano przez czas niejaki i o machinie pana Maus i o tak popularnym zamyśle.

Przy końcu roku 1849, wyznaczono komissyą do zdania sprawy o tym przedmiocie. Należeli do niej dwaj uczeni, którzy następnie brali udział we wszystkich rozprawach dotyczących się przebicia Alp, panowie Menabrea i Paleocapa. Pierwszy, jest jednym z najznamienitszych i najuczeńszych inżynierów piemonckich; drugi, Wenecyanin zbiegły do Piemontu, był przez długi czas ministrem robót publicznych i współpracownikiem hr. Cavour. Sprawozdanie komitetu przedstawił pan Paleocapa w 1850 r. Uczynił on ważne zarzuty systematowi pana Maus. Utrzymywał, że lina nadająca ruch całej maszynie i wentylatorowi, może działać skutecznie w niewielkiej odległości; lecz wątpić należy, czy mieć będzie dostateczną siłę aż do połowy długości tunelu, to jest na trzy ćwierci mili naszój. Mniemał także, że świeże powietrze dostarczane przez wentylatory obracające się razem z osią bloków, nie wystarczy dla robotników pracujących we wnętrzu tunelu. Systemat wyrąbywania skał dłutami i klinami, zamiast użycia prochu, dla zaoszczędzenia powietrza zużywającego się przy wybuchu, nie zyskał również uznania sprawozdawcy, jako zapowolny, tém samém zakosztowny. Nareszcie komissya, pochwalając użycie wody jako głównego działacza oświadczyła, że w obecnym stanie wycieńczenia skarbu, nie można zaczynać dzieła.

Była to w rzeczy samėj najgłówniejsza przeszkoda, skarb państwa był wycieńczony przez wojnę i przez wypłacenie kontrybucyi Austryakom. Trzeba go było wprzódy podźwignąć, zagoić zadane rany. Dzieło to rozpoczął i dokonał pan de Cavour. Do budowy kolei żelaznych w Piemoncie, zawezwał kapitalistów zagranicznych, a mianowicie francuzkich, a gdy już koleje sabaudzkie i piemonckie tak się zbliżyły, iż tylko ich połączenie zależało od przebicia góry Cenis, wtedy, wykopanie tunelu podalpejskiego, stało się niezbędną potrzebą. W owym czasie, bardzo chwalono system amerykański przebywania gór kolejami po spadkach mających pięć, sześć, a nawet dzie-



więć metrów podwyższenia, na stu metrach długości i tworzących dość krótkie łuki; lecz ten system dobry na nie wielkiój przestrzeni i na średnią wysokość, nie mógł przydać się w obecnym przypadku. Pan Menebrea dowiódł, że chcąc na spadzistości kolei żelaznej wznieść się w górę o pięć metrów czyli ośm łokci, trzeba tyle użyć pary, ile jēj na równinie poziomej zużywa się do przebycia jednego kilometru (ósmēj części mili), a więc wzniesienie sto metrów (58 sażni) wyrównywa  $2\frac{1}{2}$  milom drogi poziomej. Że zaś przejście przez górę Cenis wzniesione jest na 2000 metrów nad powierzchnią morza, ci więc, którzy zechcą zaprowadzić kolēj przez jēj szczyt przechodzącą, przedłużyliby drogę o szesnaście razy, nie licząc trudności i niebezpieczeństw przy hamowaniu pociągów, tudzież w razie spadania lodów i śniegu zdarzyć się mogących. Jednakże parlament zatwierdził przywilēj na taką kolēj dla kompanii francuskiej. Krok ten wzniecił obawę Piemontczyków, o bezpieczeństwo polityczne ich małego kraju. Lękano się o niepodległość Piemontu, jeżeli wielkie stowarzyszenie cudzoziemskie, mające główną radę swoją w Paryżu, rozrządzać będzie kolejami żelaznymi Sabaudyi i Piemontu, od granicy francuskiej do austriackiej, z jedną tylko przerwą góry Cenis. Wpływem i powagą swoją p. Cavour, z trudnością skłonił parlament do zezwolenia na ten projekt; lecz on już wiedział zapewne o tajemnych zamiarach Francyi, z których potēm wyswobodzenie Włoch wynikło. Cavour osiągnął cel zamierzony. Stowarzyszenie francuskie uznało, iż potrzeba znieść zaporę, która jego linię przecinała na dwoje, i przystąpiło do współpracy z rządem, na dwadzieścia milionów franków, dla zrobienia podalpejskiego tunelu. Parlament zatwierdził tę umowę 27 czerwca 1857 r. Obmyślono więc potrzebne fundusze, a teraz nastąpić miało działanie umiejętności i ducha wynalazku.

## II.

Przez ten czas nie próżnowali geologowie, mechanicy i fizycy. Geologowie zamierzili rozpoznać wnętrze gór, przez które tunel przechodzić będzie. Jakaż jest ich natura? Pytanie to już od 1845 r. mocno podniecało ciekawość

i zajmowało uczonych w Turynie, w Chambery, w Genewie i w Paryżu. Poczyniono wtedy ważne i pracowite badania nad budową geologiczną Alp. Z przypatrzenia się pokładowi na spadzistą powierzchnię gór, z ich natury uważanej pod względem geologicznym, z ich kierunku i grubości, wyprowadzono wnioski i twierdzenia tak dokładne, że ich dotąd nie obaliło znacznie już posunięte wydrążanie. Wszystkie skały przez które tunnel alpejski przechodzić będzie, należą podług zdania geologów włoskich, do trzech gatunków: do anthrautu wyższego, do anthrautu spodniego i do oolithu spodniego. Zowią się mikowe, talkowe, wapienne i kwarcowe, stosownie do tego, co w nich przeważa: mika, talk, wapień albo kwarc. Posuwanie się we wnętrze góry, udowodniło przypuszczenia geologów, a już otwarte stronnice wielkiej księgi przyrody Alp, nie zaprzeczyły temu, czego domyślał się Sismonda i Elias de Baumont. Lecz inni uczeni utrzymywali, że tam znajdują się niezwalczone przeszkody, jakoto rudy żelazne i miedziane, skały tak trudne do przebicia, że po założeniu miny wyrzucą nabój, a nie odłamią się. Inni nareszcie, idąc bardziej za polotem wyobraźni, niżeli za wskazaniem nauki, umieszczali w tych tajemniczych głębiach wrzące piaski, jaskinie, przepaści niezgłębione, jeziora i zalewy, zgoła cały ogrom postrachów, któryby mógł najśmielszych przedsiębiorców odstręczyć. Najbardziej lękano się zalewu. Jest bowiem na górze Cenis jezioro, przypuszczano więc że można będzie na dno jego natrafić. Tu wyobraźnia miała obszerne pole do wykazania niezmierniej klęski, zrzędzonej nagłym zalewem, zatopieniem robotników i machin, oraz zniszczeniem doliny Maurienne przez ten nowy potop. Przypuszczenie takie, zatrwożyło opinią publiczną. W r. 1850 naczelny inżynier pan Giacinto de Collegno, napisał do pana Eliasza de Baumont, prosząc go aby w tym względzie swoje zdanie objawił. Uczony geolog odpowiedział, że jakkolwiek przypuszcza możliwość takich wód podziemnych, radził się jednakże kilku znakomitych geologów, a ci mniemają iż o bliskości wielkiej masy wód, ostrzegłoby ich przesiąkanie co raz to większe. Pismo pana de Baumont przeczytano na posiedzeniu parlamentu. Niektórzy chcieli je stawić za dowód przeciw przekopaniu Alp, lecz pan Menabrea odpowiedział: „Jeżeli natrafimy na wodę, spuścimy ją już wyżłobionym otworem; na



przepaścicach można będzie mosty, zarzucić i o tyle skrócić się robota." Żadna przeszkoda, czy rzeczywista, czy urojona nie odstręczała stronników projektu; w ich wytrwałości odbija się ta sama myśl, która przewodniczyła zjednoczeniu Włoch i doprowadziła je do skutku.

Mechanika miała jeszcze ważniejsze zadanie, niżeli geologia: trzeba było wynaleźć narzędzie do przebijania skał. Duch wynalazczy rozbudzony wielkością przedsięwzięcia utworzył bardzo dowcipne przyrządy. Stanowczo nie przyjęto maszyny pana Mausya, inżynier angielski pan Bartlett zbudował inną i otrzymał na nią patent od rządu sardyńskiego w r. 1855. Była to maszyna parowa ruchoma o poziomym cylindrze. Odróżniała się od zwyczajnych maszyn przez to, że w niej były nowe części składowe, wyłącznie zastosowane do robot górniczych. Zamiast używanego zwykle jednego cylindra poziomego, zastosowane są dwa leżące jeden za drugim. W pierwszym porusza się tłok parowy, którego drąg (szłanga) łączy się z innym tłokiem wchodzącym w drugi cylinder. Niczem jeszcze nie odróżnia się ten mechanizm od zwyczajnych maszyn parowych; lecz otóż myśl nowa, postęp wynalazku: trzeci tłok dłuższy i silniejszy od poprzednich, niezależny od nich, utrzymuje dłuto, żelazne, poruszające się nie już przez parę, lecz za pomocą powietrza rozszerzanego lub zgęszczanego kolejno ruchem tłoka w drugim cylindrze, który z tego powodu nazwano pneumatycznym. Nie potrzeba znajomości mechaniki, żeby zrozumieć potrzebę oddzielenia tłoka stępla przebijającego, od dwóch pierwszych, przez użycie zapory elastycznej z powietrza zgęszczonego, gdyż bez tego przyrządu, każde uderzenie w skałę, uszkodziłoby tłoki i cylindry i wstrząsnęłoby całą maszyną. Nic prostszego jak działanie dłuta przebijającego, ruch bowiem skuteczniejsza się ciśnieniem powietrza na część tylną tłoka i sprawuje uderzenie; po czém powietrze wydobywa się otworem trafnie obmyślanym, a wsteczny ruch stempla pneumatycznego, pompując powietrze za tymże, cofa dłuto i naprowadza je pod nowe ciśnienie do następnej operacji.

Ten podwójny ruch był nadzwyczaj szybki. Dłuto uderzało do trzechset razy na minutę i przebijało każdy rodzaj skały dwadzieścia razy prędzej jak zwyczajną ręczną



pracą. Oprócz ruchu prostopadłego tam i napowrót, żelazo wykręcając się naśladowało doskonale działanie ręki górnika obracającego drąg w skale, lecz z szybkością bez porównania większą. Machina ta wytrzymała zwycięzko doświadczenia w Chambery i w Coscia niedaleko Genui, wydrążała otwory z nadzwyczajną szybkością w najtwardszych skałach alpejskich. Po tych doświadczeniach, zdawało się że już rozwiązano zadanie mechanicznego przebicia. I w samej rzeczy tak było, lecz tylko do skał pod gołém niebem lub do zwyczajnych tunelów, w których nie brak powietrza; ale do tunelu alpejskiego, machina Bartleta okazała się zupełnie nieużyteczną, pomimo jej doskonałego urządzenia: czyliż można było pomieszczać, takie ognisko gorąca i dymu, jakim jest każda machina parowa, w głębiach Alp, gdzie bardzo jest trudno, wprowadzić dostateczną ilość żywotnego powietrza?

Na to niezbędne zaopatrzenie, geniusz wynalazców musiał zwrócić swoje usiłowania.

Pan Daniel Collaston z Genui, najpierwszy powziął myśl zastąpienia pary siłą powietrza, i jednocześnie z panem Bartlett otrzymał od rządu sardyńskiego patent na swoją metodę wyłobienia gór, za pomocą ściśnionego powietrza. Jego teoria zupełnie zgadzała się z naturą rzeczy; lecz nie wskazywała żadnego praktycznego środka, za pomocą którego można tak zgęścić powietrze, iżby zamiast pary działało na tłoki. Sposób ten zarazem praktyczny i oszczędny, wynalazł pan Sommeiller Sabaudczyk i stanął przez to w rzędzie najznakomitszych inżynierów. Chcąc w tej kwestyi oddać każdemu słuszną jaką się przynależy, wyznać trzeba iż nie on pierwszy wynalazł użycie powietrza ściśnionego, myśl ta bowiem dalekiej starożytności zasięga.

Użycie ściśnionego powietrza do wypierania wody, znane jest od lat 2000. Wynalazł je Heron fizyk alexandryjski i ztąd wzięły początek sikawki i pompy pożarne; zastosowano je potem naodwrot do wypierania powietrza przez nacisk wody i ztąd wzięły początek miechy wodne, używane do wyrabiania kruszców. Pozostało jeszcze trzecie użycie ściśnionego powietrza, żeby za pomocą ciężaru wody wtłaczać je do wielkiego zbiornika a potem wypuszczając je

w miarę potrzeby, zastąpić niém siłę pary przy poruszaniu machin. Tego dzieła dokonał p. Sommeiller i dwaj przyjaciele jego: pp. Grandis i Grattoni. Miło nam jest zwracać się do początku wielkich pomysłów i wielkich wynalazków, stanowiących epokę w dziejach świata. Chcielibyśmy oglądać oczyma ducha naszego, tę wewnętrzną pracę, te kombinacje i usiłowania, to wysilenie i radość tego, który ich myśl powziął i doprowadził do skutku; lecz dotąd nie możemy wiedzieć, jaki jest udział każdego z tych trzech inżynierów, w ich wspólnym wynalazku. Zdaje się że jeden z nichłożył na to swój znakomity majątek, drugi głębokie pojęcie bydowy kolei żelaznych, a trzeci, umysł zarazem rozważny i pełen zapału, zadziwiającą zdolność do wynalazku i biegłość w rozwiązywaniu najtrudniejszych zadań matematyki i mechaniki. Cóżkolwiekbydz, ta spółka naukowo-przemysłowa, Grandis, Grattoni i Sommeiller, utworzyła wynalazek, który bezwątpienia zrządzi przemianę w przemysłowym świecie. Jeżeli bowiem posiadając spadek wody, będzie można użyć jęj działania do wydobywania siły poruszającej, która ma też samą sprężystość co i para, tak samo działa na tłoki i każdą machinę w ruch wprowadza, którą można przeprowadzać rurami jak najdalej od miejsca gdzie się tworzy, a która ma jeszcze tę wyższość nad parą, że nie ulega skropleniu i że daleko taniej kosztuje: to zaiste niepodobna oznaczyć granicy w jęj zastosowaniu do wielkich prac człowieka. Jęj źródło nigdy się nie wyczerpie, gdyż jest niém atmosfera otaczająca kulę ziemską. Można przewidywać i obawiać się wyczerpnienia podziemnych pokładów węgla, który wodę w parę zamienia; lecz produkcya ściśnionego powietrza trwać będzie dopóty, dopóki słońce utrzymywać nie przestanie ruchu i życia na planecie naszej, dopóki na górach zbierająca się woda, tworzyć będzie strumienie i rzeki. Może z czasem ziści się śmiały pomysł jednego z uczonych, iż każde miasto leżące nad rzeką, mieć będzie zbiór siły poruszającej, która przez rury i kurki udzielać będzie ruchu warsztatom w różnych częściach miasta, tak samo jak fabryki gazu dostarczają światła każdemu domowi.

Zdobyto więc nareszcie dwa niezbędne żywioły przebiecia Alp: siłę poruszającą i sposób dostarczania powietrza.



Jednakże nie od razu użyte one były do roboty tunelu. Pierwotnie system ten zastąpiono do posuwania w górę pociągów na drogach żelaznych, zbudowanych ze znacznym spadkiem na stoku Apeninów przy drodze żelaznej z Turynu do Genui. Tam, przy wyjściu z wielkiego tunelu, gdzie jest pochyłość przykra i trudna do przebycia, wymagająca bardzo silnych hamulców przy zjeździe na dół, a olbrzymich machin parowych przy windowaniu w górę, chciało zastosować nową siłę. Spadek wody potrzebny do ściśnienia powietrza, był gotowy. Przemysłowe stowarzyszenie w Genui, zbudowało wodociąg prowadzący z północnego stoku Apeninów, rzekę Scrivia, olbrzymimi rurami przez tunel, na stronę południową tego starożytnego miasta. Rzeką dostarczała tak obficie wody, że oprócz zaopatrzenia potrzeb miasta, można jęj było użyć do machin, które zastąpić miały użycie pary na drodze żelaznej.

Minister hr. Cavour silnie poparł ten nowy pomysł, chociaż wszyscy uczeni europejscy przeciwnego byli zdania. Jako najważniejszy zarzut, przytaczano, iż przy zgęszczeniu powietrza wydzielili się tak znaczna ilość ciepłika, że służące do tego przyrządy, rozpalą się do białości i staną się nieużytecznymi. Opowiada pan Sommeiller, że powracając z Belgii gdzie był zamówił maszyny stosowne do swego pomysłu, zatrzymał się przez kilka dni w Paryżu, chcąc poradzić się jednego z najznakomitszych fizyków. Na pierwszą wzmiankę o ściśnioném powietrzu, uczony podniósł się jakby popchnięty sprężyną, i długo zatrzymał spójrzenie na obliczu pytającego; a następnie ponieważ był to człowiek uprzejmy i grzeczny, wyjawiał zdanie swoje o ściśnioném powietrzu, dowodzące jak dalece zgłębił ten przedmiot i zakończył temi słowy: „Życzę panu pomyślniejszój doli nad tę, jaka spotkała dwóch moich przyjaciół: jeden z nich postradał majątek, a drugi rozum, przy doświadczeniach nad ściśnioném powietrzem. Jest to siła, którą ani zawładnąć, ani jęj pojąć nie można, która skruszy przyrządy do jęj utworzenia zbudowane i rozsadzi je w ręku pracowników.” Takie było ogólne zdanie najznakomitszych uczonych, o ściśnioném powietrzu.

Doniesiono o tém panu de Cavour, lecz nie zraził się bynajmniej i owszém poparł nowy pomysł, z tą samą śmiało-

ścią, jaką okazał wkrótce potem w politycznych sprawach. Na posiedzeniu parlamentu, dnia 29 czerwca 1854 r. broniąc umowy zawartej z p. Sommeiller i żądając dla niej sankcyi prawodawczej, najpierwszy śmiał przepowiedzieć przyszłość tej poruszającej siły i usługi jakie oddawać będzie tym krajom, gdzie nie można dla braku węgla ziemnego zaprowadzić machin parowych. „Jeżeli powiedzie się ten wynalazek, rzekł, bardzo ważne skutki z niego wynikną. Mając spadek wody, będzie można ścisnąć nieokreśloną masę powietrza i stworzyć siłę działającą wszędzie podług woli naszej. Spadek wody da nam to, co innym daje węgiel tworzący parę i będzie dla nas tém, czém są parowe maszyny dla Anglii: a wyobrażając sobie geografią fizyczną wyższych Włoch, ten wspinały amfiteatr Alp, z którego biorą początek niezliczone strumienie wpadające do Padu, przydał z sprawiedliwą dumą: że woda dostarczy Włochom więcej poruszającej siły, niżeli Anglii mogą jej dostarczyć wszystkie kopalnie węgla. Izba nie mogła wahać się, przysłała w pomoc wynalazcom, udzieliła potrzebne fundusze do czynienia doświadczeń; skłoniła światnemi nadziejami męża, tak gruntownie biorącego rzeczy, jakim był pan de Cavour, zatwierdziła zawarty układ. Wynalazcy mieli w ciągu trzech lat zaprowadzić przyrząd na pochyłości kolei żelaznej przy Giowi.

Już rozpoczęto doświadczenia, gdy wynalazcy powzięli niespodzianie, inne zastosowanie swego systematu; szukając siły do windowania wagonów pod górę, znaleźli sposób przebijania tunelu. Minister robót publicznych, pan de Paleocapa, udzielił izbie deputowanych urzędową o tém wiadomość. Trzej wyżej wspomnieni inżynierowie, podali mu projekt przebijania tunelu alpejskiego. Myśl ta oddawna zajmowała opinią publiczną; z wielkiem przeto zadowoleniem usłyszano o niej. Systemat ten, rzekł minister, nie tylko podług zdania mojego jest praktyczny, lecz nawet wyłącznie możliwy; polega bowiem najprzód na użyciu bardzo prostej maszyny do prędkiego i łatwego świdrowania skał, a tém samém do zakładania naboju, a po drugie, na nowém zastosowaniu siły poruszającej, która jednocześnie odświeżać będzie powietrze w głębiach tunelu. Tegoż dnia, pan Sommeiller mianowany deputowanym ze swojego rodzinnego kantonu, pierwszy raz



wstąpił na mównicę i zręcznie wyłożył plan swego wielkiego przedsięwzięcia. Wyrzekając się uczucia miłości własnej, rozводził się nad machiną Barletta. Nikt nie domyślał się że ją zupełnie przekształcił, że z maszyny parowej o trzech stęplach zrobił małą i zręczną maszynę o jednym stęple, poruszaną ściśnioném powietrzem, półtrzecia łokcia długą, dziesięć cali szeroką, dwadzieścia pięć cali wysoką, a więc tak mało miejsca zajmującą, iż można ich ustawić dziesięć jedna przy drugiej. Panu Barlett należy się zasługa za wynalezienie narzędzia do wiercenia dziur w skale, tak zręcznie szybko i łatwo działającego, że go w każdym miejscu i kierunku używać można; nadanie ruchu temu narzędziu winniśmy panu Sommeiller i jego współpracownikom. Lecz chcąc skłonić zgromadzenie prawodawcze, nie można było po-prześcić na wyłożeniu samych tylko technicznych środków: przeto, nie rozwódząc się dalej nad oschłemi szczegółami, wynalazca umiał wznieść się do względów mogących uderzać wyobraźnią. Skreślił wielkimi rysami powszechny popęd naszej epoki, potężne i szybkie środki komunikacyi rozwinięte w ostatnich czterdziestu latach, które nie tylko zniosły odległy przedział między państwami tegoż samego ładu, lecz i między dawnym i nowym ładem; wskazał te wielkie drogi, któremi już prowadzą albo wkrótce prowadzić będą płody całego świata; wystawił, że od międzymorza Suez przejść powinna przez górę Cenis największa ze wszystkich dróg handlowych, że tamtędy prowadzić będą bogactwa Europy i Azji. Dla tego to, przekopanie międzymorza Suez i tunel alpejski w najściślejszym związku zostają i ztąd możemy przekonać się o ważności przez nas zamierzonego dzieła.

Mowa ta, łatwa, jasna i wprost zmierzająca do celu, trafiła do przekonania parlamentu; jednomyślnie polecono panu de Cavour, żeby na przyszłym zgromadzeniu wniósł o tym przedmiocie zupełnie wykończony projekt. Tymczasem, zajęto się robieniem rur i aparatów, któreby masę ściśnionego powietrza objąć mogły i oprzeć się jego gwałtownemu działaniu.

W następnym roku, narady parlamentowe nad projektem przybrały barwę rozpraw naukowego kongresu. Wnoszono rozmaite zarzuty, na które wynalazcy odpowiadali albo gruntownymi wnioskami, albo przykładami na doświad-

czeniu opartemi. W parlamencie sardyńskim znajdowało się bardzo wielu członków obeznanych z temi kwestyami i mogących zrozumieć dowodzenia panów Sommeiller i Menabrea. Kilku przeciwników projektu odezwało się, że uchwała z roku 1854 poleciła zastosować systemat hydropneumatyczny do pociągów idących na pochyłej drodze żelaznej, budowanej na stoku Alp: jeżeli więc teraz porzucają tę pracę, to zapewne z tej przyczyny, że nie można było użyć ściśnionego powietrza do windowania pociągów na drodze Giosi. Inżynierowie odpowiedzieli na to, że mogą wykonać pierwszy swój pomysł, doświadczenie bowiem wskazało, iż siła ruchu, która przebić zdoła skały alpejskie, wystarczy do popychania pociągu na wzniesieniu wynoszącém około jednej szesnastej części cala na łokciu, (to jest o cal na szesnastu łokciach a czternaście cali na 30tu prętach naszej miary). Lecz nie została użyta, jedynie dla tego, że chcą ją zwrócić do większego i ważniejszego dzieła, którem się tak mocno cały naród zajmuje. Izba przyjęła z widoczném zadowoleniem tę odpowiedź i odtąd wszelkie usiłowania zwrócono na przebicie tunelu.

Wojna włoska w r. 1859 i następne wypadki, nie wstrzymały rozpoczętej pracy, lecz tylko ją opóźniły. Kiedy Sabaudya przeszła pod władzę Francyi, najbardziej lękali się jej mieszkańcy, żeby odłączenie od Piemontu, nie przeszkodziło wykonaniu wielkiego dzieła, do którego taką wagę i nadzieję przywiązywali. Wiedzano, że droga żelazna idąca przez górę Cenis do równin Padu i portu Genui miała wielu przeciwników we Francyi; wiedzano, że wielu uczonych francuzkich i prawie cały korpus inżynierów, uważał wynalazek mający służyć do wybijania tunelu, za taką samą mrzonkę, co poszukiwanie nieustającego ruchu. Upředzenia te mocną budziły obawę i z tego powodu Piemont w art. 4-ym traktatu o ustąpienie Sabaudyi, zastrzegł, że własnym kosztem ukończy tunel. Warunek ten przeciął wszelkie współzawodnicze wpływy, a Francya wkrótce przystąpiła do tego przedsięwzięcia, przez umowę z 7 maja 1862 r. Oczywiście było rzeczą, że nie zechce usunąć się od udziału w jednym z największych dzieł tegoczesnych. Przez tę umowę, Francya obowiązała się wnieść 19,000,000 franków, jeżeli prace ukończone będą w ciągu lat 25 a za



każdy rok wcześniejszego ukończenia, wypłaci po 500,000 franków tytułem nagrody. Kierunek robót pozostał przy rządzie włoskim i tylko rząd francuzki wyznaczył komisyję, która mu zdaje sprawę o ich postępie, lecz żadnego wpływu nie wywiera. Jeden z członków téj komisyji, pan Comte naczelny inżynier Sabaudyi, bardzo przyłożył się do sprostowania błędnych mniemań uczonego ciała inżynierów francuzkich i stał się że tak powiem apostołem machin nżytych do przebicia Alp. Jego konferencye w cesarskiej szkole dróg i mostów i obszerny rapport pana de Sommeiller obejmują najdokładniejsze naukowe opisy systemu hydro-pneumatycznego i dzieła nad którego dokonaniem pracuje.

### III.

Przybywszy do któregoś z tych dwóch miejsc, gdzie rozpoczęto i ciągle prowadzą się roboty około przekopania tunelu alpejskiego, spoglądamy zdumieni na niespodziewany obraz czynności i pracy, jaki się oczom naszym przedstawia. W tych dzikich stronach, w głębinie wąwozu, martwój i zimnój, zamkniętej olbrzymimi ścianami gór, zjawiają się gmachy, warsztaty, dzieła sztuki, ruch i życie wielkich przemysłowych ognisk. Ze strony sabaudzkiej przy Modane, budowle zajmują całą dolinę aż do podnóża skał, a część ich stoi na stoku góry. Potoki spadające z Alp, zamknięte w kanałach, wprowadzono do wodociągów i rur, a całą masę ich wód oraz siłę spadku użyto do obsługi machin. Na pochyłościach na pozór niedostępnych, wznoszą się budowle odrębnego kształtu, obserwatoria podobne do gotyckich kapliczek, wieże z zatkniętymi chorągiewkami, służące do oznaczenia pomiarów trygonometrycznych. Geniusz i praca człowieka, wszędy wycisnęły znamie swoje na téj ostryj i dzikiej przyrodzie. Wielki wyrąb, będący wejściem do tunelu o 186 łokci wyższy nad poziom rzeki Ark, przede wszystkim zwraca uwagę naszą. Wnijście to, widziane z obserwatorium zbudowanego wprost na przeciwnym stoku doliny, odznacza się śmiałą obłączystością łuku, zbudowane dlatego tylko, żeby doskonale umocnić sklepienie, tworzy wspaniały widok. Wielkie to dzieło, godne Rzy-

mian, przez ogrom i gruntowność swoją, będzie rozebrane po ukończeniu tunelu; kolej żelazna bowiem zamiast wychodzić wprost na dolinę, skierowaną będzie na bok, dla połączenia się z koleją, która lekką podniosłością idzie na stoku góry. Inżynierowie musieli przyjąć tymczasowy kierunek w linii prostej, żeby nie zmylić się w wytknięciu osi tunelowej we wnętrzu góry. Poniżej otworu, wagony wstępują i zstępują, ciągnięte powoli niewidzialną siłą na równi pochyłej, 180 łokci wzniesionej, a dłuższej 467 łokci. Jest to sławny pomysł pana Sommeiller, do wyprowadzania i wprowadzania ciężarów we wnętrze tunelu. W miejscu gdzie stykają się dwie pochyłości, na silném umyślnie w tym celu zbudowaném rusztowaniu, ustawiono wielki blok, na którym nawija się lina metalowa, a do jej obu końców przyczepione dwa wagony, jeden idący pod górę, drugi spuszczaający się na dół, pociągają się wzajemnie własnym ciężarem. Jeden tylko robotnik utrzymuje równowagę, za pomocą hamulca działającego na blok. Tym sposobem windują w przeciagu kilku minut, z głębi doliny do wnijscia tunelu, ładunek ważący 37 centnarów naszej wagi, na którego wciągnięcie zwyczajnym sposobem, byłoby trzeba wielkiego okrażania i niezmiernych wysileń.

Z tych wszystkich zakładów, najobszerniejszym jest zakład do ścieśniania powietrza, zbudowany nad brzegiem rzeki Ark i zajmujący kilka mórg gruntu. Za piérwszém obejrzeniem, nie można objąć, ani zdać sobie sprawy z celu i użycia tych machin, osobliwego kształtu, dotąd nieznanych w przemyśle, a których urządzenia i działalności nie rozumiemy. Widać tylko massy wydrażonego żelaza, podobne do potwornych kształtów roślinnych; cylindrowe kolumny na 40 łokci wysokie, ogromne kłoce żelazne przy ich podstawie leżące, rury podobne do korzeni drzewa, rozprowadzone od jednych do drugich, a ze środka ich massy żelaznej, składającej olbrzymi przyrząd ciśnienia, wydobywają się przytłumione huki, szum partej wody i wewnętrzne podmuchy, któreby łatwo można poczytać za przytłoczone oddychanie olbrzymiego wieloryba. Kłapy i pokrywy wznoszą się i spuszczaają jakby płuca ziemnowodnego zwierza, i silnie wciągają powietrze, które ścieśnione działaniem wody do 6-jej części zwyczajnej objętości, wpędzaą do cylin-



drów leżących u podnóża kolumn. Na krańcu gruntu zajętego pod przyrządy ciśnienia, widzimy nowy przyrząd, który przedłuża się nieskończenie, kryje się pod powierzchnią drogi, zjawia się znowu, długimi zgięciami wstępuje na ścianę góry, idzie wzdłuż pochyłej płaszczyzny do windowania ciężarów służącej i nareszcie zagłębia się w tunelu jak wąż, który w wilgotnej jaskini szuka ochłody. Dziwne wrażenie, jakby to był jakiś żyjący potwór, wzmaga się jeszcze, gdy w głębi już wykutęj pieczary, ujrzysz paszczkę żelazną do której ten wąż dochodzi i która głowę jego stanowi, gdy ta paszczka roztwiera się tuż w obec skały gdy wyrzuca z siebie stalowe ostre żądła i niemi głazy przebijają, gdy za każdym takim uderzeniem silny prąd powietrza z niej wypada i rozpościera się w galeryi. Wyobraźnia zachwyca się i zapala widokiem utworów geniuszu, lecz nie zdoła dać o nich dokładnego wyobrażenia i musimy użyć do tego innęj władzy umysłu. Kto objął dwa pierwotne zastosowania ściśnionego powietrza, ten zrozumie to trzecie zastosowanie, z ich połączenia wynikłe, lecz odznaczające się bezprzykładną potęgą i ogromem. Działalność powietrza i wody w dotychczasowych wynalazkach, jest tylko igraszką dziecinną w porównaniu z pracą której dokonywa w górach alpejskich. W poprzednich zastosowaniach, powietrze walczyło z samą tylko wodą, parło na nią albo wzajemnie było odparte, ściśnione w małym stopniu, rozszerzało się natychmiast po ustaniu działania wody i z téj przyczyny fizycy nazywali to ciśnienie statyczném; lecz w nowym systemacie doprowadzono je do ciśnienia dynamicznego, to jest do takiego, które działać może nagromadzone, jakoby żyjąca siła ma do czynienia nie z wodą, lecz ze stemplem, który porusza i za jego pomocą wyłamuje Alpy. Żeby doprowadzić powietrze do takiej siły, jaką ma działanie pary w cylindrze, trzeba było zbudować bardzo mocne przyrządy. Pośród owych mass lanego żelaza i stali, różniamy trzy główne części, z których każda ma swój udział w ogólnym systemacie użytym do przebicia tunelu: 1) narzędzie ściśniające z dzwonem żelaznym na przodzie, 2) rury któremi prowadzą ściśnione powietrze do głębi tunelu i 3) machinę do przebijania skały poruszaną tém powietrzem.

Dwa są sposoby ściśnienia, pierwszy za pomocą kolumny wody spadającej z pewnej wysokości; drugi za pomocą pompy.

Żeby pojąć łatwiej pierwszy system, wyobraźmy sobie olbrzymi lewar odwrócony od góry, opatrzony dwiema nierównymi rurami. Dłuższa z nich zanurzona jest w wodobiorze wzniesionym na 44 łokcie wysokości. W jednej chwili, machina powietrzem ściśnionem poruszana, podnosi klapę; woda spada w dłuższą rurę, zapełnia część poziomą lewaru i wznosi się prędkością nabytą w przeciwną rurę krótszej. Tam, owa kolumna wody uderza o masę powietrza, pędzi je przed sobą, ściśnia je gwałtownie do szóstej części objętości i wypycha do dzwonu przez klapę urządzoną na końcu mniejszej rury. Gdy już kolumna wody uskuteczniła ten ruch, otwór którym powietrze ściśnione wpadło do dzwonu, zamyka się nagle przez parcie powietrza tam zamkniętego, woda cofa się wypuszczana przez klapę urządzoną na spodzie całego przyrządu a świeże powietrze wchodzi do rury. Jedna klapa otwiera się wtenczas, gdy druga się zamyka, lewar wypróżniony z wody, zapełnia się powietrzem atmosferycznem i ten sam ruch rozpoczyna się na nowo.

Wszystkie te poruszenia, odbywają się w mgnieniu oka i są tak dokładnie obliczone, ruch klap tak dobrze zregulowany, że kolumna spadającej wody z 45 łokci wysokości, mająca łokieć średnicy a ciężaru 36 centnarów, wykonywała swoje działanie w rurach, jak najspokojniej, bez żadnych uszkodzeń, których należałoby się obawiać przy spadku tak ogromnej masy. Badacz nie może dostrzedz straszliwego nacisku odbywającego się w rurze. Słyszy tylko przyspieszony ruch wody i szum powietrza, wciąganego i wypychanego gwałtownie dźwięk metaliczny kłapy, która przepuszcza i zamyka ściśnione powietrze, podobny do uderzenia dzwonu, oznaczają koniec działania ściśniającej kolumny. Niema tam żadnego starcia, prędzej uważać to można za silne uderzenie o ciało elastyczne, które opierając się ustępuje miejsca, a działanie barana hydraulicznego (1), które często brano za punkt porównania, wcale nie daje

(1) Baran czyli taran Mongolfiera.



wyobrażenia o kolumnie wody w systemie trzech inżynierów sardyńskich. W przyrządzie słynnego inżyniera francuzkiego, zachodzi uderzenie wody o masę powietrza ściśle uwięzioną i nieruchomą, tu zaś powietrze ustępuje, ścieśnia się stopniowo, uchodzi przed wodą w przeznaczone miejsce. Badacz nie może ochłonąć z podziwienia, że ta masa wody tak spokojnie się zachowuje. Pierwszy raz gdym widział działanie tego przyrządu, nie byłem zupełnie spokojny. Umysł mój, przejęty był zasadą, że każda siła żywa jest wynikiem ciepła; położyłem więc rękę z obawą na ścianie cylindra, myśląc o tém, jak wielkie gorąco rozwija ten ruch potężny, równy sile kilkudziesięciu koni; lecz z wielkiém mojem zadziwieniem, rękę utrzymać mogłem spokojnie, termometr przyłożony do rury nie oznaczał więcej nad 35 stopni;—teorya w tym razie pokazała się błędną.

Jednakże trzeba wyznać, że działanie nie zawsze odbywało się tak spokojnie. W pierwszych czasach po umieszczeniu tego przyrządu w Alpach, objawiły się starcia gwałtowne, któreby pewnie zniechęciły każdego wynalazcę z mniejszą mocą duszy jak p. Sommeiller. Jednego razu, kolumna wody rozdarła ścianę żelazną i wyrzuciła wytryski nieprzewyciężone, które zalały obszerny gmach i mieszczący w sobie maszyny z przyrządami ścieśniającymi i przestraszyły robotników nie przyzwyczajonych jeszcze do kierowania nowymi maszynami. Innego dnia, kiedy pięć maszyn ścieśniających było na raz w ruchu, dwie wielkie rury miedziane prowadzące powietrze ścieśnione do dzwonów, pękły nagle, z łoskotem, jakby rozsądzone prochem. Wypadki te nie zrzuciły niczyjéj śmierci i kalectwa, nie osłabiły odwagi i zaufania wynalazcy. Nie mógł on przewidzieć wszystkiego, gdyż zawsze po za obrębem teoryi pozostaje pewna liczba czynników, których obliczyć ani przewidzieć nie można, a które dopiero w praktyce na jaw wychodzą. Pod wielą względami, praktyka była dla p. Sommeiller lepszym przewodnikiem niż teorya. Korzystał on wówczas i korzysta codziennie z lekcyi takiego nauczyciela. Przez doświadczenie doszedł do uregulowania kłap wciągających i spuszczaających wodę, których niejednostajne działanie było powodem tych wypadków; przez doświadczenie tak urządził gwałtowny ruch kolumny wody, iż spadek silny zamienił na parcie nieszkodzące przyrządowi.

Powietrze ściśnione zamknięte w dzwonie, utrzymywane jest ciągle w tym stopniu zgęszczenia, ciężarem innéj kolumny wody, której masa równa się wadze sześciu atmosfer. Woda i powietrze równoważą się w dziełach stworzenia. Bóg stworzył wszystko przez porządek, wagę i miarę, podług wyrażenia Biblii; kiedy więc powietrze przybiera większe wyężenie, musi i woda wznosić się, żeby je zrównoważyć.

Fizycy poznali jaki stopień wzniesienia trzeba nadać wodzie na każdy stopień wyprężenia powietrza. Przy naturalném ciśnieniu atmosferyczném, równowaga jest na poziomie, albo podług zwykłego wyrażenia, na zero; przy jednéj atmosferze jest na 10 metrach wysokości, przy dwóch atmosferach na 20 i tak następnie, podnosząc o 10 metrów wysokości, kolumnę wody, na każdą atmosferę cisnącego powietrza.

Podług takiéjto głównej zasady, urządzono kolumnę wody, którą nasi inżynierowie nazywają manometryczną, przeznaczoną do ciągłego utrzymywania sześciu atmosfer bezwzględnych, czyli pięciu rzeczywistych, w dzwonie z powietrzem ściśnioném. Powinna więc mieć 50 metrów czyli 86,7 łokci wysokości. Na stoku wzgórza panującego nad przyrządem ściśniania, o 50 metrów wysoko, wykopano wodozbiór murowany i sklepiony na przypadek mrozu. Ztamtąd woda idzie rurą z lanego żelaza, i dzieli się na odnogi wchodzące do każdego dzwonu. Kolumna wody spadająca przez te rury równoważy ściśnione powietrze. Ztąd wynikają następujące rezultaty: w chwili, kiedy machina ściśniająca ma być w ruch wprowadzona, woda wypełnia dzwon; lecz za każdym poruszeniem maszyny, powietrze przybywa, wypycha wodę i gdyby tak dalej je wpędzano bez zużycia go, wyparłoby swego przeciwnika, pędziłoby za nim przez rurę i zakipiało w wodozbiorniku. Ponieważ walka ta odbywa się w miejscu hermetycznie zamkniętém, przydano zewnątrz dla sprawdzenia stanu wody i powietrza w dzwonie, szklaną rurę, która wskazuje prawie na decymetr, ilość wody pozostałej w dzwonie. Tym sposobem dokładnie poznać można, który z dwóch żywiołów tam przeważa. Kolumna wody utrzymuje nie tylko ciągle ciśnienie powietrza, ale reguluje jego użycie i pozwala spotrzebować je aż do ostatka.



Choćby tylko pozostała w dzwonie jedna kwarta ścieśnionego powietrza i ta jeszcze parta wodą, weszłaby aż do wnętrza góry i tam wywarłaby swoją siłę.

W Bardonneche, od strony Piemontu, dziesięć przyrządów ścieśniających, ustawionych na jednej linii, rozdzielonych na dwie grupy po pięć każda, przedstawiają uderzający widok. Każda grupa rządzona jest przez maszynę powietrzną, podobną do parowej, która dziesięć przyrządów ścieśniających może na raz obsłużyć. Jak tylko oś tej małej maszyny zaledwie widzialna w pośrodku lasu wielkich żelaznych kolumn, zacznie się obracać, działanie poruszające rozpoczyna się, kłapy podnoszą się z regularnością automatyczną, z wodo-zbiornika spadające kaskady ścieśniają powietrze w pięciu przyrządach lub we wszystkich dziesięciu razem, oś obraca się trzy razy na minutę i trzy razy ten obfity strumień wody ściąga powietrze zewnętrzne i wypycha je już ścieśnione, do dzwonów ustanowionych na tejże samej linii.

Dzwony są kształtu cylindra, z przykryciem półkuliściem, objętości mają 98 łokci kubicznych, silnie zbudowane z blachy żelaznej, wypróbowanej na ciśnienie 15 atmosfer i mogącej znieść ciśnienie czterech kilogramów na milimetr kwadratowy. Przy obrocie trzy razy na minutę, który to obrót nie naraża na żadne niebezpieczeństwo, dzwon zapełnia się w przeciągu 27 minut i 8 sekund, a jego wnętrze pochłania 588 łokci kubicznych powietrza, sprowadzonego do szóstej części swój objętości. Zważywszy że jedna kwarta tak ścieśnionego powietrza podług prawa Mariotta, odzyskując swoją objętość pierwotną, wywiera siłę, równą sile mocnego konia, można mieć wyobrażenie jaka to potęga poruszająca nagromadzona jest w tych ogromnych przyrządach. Doświadczenia okazały, że siła ta utrzymuje się przez dwadzieścia cztery godzin bez ubytku nie dającego się oznaczyć najdelikatniejszymi narzędziami wynalezionymi do jej mierzenia, że można kierować i używać jej z nadzwyczajną łatwością. Już dziś nie zachodzi żadna obawa, żeby mogła rozsadzić dzwony, które są połączone z sobą za pomocą rur, ale zarazem mogą być rozdzielone szybrami wstrzymującymi przejście powietrza. Tak samo z przyrzą-

dami ścieśniającymi w grupach po pięć lub pojedynczo, kierowanymi jedną i tą samą maszyną (aeromobilą).

Wynalazca nie poprzestał na tem, obmyślił on inne zastosowanie, dogodniejsze, mniej kosztowne i dzielniej ścieśniające, to jest system pompowy. Nie zapomnieliśmy, że pierwszy pomysł miał służyć dla ciągnięcia pociągów po równi pochylonej w Giovi. Pierwotny ten cel dziś jeszcze okazuje się w bardzo wielu szczegółach, między innymi przez kolumnę wody na 86 łokci wysoką, która utrzymuje ciśnienie w dzwonach; lecz cały ten system wymaga dwóch wielkich wodospadów, które się nie wszędzie znajdują. W Bardonneche znaleziono obydwie; lecz w Modane warunki hydrauliczne były zupełnie inne. Potok Charmay spada z dość znacznej wysokości, lecz niema dostatecznej masy wody i marznie w zimie. Rzeka Ark płynąca korytem doliny, ma tylko kilka metrów spadku. Pan Sommeiller powziął z razu myśl podniesienia rzeki samej, na wysokość potrzebną do zastosowania pierwszego systemu ścieśniającego. Wykopał kanał idący równoodlegle od rzeki, długi na 340 sążni i zyskał przez to spadek 11 łokci, którego można było użyć do poruszania pompy. Za pomocą działania pomp, woda wznosiła się na 43 łokcie, spadała w przyrządy ścieśniające i odpłynawszy do niższego wodozbiornu, znowu wznoszona, spadała powtórnie. Mechanizm ten świadczy o bystrości umysłu wynalazcy, ale w mechanice zastosowanej, nie dość jest przewyciężyć zapórę, trzeba jeszcze przewyciężyć ją ekonomicznie, trzeba, podług słów p. Sommeiller w parlamencie sardyńskim wyrzeczonych, „sprowadzić mechanikę z możliwości bezwzględnej, do możliwości prawdziwej, praktycznej i korzystnej.” Czuł on pierwój niżeli wszyscy inżynierowie że sztuczne wzniesienie wody zrzadza wielką stratę siły i pieniędzy, i jeszcze był nie ukończył tego kosztownego dzieła, kiedy już nie zmordowany jego umysł, wynalazł inny system ścieśnienia, odbywający działanie bez podnoszenia wody na 45 łokci.

Dla zrozumienia tego nowego systemu, bez pomocy rysunku, trzeba wystawić sobie rurę poziomą 57 centymetrów ( $23\frac{3}{4}$  cali) średnicy mającą, podniesioną w dwóch końcach i formującą jak maszyna ścieśniająca przez dzia-



łanie wody, lewar odwrócony, lecz z dwoma rurami uzupełniającymi sobie równiemi. Tłok poruszany kołem hydrauliczném, przesuwa się szczelnie w części poziomej rury, i porusza tak w nią, jako i w jej podniesionych końcach kolumnę wody napełniającą rurę do połowy wysokości tychże końców. Za każdym poruszeniem tłoku kolumna wody zniża się w jednej rurze i wciąga zewnętrzne powietrze, a wznosi się w drugiej odpierając je i ścieśniając. Ten sam skutek odbywa się w obydwóch rurach: kolumna wody poruszana tłokiem o ruchu powrotnym, wciąga powietrze atmosferyczne; ścieśnione zaś wypycha przez kłapy urządzone na dwóch krańcach przyrządu. Przyrząd ten jest najprostszy. Kłapy działają same przez się, bez wyłącznej maszyny. Te które dają przystęp powietrzu atmosferycznemu do wnętrza pompy, otwierają się za pomocą zrobionej próżni przez cofnięcie się wody i zamykają się za jej powrotem; te zaś które wprowadzają powietrze ścieśnione do dzwonu, otwierają się pod ciśnieniem powietrza, partego przez wodę do końca rury, i zamykają się nagle po cofnięciu się wody, przez parcie powietrza już zamkniętego w dzwonie. Rozdzielanie się jednak dwóch tych żywiołów, nie jest tak zupełne, żeby pewna ilość wody około 17 kwart za każdym razem, nie wcisnęła się do dzwonu wraz z powietrzem ścieśnionem. Odchodzi ona do osobnego wodozbioru, mającego kształt miednicy, nazwanego czyszczącym. Woda sama sobie otwiera ujście, podnosząc krążek miedziany, do którego przymocowany jest pręcik złączony z kłapką zrobioną w głębi naczynia.

Nowy ten sposób okazał się nader korzystny. Bardzo mały spadek wody może mu ruch nadawać, a nawet w potrzebie można go zastąpić przez maszynę parową. Pozwala zmieniać stopień ciśnienia powietrza przez zwiększenie albo zmniejszenie wysokości manometrycznej kolumny wody ciężającej nad dzwonem. Nie włącza wprawdzie téj samej ilości powietrza na raz jeden, co w systemach ze spadającą kolumną wody; lecz rezultat otrzymany w tym samym czasie jest wyższy, bo szybkość działania większa. Nowy system, daje ośm poruszeń na minutę i ścieśnia 4,696 metrów sześciennych powietrza; kiedy tymczasem pierwszy daje tylko trzy uderzenia i ścieśnia

3,669 metrów sześciennych. Machina ścieśniająca z pompą, jest systemem, który wejdzie w powszechne użycie, jeżeli kiedy powietrze zgęszczone weźmie górę nad parą w pracach przemysłowych. Zaledwie ten pomysł wszedł w praktyczne działanie, natychmiast w Modenie zastąpił olbrzymi przyrząd użyty przy wznoszeniu wody z rzeki Ark. W samym Bardonneche, pomimo siły spadku ułatwiającej zaprowadzenie machin ścieśniających za pomocą kolumny wody, wkrótce zajął ich miejsce. Dwanaście machin pompowych odbywa swoje działanie od strony Sabaudyi; pracując ciągle mogłyby na dzień ścieśnić 528,024 łokci kubicznych powietrza, na rok więcéj jak 192 milionów, które sprowadzone do szóstéj części swéj objętości, wystarczą do poruszania machin i do ciągłego odnawiania powietrza.

Powietrze dostaje się wewnątrz, owym długim węzem, który jak to widzieliśmy wychodzi z powietrzo-zbiornika i zagłębia się w tunel. Przeniesienie ścieśnionego powietrza do wielkiéj odległości, było zadaniem najniebezpieczniejszém w systemie trzech inżynierów. Jakoż przeciw niemu czyniono najważniejsze zarzuty. Nie było potrzeba dowodzić teoretycznie, że parcie powietrza zmniejsza się w stosunku prostym odległości do przebycia, a w stosunku odwrotnym do średnicy rury; tym sposobem możnaby dojść do takiego punktu w tunelu, gdzie straciwszy całą siłę działalności, uderzałoby bezskutecznie na stemple machin przebijających.

Zdawało się, że ten zarzut stwierdziły doświadczenia komissyi sardyńskiej, która spostrzegła rzeczywiście wielką stratę siły, lecz nie sprawdził się on w praktyce. Dziś nie można dostrzedz téj straty w odległości większéj jak trzy kilometry, a kiedy dojdą do środka tunelu, to jest do 7 kilometrów od miejsca ścieśnienia, wówczas kolumna merkurjałna aparatu mierzącego ciśnienie, wskazywać będzie zmniejszenie siły  $0\frac{3}{10}$  atmosfery, a taką stratę łatwo będzie wynagrodzić przez system pompowy, który powiększa parcie, do stopnia jaki jest potrzebny.

Wynalazcy okazali jak największą przezorność i genialność, w budowie i urządzeniu części składowych tak ważnego przyrządu, który nazwali powietrzo-ciągłem; zrobili go z rur z lanego żelaza, długich każda na 2 metry,



czyli 3,3 łokci, na 20 centymetrów czyli 8,3 cali średnicy wewnętrznej, na 1 centymetr czyli blisko  $\frac{1}{2}$  cala grubości ściany. Rury te łączą się z sobą za pośrednictwem urządzeń na ich końcach pierścieni, pomiędzy którymi umieszczono połączenie kauczukowe mocno śrubami przytwierdzone. Tak zbliżone i przystające, tworzą jakby jedno ciało, lecz ciało szczególnieć delikatne, które się może kurczyć lub rozszerzać pod nadzwyczaj zmienném działaniem temperatury alpejskiej. Takie niezbędne rozszerzanie się i kurczenie, mogące zrzucić rozerwanie powietrzo-ciągu, przewidziano, obliczono i ze względu na to właśnie, zastosowano powyżej opisany sposób łączenia pojedynczych rur. W pewnych odległościach, rury tego systemu wchodzą jedne w drugie; jak najszczelniej wsuwają się i wysuwają przy rozszerzeniu się i kurczeniu, nakszaft pierścieni trąby słonia. Przystępną jednak trzeba było zapobiedz silnemu poruszeniu, które mogłoby uszkodzić cały przyrząd. Dla tego też rury przewodnika silnie przytwierdzono ankrami zapuszczonemi w filary boczne; a które podtrzymują tego węża, jakby silną ręką, na każdym wsuwającym się złączeniu. W głębi tunelu gdzie już nie ma wielkich zmian temperatury, wąż leży na ramionach żelaznych, przytwierdzonych do ściany. O 350 łokci do miejsca gdzie wyłomują skałę, powietrzo-ciąg zagłębia się w kanał urządony pod spodem tunelu, przez co zabezpieczony jest od głazów i brył spadających ze sklepienia podczas robót, a nareszcie dochodzi do izby wydrążonej po jednej stronie tegoż tunelu. Tam wielki ten przewodnik powietrza, rozgałęzia się na mniejsze giętkie żyły. Do rury żelaznej przymocowane są rury kauczukowe obwinięte mocnóm płótnem, dla oparcia się ciśnieniu powietrza i rozwijające się w miarę postępu machin.

Cały ten przyrząd utrzymuje w hermetyczném zamknięciu siłę poruszającą, którą ma przenieść aż do głębi tunelu. Doświadczano za pomocą świecy zapalonej, przeprowadzonej na całej długości, czy powietrze któredy nie uchodzi, i nigdzie płomień nawet nie drgnął. Pozostawiono przez całe 24 godzin, dzwony napełnione powietrzem ściśnioném, i strata wynosiła tylko jedną dwóchsetną część

dzienną produkcję. Powietrze ściśnione ma zatem wielką wyższość nad parą, gdyż ta skropla się i traci siłę po wygaśnięciu ognia: powietrze ściśnione trwa przez czas długi w swoim zbiorniku. Tak więc sprawdziły się, śmiałe przewidywania pana de Cavour, wyjawione na posiedzeniu 19 czerwca 1854 r. w izbie deputowanych, a trzech inżynierowie rozwiązyali zadanie zastosowania ściśnionego powietrza, jako siły poruszającej i mogącej być przenoszoną na wielkiej odległości.

#### IV.

A teraz idzie nam o wyłożenie, jakim sposobem, powietrze ściśnione, przeprowadzone do głębi tunelu, zamienia się tam na siłę uderzającą i przebijającą. Kto pierwszy raz zwiedza to wielkie wydrążenie Alp, ten mimowolnie doznaje uczucia obawy, połączonej z dumą, w obec tych cudów, geniuszu i pracy. Myśli o massie granitu wiszącej nad nim, spogląda na sklepienie, które mogłoby się zwalić i pogrzebać go żywcem; lecz wkrótce nabiera otuchy, czując że oddycha swobodnie, że postępuje chodnikiem kamiennym, przy świetle gazowem i może iść za ciągiem robót. Otóż jest część już ukończona (opera finita) jak mówią inżynierowie piemontscy. Na wstępie jest sklepienie półkolistę, które zewnątrz tak malowniczy widok przedstawia. Sklepienie to, ze wszystkich stron, nawet tam gdzie jest w skale wykute wymurowano na cement mocno i trwale z sześciątów granitowych; ściany na których spoczywa, zwężają się w łuk mający  $17\frac{2}{3}$  łokci promienia, co nadaje tunelowi kształt kolistego wydrążenia. Szerokość w świetle, wynosi 13,2 łokcia i wystarcza na dwie drogi, na przedział między niemi i na dwa chodniki boczne. Pod spodem wykopano kanał do odpływu wody przesączającej się, dla rur powietrzo-ciągu i dla rur z gazem oświetlającym i z wodą. Objętość tego kanału mającego, 1 łokiec i 17 cali wysokości, a dwa łokcie i dwa cale szerokości, oraz silne sklepienie zapewnia robotnikom drogę ratunku, w razie zawalenia się tunelu. W téj to ukończonej sekcji, na widok tych ścian z płyt granitowych i sklepienia



zginającego się dumnie pod ciężarem góry, powstaje w nas przekonanie o wielkości i trwałości dzieła, uspokaja się nasza obawa. Wielki ten otwór, zagłębiający się w górę, godzien jest aby służył do połączenia handlu, przemysłu i szlacheśnych dążeń narodów. Wchodzimy następnie do działu powiększenia (in corso di scavazione). Zastęp robotników umieszczonych na rusztowaniu drewnianém, które przecina tunel na dwa piętra, pracuje zwyczajnemi środkami nad rozszerzeniem wyłomu. Posuwamy się wzdłuż słupów utrzymujących powałę, słyszymy nad sobą uderzenia młotów w drągi żelazne, któremi wyłamują skały. Od czasu do czasu, powała otwiera się za pomocą klapy, cała masa brył spada na wagony przechodzące środkiem i posuwane samą spadziścią tunelu. Nareszcie dochodzimy do dzieła, gdzie machinami przebijają ścianę przodkową. Tam w głębi, powietrze wywiera siłę, nabytą przez ściśnienie. Doznajemy nadzwyczajnego wrażenia, na widok mechanizmu kruszącego skałę. Wielki wóz umieszczony na dwóch szynach, poruszany machiną o powietrzu ściśnioném, prowadzi za sobą tender napełniony wodą, pod parciem 6 atmosfer, przed sobą pcha szkielet żelazny, uzbrojony narzędziami przebijającymi, i zbliża się powoli do skały. Na znak dany przez kierującego robotą, powietrze wpada rurami kauczukowemi rozchodzącymi się od wielkiego kanału, i natychmiast stęple przebijające poruszają się, stal zgrzyta zapalczywie, gryzie skałę, uderzając na minutę od 180 do 200 razy, z siłą równą 224 funtów wagi. Powietrze wydobywające się po każdym działaniu narzędzi, uderza silnie na twarz. Oddychamy swobodnie w tém wydrążeniu, które ma tylko  $4\frac{1}{2}$  łokci szerokości i  $4\frac{1}{4}$  wysokości, pomimo tego, że jesteśmy więcej jak dwa kilometry od wejścia i pod sklepieniem na 1760 łokci grubém. Oddech utrudniony z początku przez nagromadzone gazy, któreśmy przebywali, jest teraz wolny; w tém ognisku świeżego powietrza cieszymy się jasnością światła gazowego i uczucie dumy ogarnia duszę, w obec ruchu łoskotu i potęgi machin kruszących skałę. Już nie myślimy o zarwaniu sklepienia wiszącego nad nami, ani o olbrzymiej massie Alp. Człowiek zapomina o swój nieudolności, rozważając pracę sił natury, podbitój jego geniuszem i oddala od siebie

myśl wszelkiego niebezpieczeństwa. Zdawało mi się, że dostrzegłem tę samą pewność na twarzach robotników. Pracują oni w tym wyłomie z jak największym zaufaniem; bawią się, że tak powiem machinami; kładą rękę na dragu stalowym uderzającym o skałę, a straszne te narzędzia przesuwają się w ich palcach, jak dziecinne zabawki; przebiegają lekko jak wiewiórki, pomiędzy ostrzami skierowanymi przeciw ścianie, i bez żadnego wypadku czynią w tej ciasnej przestrzeni zadziwiające obroty. Widziałem robotnika, który siedział na wierzech maszyny, pochylony pod samym sklepieniem, jakby chciał dźwignąć ciężar góry, przesunął i przybliżył książkę do światła gazu: czytał on dla wypoczynku, najcelniejszą powieść włoską pod tytułem (*I promessi Sposi*) Manzoni'ego, a to przy huku maszyny kruszącej zapórę alpejską.

Nie będziemy szczegółowo opisywali wszystkich działań tej maszyny, trzeba albo je widzieć na miejscu, albo posiadać jak najdokładniejsze i liczne rysunki i plany; to tylko powiemy, że sama jedna wykonywa pracę dwudziestu silnych robotników, i daje się łatwo umieścić w tak szczupłej przestrzeni, gdzie dwóch ludzi nie mogłoby pracować razem: korzyść to niezmierna, a zwłaszcza, że przebijanie skutecznia się na powierzchni mającej 7 metrów kwadratowych. Pierwszą myśl tego cudownego narzędzia powziął, jak to wspomnieliśmy pan Sommeiller, na widok przebijającej maszyny parowej Barletta; lecz przekształcił zupełnie przyrząd inżyniera angielskiego i co dzień go jeszcze ulepsza.

Można wygodnie ustawić jedną obok drugiej 9 maszyn przebijających, naprzeciw ściany w głębi tunelu. Potrzeba do nich 39-ciu robotników i pomocników. Szereg działań składa się z trzech kolei: wiercenia skały, jej rozsadzania prochem i uprzątnięcia gruzów. Sześć godzin potrzeba na wywiercenie dziewięćdziesięciu lub stu dziur na półtora łokcia głębokich, a cal lub dwa średnicy mających: największe są w środku, mniejsze zaś przy obwodzie. Skończywszy tę pracę, robotnicy i przyrząd cofają się na 175 łokci odległości, po za bramę z podwojami ruchomymi, a oddział górników zajmuje miejsce w głębi wyłomu. Wysadzają oni najprzód miny środkowe, a potem



dalejsze, po 8 na raz. Przed każdym wybuchem, cofają się tam, gdzie stoi machina a wtenczas huk wybuchu i trzask rozsadzonej skały wstrząsa powietrze w znacznej przestrzeni tunela. Ze spalonego prochu tworzą się duszące gazy; żeby zaś nie działały szkodliwie na życie robotników, trzeba przydać do nich za każdym razem, około 5000 łokci kubicznych czystego powietrza. Natychmiast przeto, po wybuchu ognia otwierają wszystkie krany, od powietrza ściśniętego i powstaje prąd, który wypędza lub rozprowadza gazy i przywraca możność oddychania, bez któregoby to wielkie dzieło ustać musiało. Nabijanie i wybuch min zabiera 3 godziny czasu. Działanie prochu na ciasnej przestrzeni ściśniętej masą gór, kruszy skałę na drobne cząstki, które łatwo można ładować na wagony przesuujące się z dwóch stron rusztowania, a praca oczyszczania zabiera najwięcej 2 godziny. Przebijanie odbywa się zawsze od spodu; urządzenie to zniewala wprawdzie prowadzić wyłom od dołu do góry co znacznie utrudnia roboty rozszerzania tunelu, lecz za to machina może podsunąć się zupełnie aż do samej ściany przedniej. Przedłużają następnie kolej żelazną do otworu zrobionego za pomocą wybuchu i szereg działań na tém się kończy. Druga kolej rozpoczyna się na nowo i machina zapuszcza się dalej, pozostawiając pracy rąk ludzkich powiększenie otworu stosownie do proporcji żądanej. Przebicie tunelu jest dziełem najgłówniejszym, a powiększanie rzeczą podrzędną.

Lecz jeżeliby się zabłąkano w tych obszernych masach? jeżeliby zboczono w prawo lub w lewo od wytkniętej osi geometrycznej? Przypuszczenie to nie jest wymysłem imaginacyi; jest to kwestya postawiona przez ludzi nauki, groźna, wzbudzająca wątpliwość o pomyślnym rezultacie zamiaru. Zboczenie tak znaczne, iżby nie dopuściło połączenia dwóch przeciwległych wydrążeń, pociągnęłoby za sobą upadek przedsięwzięcia, a to w chwili kiedy już prawie byłoby na ukończeniu i kiedy obadwa otwory doszły do środka Alp po upływie 12-toletniej pracy i po stracie 60,000,000 franków. Pozostałyby tylko 2 wspaniałe odłamy tunelu, największe jakie człowiek wykonać zdołał, lecz bez końca pograżające się w głębokościach. Rozumie się, że przed rozpoczęciem przeciwległych wydrążeń inżynierzy

zapewniła się w jakim kierunku postępować trzeba, żeby usunąć wszelką możliwość jakiegobądź zboczenia. Był to cel działań trygonometrycznych, dokonanych przez inżynierów Borelli i Capello, w latach 1857 i 1858, działań najważniejszych, stanowiących bowiem wstęp do wielkiego dramatu przebicia Alp.

Trygonometria zastosowana do mierzenia odległości, opiera się głównie na tej zasadzie, że mając w trójkącie wiadome dwa kąty i jeden bok można obliczyć dwa pozostałe boki i kąt trzeci. Nic łatwiejszego jak zastosowanie tej zasady na płaszczyźnie, lecz tutaj działanie przedstawia się w zupełnie odmiennych warunkach. Oznaczono najprzód na przecięciu zewnętrzzném punkta oznaczające oś tunelu. Każda linia pionowa spuszczone z tego przecięcia powinna przechodzić przez tunel tak jakby wydrążona prostopadła studnia. Inżynierowie ze swemi pomocnikami, opatrzeni w doskonałe narzędzia, zaczęli od wejścia północnego ze strony Sabaudyi, rzuciwszy po górze linią trygonometryczną, która łamiąc się na tyle kątów ile było nierówności tamujących widok, wznosi się stopniowo na najwyższy wierzchołek na 5400 łokci nad poziom morza i doprowadza pochyłością południową aż do drugiego wejścia tunelu. Pierwsza ta linia nakreślona wśród niebezpieczeństw i przeszkód przy wznoszeniu się w górę, na powierzchniach gdzie tylko górale i dzikie kozy wdzierali się dotąd, padła z wielkim smutkiem inżynierów, dosyć daleko od punktu, którego szukali.

Trzeba było powtórnie rozpoczynać, wdzierać się na nowo na wierzchołek i rzucić nową linią, dopiero za trzeciem takim działaniem natrafili na miejsce. Nie raz gdy weszli na jaką wysokość, żeby z niej celować do oznaczonego punktu, to wtedy mgła, deszcz lub śnieg zakryły go w tej właśnie chwili, kiedy do niego wymierzili lunetę; musieli więc po kilka razy też samą rozpoczynać pracę. Miara tych kątów wskazała dokładny kierunek osi tunelu i odległości jednego wejścia od drugiego. Jeżeli zaś zaszała omyłka, to największe zboczenie kąta nie przechodziłoby 10 sekund, co by uczyniło w środku tunelu różnicę na 14 cali. Dla zapewnienia się, czy tunel jest zawsze pro-



wadzony na płaszczyźnie przechodzącej przez oznaczony profil na górze, urządzono naprzeciw obydwóch wejść, obserwatorya, z których oko zagłębia się w tunel i dosięga do wierzchołka Alp, obserwując kolejno światło umieszczone w głębi i punkta naznaczone na profilu pionowym. Kątomiar wymierzony na oś, wskazuje kierunek obydwu wyłomów. Zboczenie jest że tak powiem niemożliwe, ponieważ oś tunelu i profil pionowy są w ciągłym między sobą stosunku, za pomocą kąta ocnego a więc 2 otwory postępujące po linii prostej nieznaczną wyniosłością muszą się przeciąć koniecznie w środku góry. Inżynierowie nie mają o tém najmniejszej wątpliwości i zarzut wspomniany powyżej, ma znaczenie u tych tylko, którzy nie umieją zdać sobie sprawy z operacyi trygonometrycznych.

Mówiono powszechnie że budowę tunelu rozpoczęto w sierpniu 1857 r., zaraz po uchwale parlamentu. Wprawdzie w tej epoce król Wiktor Emanuel zapalił pierwsze miny od strony Sabaudyi, lecz to było otwarcie urzędowe przy rozpoczęciu robót sposobem zwyczajnym. Jeszcze nie zbudowano i nie sprowadzono z Belgii nowych przyrządów, powyżej opisanych. W północnej stronie Alp, można je było przewieźć po dobrej drodze, przez Francją i Sabaudyą aż do stóp góry; lecz po drugiej stronie w dolinie de la Dora, trzeba było dla tych olbrzymich sztuk naprawiać i budować drogi, przerabiać i wzmacniać mosty. Tamy, upusty, kanały, wodozbiory, trzeba było zbudować, po obydwóch stronach góry. Przebić miano Alpy na wysokości 2113 i 2289 łokci wysokości, w okolicy biednej, gdzie nie można umieścić i czém wyżywić 1200 robotników. Wszystko trzeba było stworzyć i musiano wprzód nauczać ludzi użytych do tej pracy: bo nowa metoda zrodzona w umyśle wynalazców, nie znana była dozorcóm szczegółowych prac, a tém bardziej prostym robotnikom. Każde rzemiosło wymaga oddzielnój nauki. Wprawiono robotników w warsztatach do przebijania brył granitowych i dopiero 12 stycznia 1861 r. maszyny weszły w ruch od strony Piemontu, a 25 stycznia 1863 roku od strony sabaudzkiej. Przez ten czas przebito zwyczajnemi sposobami 1610 łokci tunelu z jednéj, a 1214 z drugiéj strony.

Wówczas rozpoczęła się prawdziwa próba nowego systemu. Pierwsze wejście do galeryi w Bardonneche, było chwilą krytyczną i uroczystą zarazem. Zostawiono nie-  
tknięty na drodze powiększonej, kawał skały do przebi-  
cia. Tam to nowa machina miała wykonywać pierwsze  
działanie; zrazu użyto jednej tylko, potem dwóch i dosko-  
nale kruszyły w skale, lecz 26 stycznia 1861 roku, gdy  
umieszczono 4 maszyny, nastąpił nieład w ich działaniu.  
Nie zrażono się jednakże, porządek wkrótce przywrócono,  
robotnicy nabrali wprawy do obchodzenia się z tém no-  
wém narzędziem i do 12 lutego 52 łokci skały zostawionej  
na próbę rozbito i uprzątniono. Machina stanęła wreszcie  
w głębi galeryi, lecz na przestrzeni 6 łokci szerokiej  
a 2 i  $\frac{1}{2}$  wysokości, nie mogła dobrze działać. Przez  
kilka dni roboty wstrzymano żeby zmniejszyć posadę ma-  
chiny i poczynić w niej niektóre doświadczeniem wskazane  
ulepszenia. Przebijanie rozpoczęło się wkrótce i postępo-  
wało coraz lepiej, aż do maja t. r., gdy przypadek wstrzy-  
mał je na nowo! Strumień zasilający maszyny do zgęszczania  
powietrza, wezbrał przez topienie śniegów, woda szła mętna,  
pomieszana z szczątkami roślinnemi, które byłyby popsuły  
cały przyrząd, gdyby nie zapobieżono raz na zawsze podob-  
nym wypadkom, przez wybudowanie wielkiego wodozbio-  
ru oczyszczającego, w którym woda oswobadza się z nieczy-  
stości i odtąd nie już ani ścieśnieniu powietrza, ani prze-  
bijaniu skały nie przeszkadzało. W lipcu 7 maszyn prze-  
bijających pracowało razem, wszystkie czynności z jednej ko-  
lei, odbywały się w dniu jednym, a od miesiąca sierpnia  
już w 24 godzinach następowały dwie koleje.

Z długich prób w Bardonneche skorzystano przy dzia-  
łaniu od strony północnej. Robotnicy i kierujący mieli  
doświadczenie i wprawę i od pierwszego dnia machina odby-  
wała swoje czynności bez najmniejszej przerwy, kruszyła  
z początku raz na 24 godzin ścianę frontową a potem dwa  
razy. Teraz myślą o tém, żeby urządzić trzykrotną koleję  
roboty. Za każdym przysunięciem się do ściany frontowej  
machina wyłamuje ówierć łokcia grubości na powierzchni  
21 łokci kwadratowych. Szybkość przebijania dziś jest aż  
4ry razy większa w Bardonneche jak przy zaczęciu dzieła. Ten



wzrost ciągły jest najgłówniejszą podstawą do wyrachowania jak długo ciągnąć się będzie ta praca.

Twórcy tego pomysłu utrzymują, że za lat sześć licząc od 1go stycznia 1864 r., a więc w r. 1870 tunel będzie przebity, zapora alpejska upadnie, a dwa wielkie narody rozdzielone dotąd, będą miały jak najłatwiejszy związek przez nieprzerwaną kolej żelazną. Lecz ileż to jeszcze trudów ponieść będzie trzeba wprzód, nim ostatnie uderzenie maszyny przebijającej, oznajmi koniec największego dzieła naszych czasów? Nie chcemy tu mówić o tych przeszkodach urojonych, o przerażających obrazach, które duch zawiści umieścił we wnętrzu Alp: wszystko to rozprasza się w miarę postępu dzieła. Maszyna przebijająca niszczy strachy i czary, jak miecz Tankreda w Jerozolimie Tassa. Już nie mówią o tych massach wody mających zalać roboty, o bezdennych otchłaniach, o piaskach wrzących, w których można było zapaść się, o tych niesłychanie twardych głazach, któreby odrzucały nabój na głowy robotników bez zrządzenia wyłomu i o tém gorącu wewnętrzném, które groziło uduszeniem: pozostaje dosyć rzeczywistych przeszkód powiększających się w miarę postępu. Najważniejszą z nich jest twardość kwarcu, na którego żyły już natrafiono. Przy kruszeniu téj skały wulkanicznój, będącej podstawą ziemi, mnóstwo narzędzi zepsuto. Dotąd, na każde 30 cali trzeba odsyłać do naprawy 50 świdrów i dwie maszyny wierzące. Pan Sommeiller oblicza, że 2000 machin zużyją się aż do ukończenia tunelu.

Gazy szkodzące oddychaniu, wydawane przez wybuchy prochu zrzadzają także niemały kłopot. Wyrzucane z głębi tunelu prądem powietrza ścieśnionego, skupiają się w oddziale, już wyrabianym podług oznaczonej objętości. Od strony włoskiej gdzie całkowita podniosłość nie przenosi 62 łokci spadku, zbudowano przy wejściu komin wciągający te gazy; lecz od strony północnój, która wznosi się do środka góry podniosłością większą jak 240 łokci, byłoby trzeba zbudować komin niezmiernie wysoki, a tém samém niemożliwy. Pan Sommeiller wynalazł nową maszynę, w rodzaju pompy ssącej, która ustawiona przy wejściu, wyciąga z tunelu powietrze zepsute, za pomocą kanału z desek przymocowanego

do sklepienia. Zachodzi jeszcze pytanie: czy można będzie przesyłać ścieśnione powietrze dostatecznej ilości? Konsumpcya jego jest ogromna; potrzebne jest nietylko do poruszania machin, ale każdy płomyk gazu oświetlającego, każdy kilogram prochu spalonego, każda pierś ludzka potrzebuje go co chwila, w ilości którą nauka dokładnie wymierzyła, a ogólna liczba nie dopuszcza obawy. Im dalej zapuszczają się w głąb góry, tém większą ilość powietrza przesyłać trzeba do głębi tunelu. Oszacowano że ilość ta powiększa się o 64000 łokci kubicznych na jedną wiorstę. Przewidując coraz większą potrzebę powietrza zbudowano wielkie dzwony objętości 150 metrów kubicznych, a po zwiększeniu liczby machin pompowych, urządzają nowy kanał powietrza obok pierwszego. Pan Sommeiller oświadczył w raporcie swoim, iż za pomocą tych środków, prześle do tunelu 1,800,000 łokci kubicznych powietrza, a nawet trzy miliony w ciągu dwudziestu czterech godzin, jeżeli tego będzie potrzeba.

Nie można obrachować wszelkich wypadków tego wielkiego dzieła; trzeba się przygotować że znaleźć się może niejedna nieprzewidziana przeszkoda; wszystkie jednak, sądząc umysłem bezstronnym zdoła usunąć ta sama energia i ta sama odwaga, która zwalczyła przewidywane. P. Sommeiller nie wątpi o ostatecznym rezultacie i umie przelać swoje zaufanie w ludzi, któremi kieruje i w obcych mających z nim styczność. Oznacza epokę stałą uwieńczenia tych usiłowań. Niezbyt dawno, w obec kongresu uczonych, przewidywał chwilę tryumfu dla siebie, a szczęśliwą dla dwóch wielkich narodów położonych u stóp Alp, chwilę w której dwie części tunelu spotkają się w środku góry. W wyobraźni swój, widział już ostatni głąz zniesiony i w tym wyłomie salon promieniejący światłem gazowém, gdzie Francya i Włochy obchodzić będą tryumf geniuszu ludzkiego nad naturą, pod sklepieniem Alp, na 1600 metrów głębokości.

Nietylko umysł wynalazców lubi wywoływać przed czasem tę świetną uroczystość, lecz duch nowszych czasów który dąży do zniesienia zapor naturalnych, aby dojść do zniweczenia granic sztucznych między ludami, lecz handel i przemysł sześćdziesięciu milionów Francuzów i Włochów, którzy oczekują téj nowéj drogi alpejskiej. Sabaudya inte-



resuje się tém z rozmaitych względów: jest to bowiem dzieło za którym głosowała przez swych deputowanych w parlamencie sardyńskim, dzieło wykonane przez jednego z jej synów: a więc jego ukończenie obchodzi ją podwójnie i dla interesów i dumy narodowej. Piemont wreszcie, spodziewa się znaleźć w połączeniu swój sieci kolei żelaznych z kolejami Francyi i Sabaudyi wynagrodzenie ońiar, które poniósł i ponosi jeszcze w tym celu. Dziś łatwo o niewdzięczność; nie od rzeczy zatem będzie przypomnieć sobie wielkie dzieła dokonane przez stary Piemont. W pośród tego małego ludu, w jego duchu publicznym, w jego opinii stałej i wytrwałej, wyrobiły się dwa wielkie przedsięwzięcia: przebicie Alp i zjednoczenie Włoch. Ktokolwiek przedstawiał nowe przyrządy do przebicia góry Cenis, ktokolwiek dążył do ogólnej sprawy włoskiej, znalazł w Piemoncie uznanie, współczucie i zachętę.

