

# Yüksek-Hızlı-Trenlerin Aerodinamik-Dirençleri

Dr. J.-L. PETERS /

Tercüme ve Derleyen: M. Bahattin ŞENKÖK

## ÖZET

Yüksek-Hızlı-Tren (YHT) sistemlerinde, Cer-Enerjisinin (C-E) ¾'ünden daha fazlası (>%75) aracın Aerodinamik-Direncinin (Aero-D) aşılabilmesi için gerekli olabilir.

İşte bu nedenledir ki, adı geçen bu direncin önceden, daha başlangıçta mümkün merteye hassas, güvenilir şekilde tespit edilmesi için bir metod geliştirilmiştir.

Burada; parametrik Rüzgâr-Tüneli deneyleri araştırmalarıyla mümkün olabilen en iyi simulasyon şartlarında Form-/Şekil-Direnci tespit edilir. Sürtünme-Direnci ise, teorik olarak hesap edilerek, kullanılır. Bazı Büyük-Test-/Deney neticeleri ise, tamamlayıcı olarak göz önüne alınarak kullanılmaktadır.

Bazı YHT sistemlerinde yapılmış, gerçekleştirilmiş deney, test, ölçüm neticelerinin, ön-tahmin hesaplama metoduyla elde edilen neticelerle karşılaştırılması ise, oldukça cesaret verici, sevindiricidir.

## GİRİŞ

Büyük Britanya, özellikle de tartışmasız zirvede olan Japonya ve de ardından Fransa'daki uygulamalarla gösterilerek kanıtlandığı üzere, sonradan YHT sınıfını oluşturan trenlerin  $v=200$  km/Saat ile  $270$  km/Saat hız bölgesinde işletilmesi beklentilerin çok ötesinde hem teknik, hem de ticari açıdan olağanüstü başarılar ulaşabilmektedir. Alman ICE, Fransız TGV gibi **Tekerlek-/Raylı-Trenlerin "T-/R-T"** (: kısaca Raylı-Sistemler "RS") ve üst küme **Kilavuz-Yollu-Sistem** olan **TRANSRAPID-06 (TR-06)** isimli **Manyetik-Yüzer-Tren "MYT"** aracı TR-06 ile yapılan deneyler ve işletme şartlarında gerçekleştirilen testler, denemelerde görülmüştürki, daha yüksek hızlar sorunsuz mümkündür. Bu testler ile  $v=300$  –  $400$  km/Saat hız bölgesinin operasyonel işletme

bölgesi olarak kullanılabilceği, artık kanıtlanmıştır. ANCAK bu denli yüksek operasyonel hızlarda işletme-ekonomisi açısından sistem-iktisad-rantabilitesi ise, anca şayet Aerodinamik-Direnç minimum mertebeye düşürülebilirse mümkün olabilecektir!

Federal Almanya Cumhuriyeti'nde geliştirilen Kilavuz-Yollu-Sistemler (KYS); ICE (raylı-sistem) ve TRANSRAPID-06 (TR-06 / KYS) araçlarının aerodinamiğinde en optimal şekli verebilmek için, araç dirençlerinin ön-tahmini için, bu metod geliştirilmiştir.

Bau makalede tanıtılan, anlatılmaya çalışılan metod: BMFT [Redaksiyon (Red.): Bundes-Ministerium Forschung Und Technologie = Federal Alman Araştırma Ve Teknoloji Bakanlığı] tarafından verilen teşvikle, Krauss-Maffei Şirketi liderliğinde uzmanlarca 1972 yılından beri yapılan çok kapsamlı aerodinamik çalışmalar temelinde ortaya çıkmıştır.

## 2. HIZLI BİR TRENİN SÜRÜŞ DİRENCİ

### 2.1 Tekerlekli-/Raylı – Tren

Demiryolu (Dy) ve Demiryolu-Taşıtlar-Aracı (DyTA), kısaca Raylı-Sistem (RS) sınıfında, trenlerin sürüş direncini ifade eden kısaltma "R" 'nin, sürüş-hızı "V" 'ye fonksiyonu, yaygın kullanım şekliyle aşağıdaki formülle tanımlanır /1, 2/. (Yalnız burada rüzgâr göz önüne alınmamıştır ve kurpası, kavisi olmayan, doğru düz bir yol ve de düzlemsel çıkışı/inisi olmayan, bir trastaki hat yolu parçası göz önüne alınmıştır.)

$$R = A + B * V + C * V^2$$

Burada:  $A=$ Mekanik-Rol-/Yuvarlanma-Direncidir ki, bu parametre aracın *aks-yükünün* bir fonksiyonudur. **Sürtünme-Direnci**, aslında hızın ikinci üssü, yani karesi ( $v^2$ ) mertebesinde artmasına rağmen ve

bu formülde sadece dizinin ilk üç elemanı bir dizi gelişimi gösterse ve *Sürüş-Direncini* tam olarak verse de  $1/3$ , genelde bir de *dış-direnç/dış etken* olarak **Aerodinamik-Direnç** " $C V^2$ " parametrik eleman olarak ifade edilerek formülde yer bulmaktadır ve pratikteki deneyimler bize bunun en azından  $v=300$  km/Saat hıza kadar aerodinamik-dirence eşdeğer olduğunu ve de dizinin diğer matematiksel elemanlarının göz ardı edilebileceğini göstermektedir.

Formüldeki "**B V**" parametresi ise, içeriğinde her türlü direncin (aktarma ve taşıma kayıpları, tekerlek ile ray arasındaki kayma-direnci, titreşimlerin sönümlenmesiyle oluşan kayıplar, rayın kalite düzeyinden bağımlı olan dirençler, soğutma havasının neden olduğu kayıplar v.b.g.) ifade edildiği parametre elemanıdır.

**Aerodinamik-Direnç** " $C V^2$ " ve diğer sürüş-dirençleri  $A + B V$  elemanlarının, sürüş-hızının bir fonksiyonu olarak gösterildiği bir diyagram RESİM-1 'de verilmektedir. Benzer şekilde, RESİM-2 'de verilen diyagramda ise, " $C V^2$ " elemanının kısmi etkisi, tüm hız bölgesi için gösterilmektedir.

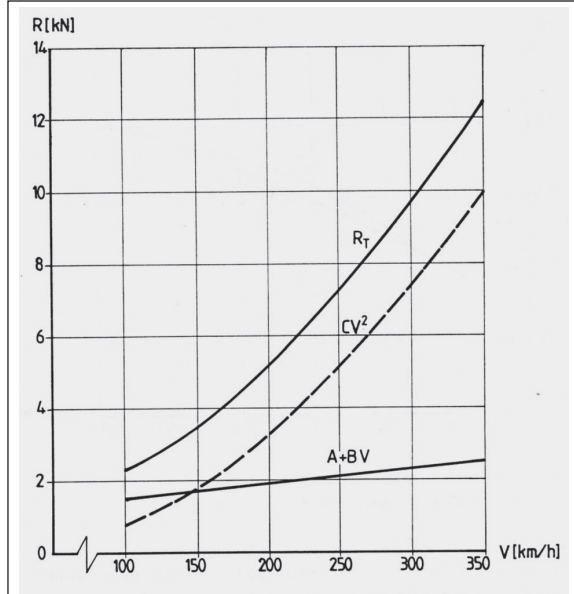
Olumsuz rüzgâr şartlarında ve/veya tünelde ise, Aerodinamik-Direncin matematiksel değerinin iki misli ( $2x$ ) mertebesinde artırılması gereklidir. İşte bu durumda **Aerodinamik-Direnç** " $C V^2$ " parametrik elemanının oldukça daha fazla matematiksel bir değer mertebesinde etken olduğu açıktır.

## 2.2 Manyetik-Yüzer – Tren

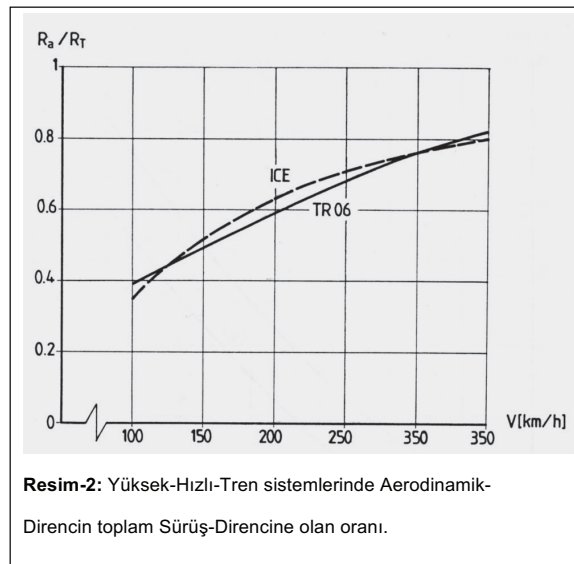
Manyetik alanda yüzer kılavuz-yollu taşıt araçlarında da (*Manyetik-Yüzer-Trenler "MYT"*) Aereodinamik-Direnç, gene aynı şekilde " $C V^2$ " terimi ile tanımlanabilir, aynı şekilde vurgulanabilir. Ancak burada diğer diğer dirençlerin tanımı, Tekerlek-/Ray ("**T-/R-**") çiftinin, yani kısaca "**R-S**" olarak adlandırdığımız *Raylı-Sistemlerde* basit şekilde tanımlanabilir olduğu kadar basit değildir, yani tanımlama oldukça çok daha zordur.

"TRANSRAPID 06" (TR-06) tipi Uzun-Statörlü bir araç için bu: girdap akım kayıpları (ki, bunlar araç hızının  $\text{ArcTg}$  değerince artar), Lineer-Motor dirençleri (ki, bunlar da  $V=220$  km/Sa hıza kadar önce eğimleri oldukça yüksek bir açı ile artarken,

bu hızdan sonra daha yatık, daha küçük bir açı ile, yavaşça azalmaktadır. RESİM-2 'de görüldüğü gibi, ancak burada aerodinamik direncin oldukça dik açılı bir şekilde arttığı görülmektedir, aynı ICE<sub>experimental</sub> ICE<sub>xpress</sub> sistemin ile, tüm dirençlerle birlikte yakını bir benzerlik gösterdiği görülmektedir.



Resim-1: ICE' nin (TK + 12 MW + TK) Sürüş-Direnci kısmı; Ölçüm doğru, eğimsiz düz bir hat ve rüzgarsız hava şartlarında yapılmıştır. (RT = toplam direnç, CV² = Aerodinamik-Direnç.)



Resim-2: Yüksek-Hızlı-Tren sistemlerinde Aerodinamik-Direncin toplam Sürüş-Direncine olan oranı.

Her iki resimde bize şunu göstermektedir: sistemin cinsinden bağımsız olarak (yani T-/R sistemi mi, yoksa tekerleksiz bir sistem mi olduğuna bakılmaksızın), özellikle de Yüksek-Hızlı-Tren "YHT" sistemlerinde ekonomiklik her şeyden önce o sistemin Aerodinamik kalite düzeyinden bağımlıdır!

### 3. AERODİNAMİK-DİRENÇ

"C" faktörü şu şekilde tanımlanır:

$$C = (1/2) * r * S * C_x$$

Burada; havanın yoğunluğu "r" tanımına etki etmek imkânsızdır. Tek istisnai durumda ise, şayet trenin havası boşaltılmış bir boru, tüp şeklindeki yapı içerisinde gitmesi sağlanırsa, etki edilebilecektir. Bu çözüm şekli özellikle 60'lı yıllarda ABD'de düşünülmüş /4/, ancak daha sonraları tanımlaması belirsiz bir geleceğe, geleceğin projesi olarak ötelenmiştir.<sup>(\*)</sup>

İşte buraya kadar aktarılanlarla, "S" kısaltmasıyla tanımlanan Alın-Yüzeyinin küçültülmesi; TGV (S=9,15 m<sup>2</sup>) ve ICE gibi modern YHT sistemlerinin (tren dizisinin ilk ve son cer seksiyonlarında/ vagonlarında) aerodinamik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Karşılaştırma amacı: konvensiyonel UIC trenlerinde alın-yüzeyi genelde daima >10 m<sup>2</sup> Mertebelerindedir.

Ancak *konfor kriterleri*, elektrik-elektroteknik ve elektronik donanımların büyüklükleri/ cüsseleri, aynı şekilde düzlemsel yüzeylerinden dışa taşan komponentlerin oluşturduğu aerodinamik-direnç, alın yüzeyi küçültülerek elde edilen kazanımları çoğunlukla heder etmektedir.

Alın-yüzeyinin; çift katlı yolcu vagonlarında ve manyetik-yüzer-trenlerde olduğu gibi hafif dikleştirilmesi, şayet bu sayede ve aynı zamanda trenin toplam uzunluğu da kısaltılabildiği takdirde, toplam aerodinamik-direncin matematiksel değerinin de azalmasını sağlar.

Bir trenin aerodinamik kalite düzeyinin ölçüsü/ ölçüğü, o trenin Aerodinamik-Direnç-Ek-Değeri "C<sub>x</sub>" tir. Bu aerodinamik direnç: bünyesinde Form-/Şekil-Direncini içerir, Form-/Şekil-Direnci ise; aracın burnunda oluşan basınç ve Enerji-nakil-/aktarma-donanımı "EAD" (: Pantograf, çift kollu EAD, tek kollu EAD, Kataner EAD v.s.) gibi düzlemsel yüzeylerden

dışa doğru taşan parçaların/komponentlerin oluşturduğu direnç ile, bu gibi komponentlerin akıntının tersi yüzey kısımlarında ve yüzeylerinde oluşturdukları hava girdapları ve de trenin gidiş yönü ters istika-metteki (son vagon sonu) alın yüzeyindeki hava akımının kopmasıyla girdaplar (türbülans) , vagon yüzeyinde vagonlar arası geçiş kesintileri, Bojinin kendi oluşturduğu türbülanslar, manyetik-yüzer-trenlerde (EMS tipi) ise, kanca şeklindeki yolu saran alt yapı konstrüksiyonlarının oluşturduğu türbülanslar da buna dahildir.

Bunlara ilaveten bir diğer sürtünme direnci kaynağını da; uzun ve oldukça düz, yani pürüzsüz kaygan bir yüzeyi oluşturan aracı yan yüzleri ve tavan/çatı üst yüzey düzlemi gibi, hava akıntısında akışın engellenmesi ve/veya kopmasıyla oluşan türbülansların oluşmasına neden yüzey düzensizlikleridir (yüzey anomalisi). Buradaki Form-Dirençleri (F-D) ve sürtünme-dirençleri birbirlerini çok güçlü bir şekilde etkiler, tetikler. Bunlara fizikte "Interferenz-/Girişim-Dirençleri" (I-D) denmektedir.

Aerodinamik-Direncin sınıflandırılması, yani alt bileşenlere ayrılması, ayrıştırılması münferit komponentlerin önem derecesi hakkında bize bilgi vermektedir ve böylece bunların ölçümsel tespitlerinde duruma göre bunlara karşı davranılabilmeyi sağlamaktadır.

Her iki Yüksek-Hızlı-Tren "YHT" versiyonunda da; alt bölge (karöser altı kısım, vagon altı) etki oranı en büyük olan etken kısmı oluşturur. Bunların etki mertebeleri: TR-06 için >%60 ile Yüzme-Bojileri (YB) /5/ ve ICE<sub>xpress</sub> için >%47 ile Bojilerdir (B) /6/.

İkinci büyük etken kaynağı ise, SÜRTÜNMEDİR. Bunlar: ICE<sub>xpress</sub> ' te (uzunluk: 357 m) yaklaşık %40 ve TR-06 ' da (uzunluk: 54 m) yaklaşık %20 mertebesinde. İkinci en etken kısım "burun" (alın; "SPOİLER" dahil) ve araç arkası (vagon sonu, kuyruk) ise, yukarıda sayılan etkenlerden sonra

[(\*) Redaksiyon – M.B.Ş.: Bu konu aslında ilk olarak Manyetik-Yüzer-Trenin babası sayılan Alman mühendis Dipl.-Ing. Herman KEMPER tarafından daha öğrenim yıllarında düşünülmüş, kayıtlara geçmiş, 1930-34 yılları arasında bir konseptte dönüşmüş, ona verilen 1934 tarihli patent ile de metne geçmiş, fikir mülkiyet hakkı kendisine verilmiş, sonrası 1937 yılında ki yayınında ise, düşünce, konseptleri ve makalelerinin kitap haline getirildiği bir eserde de detaylı şekilde aktarılmış, tanıtılmıştır.

gelmektedir ve araç/tren uzunluğundan bağımlı olarak bu etki derecesi azalmaktadır (TR-06 için %16 ve 14 parçalı/segmentli (vagonlu) ICE<sub>xpress</sub> tren seti için %6 mertebesindedir).

Araç üstü, çatıdaki gerilim-aktarma-organlarının/elemanlarının (pantograf-EAD, tek-kollu-EAD, çift-kollu-EAD, katener-EAD v.b.g.) T-/R-Sistemlerindeki etkisi ise, %5 ve %10 mertebesindedir. Seksiyon/vagon geçişlerindeki geometrik süreklilik bozukluklarının (geometrik-anomaliler: açıklıklar, boşluklar vs.) etkisi ise, >%5 mertebesindedir kalmaktadır.

#### 4. AERODİNAMİK-DİRENCİN TESPİTİ

##### 4.1 Literatür Reşerji / Kaynak-Araştırması

Hava-direncinin ve/veya bir tasarımın optimizasyonu için Uçak-Aerodinamikçileri yeter sayıdaki pek çok literatür kaynağına sahipler. Buna basit örnek olarak HÖRNER /7/ verilebilir.

Ancak tren tasarımcıları için durum hiç te öyle değil, yani burada durum çok farklıdır. Tren-Aerodinamiği konusunda literatür kaynağı/kaynakçalar neredeyse yok denecek kadar az, literatür çok kısırdır. Tabii ki bu konuda eskiden beri -kısıtlı da olsa- araştırmalar yapılmış, ancak bu çalışmalar olağanüstü kötü dökümente edilmiş, ya çok eksik, ya da hiç bir şekilde doğru dürüst, düzgün bir arşivlenme yapılmamış. Gerçi bu dökümanlar düzgün ve elde edilebilir şekilde ulaşılır olmaları durumunda bile, bunlar YHT sistemleri için ya hiç, ya da sadece kalitatif açıdan ilginç olacak, bir değer ifade edebileceklerdi. Son yıllarda yapılan çalışmalar ise, genelde Rüzgâr-Tünelinde "R-T" yapılmış araştırmalardır. Bunlarda da açıkça tespit edilebilen ise, bu deneylerin çok küçük Reynolds-Sayıları için geçerli olduğu gerçeğidir. Dolayısıyla elde edilen verisel neticeler yeteri kadar güvenilir olmaktan çok uzaktır.

Dahası, kısa bir süre öncesine kadar da sistematik ve parametrik araştırmalar tamamen eksiktir, yoktur /8/. Bu şekilde de, güvenilir bir YHT tasarımı mümkün olamamaktadır.

##### 4.2 Teori

Büyük, güçlü ve hızlı bilgi işlem (computer) sistemlerine sahip olunabilmesiyle nihayet Yüksek-Hızlı-Tren-Aerodinamiği problemlerinin pek çoğu artık teorik olarak araştırılabilir, işlenebilir olmuştur.

Bu şekilde aşağıda aktarılan örnekte olduğu gibi, basitleştirilmiş matematiksel modellerle ve tanımlamalarla artık irdelemeler yapılabilmektedir. Bunlara örnekler: araç önündeki (aracın burnunda) basınç ve hız-dağılımı, burun-dalgası, iki aracın karşılaşması, tünel geçişlerindeki instasyonier-basınç-dağılımları ve akışlar /9,10,11/ v.b.g.

Pek tabii ki, burada kaçınılmaz temel şart: Matematik ve programlama bilimi dallarındaki mükemmel bilgi ve yeter derecedeki deneyim gereksinimleridir.

Aynı şekilde ilaveten muhtelif empirik değerlerin, verilerin bilinmesi ve kullanılabilmesi de kaçınılmaz gerekliliklerdendir. Deneysel çalışma şekli ise, henüz asla vazgeçileme-yeceği kesindir, yani deneysel çalışmalara halâ daha yoğun ihtiyaç vardır. Bilhassa aerodinamiğin pek çok probleminde, özellikle de akış kopması durumlarında, bu çalışma şekli kaçınılmaz, olmazsa olmazlardandır.

Sürtünme-Direnci; örnek olarak alınırsa, bu etken Rüzgâr-Tünelinde genelde hatalı, yanlış şekilde tespit edilebilir. O nedenledir ki tespitin matematiksel hesaplamalarla yapılması tercih nedenidir. YHT araçları gibi yüzeyleri oldukça dalgasız, düz ve süreklilik arz eden objelerde bu hesaplamalar oldukça kolaydır (bakınız 5.2).

##### 4.3 Büyük-Deneyler

Elde bulunan trenlerle yapılabilen büyük-deneyler tartışmasız en güvenilir neticeleri vermektedir.

Trenlerin dirençlerinin ölçülmesinde, SNCF /1, 12/, Britisch-Railway (BR) ve DB /13/ tarafından da öncelikli olarak kullanılan metod; Geçiş-Sürüş-Deneyleridir (: Auslauf-versuche).

Bir başka, oldukça ender kullanılan metod ise, Tren-Kuvvetinin ölçülmesidir.

Muhakkak ki, HT ve YHT sistemleri için bugüne kadar (1987) yapılan en temiz, hassas, en iyi aerodinamik-direnç ölçüm metodu ise, DFVLR<sup>(\*)</sup> tarafından son dönemlerde yapılmış olan araç geçişi esnasında oluşan akımın sonrası "Artçı-Son-Akım" (: Nachlauf) ölçümüdür. Ancak bu metod çok geniş olan kapsamı ve derinliği nedeniyle şimdiki dek ancak bir sefer yapılabilmıştır /3/.

Büyük deneyler genelde sürdürülmesi kaçınılmaz olan normal ve kesintisiz işletme şartları nedeniyle oldukça zor yapılabilen deneylerdir. Aynı zamanda

bu deneyler, olağanüstü derecede hüküm süren hava şartlarından, özellikle de rüzgâr durumundan bağımlıdır. Bir başka önemli nokta ise, şartları ve kapsamı nedeniyle bunların en pahalı deneyler sınıfında olması gerçeğidir. Bu deneyler aynı zamanda henüz geliştirme aşamasında olan trenler/ tren setleri için, onların orijinal araçlarıyla yapılması gereklidir, ancak henüz deney yapılabilecek bu araçlar ortada, elde yoktur, dolayısıyla ortada bir açmaz söz konusudur. Dolayısıyla bu durum o anki inovasyon hızı ve evresinde, mecburi bir tekrar/ döngüyü gerektirmektedir.

#### 4.4 Model-Deneyler

Aerodinamikçilerin en pratik, pragmatik ve genelde ekonomik en uygun yardımcı eleman aracı, şüphesiz ki, Rüzgâr-Tüneli ve R-T-Model-Deneyleridir. Rüzgâr-Tünelinde hem elleçlemeye en uygun, hem de reprodüseliği olan deneyler yapılabilir. Burada model modifikasyonu da oldukça kolay ve çok kısa sürede yapılabilir.

Deneylerin tam otomatik kontrol ve kumanda olanakları ve on-line veri toplama metodları ve de gelişen bilgi sayar, -işlem teknolojileri ile, gün be gün artan kapasitelerle, genişleyen, daha az zahmetli olan değerlendirme olanakları da, aerodinamikçilerin çalışma olanaklarını genişletmektedir.

Genellikle zemin kısmının hatalı simülasyonuna rağmen, Rüzgâr—Tünelinde yapılan direnç ölçümü neticeleri, ister havada, ister suda olsun bu şekilde yapılan çekmeli deneylerden çok daha hassas ve doğru neticeler vermektedir. Oldukça daha kapsamlı model deney metodları, bu nedenle ve özellikle de instasyonel olgu ve durumlar için yapılır. Model basıncı ve (aynı Reynolds-Sayısı  $R_e = V * (L / \nu)$  için) Form-/Şekil-Direnci, büyük araçlara aktarılabilir uygulanabilir. Şayet çok pahalı olan limit ötesi basınç, yüksek basınç ve düşük sıcaklık Rüzgâr-Tüneli kullanılacak ise, o taktirde Kinematik-Vizkozite " $\nu$ " her iki durumda da karşılaştırılabilir şekilde benzer olacaktır.

Model *tren setinin uzunluğu* " $L$ ", bire bir (1 : 1) tren seti uzunluğundan her halükârda çok daha kısa olacağı için, Rüzgâr-Tünelindeki *hava hızı* " $V$ ", kaçınılmaz olarak tren seti hızından oldukça daha yüksek olmalıdır. ANCAK şayet -olası gerektiği gibi- *Mach-Sayısı Efeği'n* den kaçınılması gerekiyorsa, bu şartın sağlanması zaten olanaksızdır. Fakat çok

şanslı bir şekilde "*Kritik*"- *Reynolds-Sayısı* (ki, ince, narin ve uzun kutular için  $2 \times 10^6$  ile  $4 \times 10^6$  arası bir mertebededir) üzerindeki değerler için, *Form-/Şekil-Direnci* *sabit* kalmaktadır. Böylelikle burada iyi bir ekstrapolasyon yapabileme olanağı büyük araçlar için mümkündür.

Tren seti modelleriyle yapılan testler göstermektedirki, eşlenik (: equivalent) modellerin çapıyla elde edilen Reynolds-Sayısı yaklaşık  $6 \times 10^5$  ile  $8 \times 10^5$  arasında, kritik-değer üzerinde olmalıdır (pratikte: 1: 10 model ile  $v=35$  m/Saniye ile 40 m/saniye arasında) !

Sürtünme-Direnci -ki, uzun trenler için oldukça büyük etken konumundadır-, Reynolds-Sayısından bağımlı kalmaktadır. Şayet -sürtünme- yüzeylerin pürüzlülük değerleri bilinmekte ise, gerekli düzeltmeler yapılabilir (bakınız 5.2).

*Sürtünme-Direnci*: yüzey pürüzlülüğü ile artmakta olduğuna göre, bu efektlerbirbirlerini karşılıklı olarak kompanse edebilirler ki, bu durum pratikte sıklıkla da tespit edilendir /12/.

Hattı oluşturan *yolun zemini*; *en büyük problem* noktası olarak her simülasyonda sürekli önümüze çıkar. *Sınır-Tabakası-Emişi* (: Baoundary-layer / Schnittstellenschicht) [*Arayüz-Emişi*], aynalama metoduyla veya daha da iyisi *kayar rol-zemin* burada başarıyla kullanılabilir.

### 5. DİRENCİN TESPİTİ

Aerodinamik-Direncin tespit edilmesi, en iyi şekilde teorik ve deneysel metodların özenle kombinasyonu ile mümkündür.

#### 5.1 Rüzgâr-Tüneli Deneyleri

##### 5.1.1 Deney Şartları

Temel olarak sadece en az 1:10 ölçeğindeki modellerin maksimal rüzgâr-tüneli hava hızları 40 m/saniye ile 50 m/saniye arasında kombinasyonları ile kullanılmaktadır. Kritik ötesinin nihai neticeleri, yani büyük araçlara aktarılabilir durumdakiler, daima en az üç (3) adet hava akımı hızlarında denenmiştir. Rüzgâr-Tüneli olarak; ya SNCF Rüzgâr-Tüneli "*SVL*" [*SNCF Windkanal SVL*], 15 m ölçme-mesafesi, uzunluğu ve  $3,75 \text{ m}^2$  'lik ölçme mesafesinin çapıyla (model kaplama oranı sadece %2,7 olan) ile, ya da yan / yan-çaprazdan hava akımı akış olanağına sahip otomobil Rüzgâr-Tünelileri "*S4*" /14/ ve/veya

"S10" kullanılmıştır. Otomobil R-T'nin ölçüm kanalı uzunluğu/mesafesi 10 m ve ölçme mesafesinin çapı: 12 m<sup>2</sup>'dir.

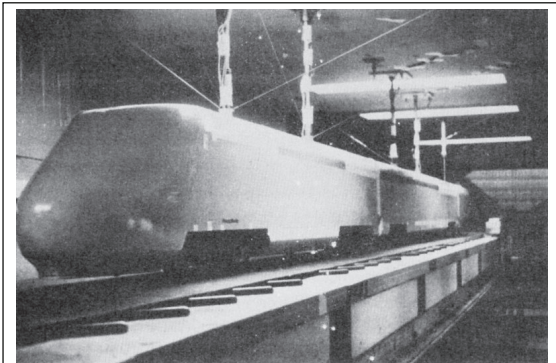
Bu çap; yanal kanal duvarlarındaki yarıklı tip konstrüksiyonu sayesinde yapay şekilde büyütülmüştür /14/. (Sahip olduğu model kaplama oranı (= model blokaj oranı) sadece <%1 mertebesindedir.)

En önemlisi olan araç alt kısmının incelenilmesi için (bakınız 3.), temel prensip olarak bir kayar rol zemine (uzunluğu 6 m ve genişliği 0,6 m) sahip olan SVL-Rüzgâr-Tüneli tercihen kullanılmıştır (RESİM-3). Böylelikle T-/R- modellerinde araç alt kısmı da mükemmel şekilde simule edilebilmektedir.

Manyetik-Yüzer-Trenlerde "MYT" ise, manyetik boji ayaklarının düzleştirilmesi gerekmiştir. Ancak bu şekilde oluşan hata miktarı/oranı; stasyonier bir hat-yolu veya ona benzer bir modelmeden daha küçük ve kabul edilebilir mertebededir.

T-/R- modelleri, dönen tekerleklerle birlikte denenmiş, irdelenmiş, ancak bu arada bu kombinasyonda simulasyonun gereksiz olduğu da kanıtlanmıştır. 1:10 ölçekli modellerde, uzun ölçüm mesafelerinde bile, ne yazık ki oldukça nispeten kısa tren uzunlukları ölçümlendirilebilmiştir. Gerçekte uzun olan tren boylarının Form-/Şekil-Direncine olan etkisini ölçerek tespit edebilmek için, araç başına/önüne "Kirpileme" tekniği uygulanmıştır /15/, model uzunluğu oldukça kısadır ve buna rağmen laettain tren uzunlukları simule edilebilmektedir.

[*Kirpileme tekniği: araç burnuna hava akımını bozucu, kirpi diken benzeri yüzeyden taşan iğnemsî elemanlar monte edilmektedir.*]



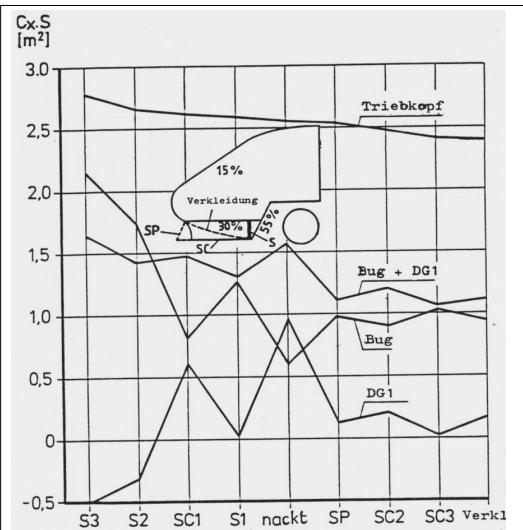
**Resim-3:** Kayar zemin üzerinde konuşlanmış olan 1/10 ölçekli Hızlı-Tren-Modeli, SVL-Rüzgar-Tünelinde aerodinamik testlerde görülmekte.

## 5.1.2 Parametrik Rüzgâr-Tüneli Deneylerinin Sonuçları

Toplanan verilerin /5, 8, 16/ en önemlilerinin özeti bile, bu sunum-makalenin kapsamını ve gerekli sınırlamaları misliyle aşacaktır. O nedenle burada sadece konunun daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, en önemli addedilenlerin seçilmiş küçük bir kısmıyla, uygulanan metod aktarılmaya çalışılmaktadır.

Direnç verileri; Direnç-Ek-Değeri " $C_x$ " ile Alın-Yüzeyi " $S$ " değerinin çarpım ürünü " $C_x * S$ " dir.

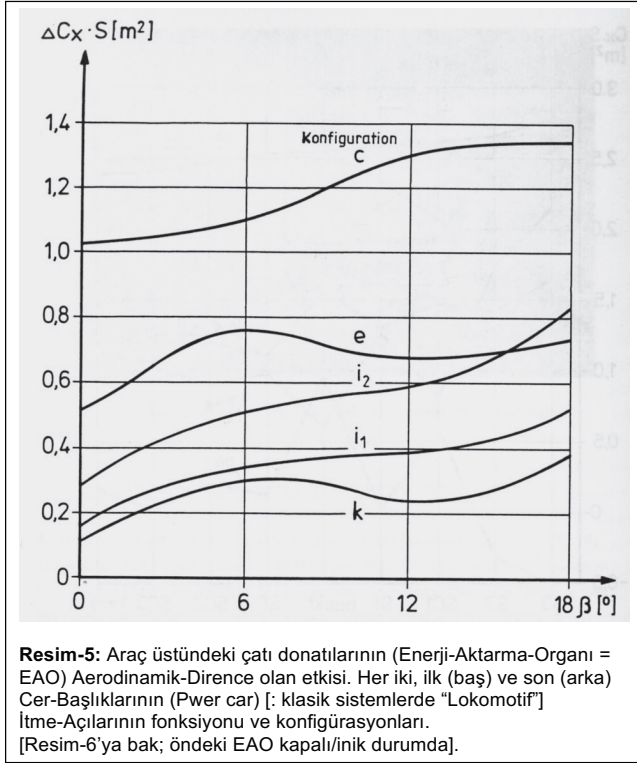
" $C_x * S$ " ürünü tüm geometrik ve aerodinamik özellikleri içerdiği gibi, aynı zamanda bunun, "Yığılma-Basıncının" (: Burun-Dalga-Basıncı) matematiksel değeri ile çarpımı da: "Toplam-Direnci" verecektir.  $C_x * S$  [m<sup>2</sup>] değeri; aynı zamanda Demiryolu-/Raylı-Sistem mühendislerince kullanılan "C-Ek-Değeri" [N / (km/h)<sup>2</sup>] ile de doğrudan orantılıdır ( $C = 0,0473 * C_x * S$ ).



**Resim-4:** Spoiler (Burun-Alt-Eteği) konstrüktif geometrisinin burunda aerodinamik dirence olan etkisi; 1. Cer-Vagonunun (Power car) ilk/1. Bojisinden (DG 1).  
S = basit Spoiler (plaka), SC = uzun, kapalı Spoiler.  
SP = Staupunkt = Yığılma (hava)-Noktası, hava yığılma cenahı  
İndeksler: 1, 2, 3 gittikçe artan Spoiler derinliğini göstermekte.  
Verkleidung = örtü etek ve örtü kaplamalar,  
Triebkopf = power car = ilk/son tahrikli/cerli vagon (: eskiden "Lokomotif"),  
Bug = Noise = Burun,  
Bug + DG1 = Burun + 1.Boji.

RESİM-4' te muhtelif "SPOILER" şekillerinin, bir tahrik-başının (: ana-cer-vagonu, cer-sistemli-ön-vagon, çeki-başı, tahrik-başı = Triebkopf / Tractor head, powercar ; lokomotive) direnç değerine olan etkisini göstermektedir. Pratik olarak spoiler şekli, burun (baş kısım alın yüzeyi) direncini tayin eden öğedir /8/. Buna karşın; ince narin yapılı olmak ve kesin hatlara sahip olmaması şartıyla;

tüm YHT sistemlerinde diğer kısımlar direnç açısından eşdeğerdir /5, 11/. Bu tip veriler, çeşitli baş/burun şekilleri için elde edilerek toplanmıştır. Bunun dışında; normal şekli aşan tüm sıra dışı burun / spoiler tadarımlarında, daha doğru iyi bir optimizasyon amacıyla mutlak surette Rüzgâr-Tüneli deneyleri kaçınılmaz olarak yapılmalıdır!



RESİM-5'te ise, çeşitli araç zemini altı konfigürasyonların aerodinamik dirence olan etkileri, ICE benzeri bir tahrik-başının/cer-baş vagonunun (Lokomotif yerine) ve orta vagonları (l=24,4 m uzunlukta) ile birlikte, 8 seksiyonluk bir üniteden oluşan T-/R- YHT sisteminde örnek olarak irdelenerek gösterilmektedir. Ancak burada elde edilen diyagram neticeleri ve eğrileri; sürtünme katkılarının ve bazı uyarlamalarla bunların büyük araca (orijinal tren büyüklüğü) uyarlılık hesapları yapıldıktan sonraki değerleri göstermektedir. Resimde verilen, gösterilen araç altı verileri: profil içerisinde kalan bojileri, profile silme (kot farkı olmaksızın) devamlılık arzeden, yani kesintisiz eteklikleri ve tam tanımlanmış bir *zemin serbestisi* (: zemin ile araç altında kalan serbest boşluk) göz önüne alınarak geçerlidir.

Tanımlanmış profili aşan bojiler ve eteklikler ve de farklı zemin serbestileri, keza geçici ve sıra dışı çözüm şekilleri için de, bunları içerir modellerle

Rüzgâr-Tüneli deneyleri yapılarak gerekli veri kümeleri oluşturulmuş (â veri bankası), gerekli dökümantasyon ve arşivleme gerçekleştirilmiş, gereklilik durumunda *-mutlak surette olması gerektiği gibi-* her an kullanıma hazır ulaşılabilir şekilde tutulmaktadır.

Bu denli çok kapsamlı olmamakla birlikte, Manyetik-Yüzer-Tren "MYT" sistemi için de benzeri çalışmalar yapılmış, gerekli veriler toplanarak aynı şekilde arşivlenmiştir.

Nihayetinde aerodinamik direncin, yan rüzgârdan etkileri: bağımlılığı, değişimi ve gelişimi de, Rüzgâr-Tüneli deneylerinden elde edilen verilerle irdelenerek geliştirilmiştir /8/. Burada yanal itme açısından bağımlı lieerimsi (quasi Linear) artış ve T-/R- trenlerinde, alt zemin (taban) altı konfigürasyonlardan bağımlı değişimler de göz önüne alınmıştır.

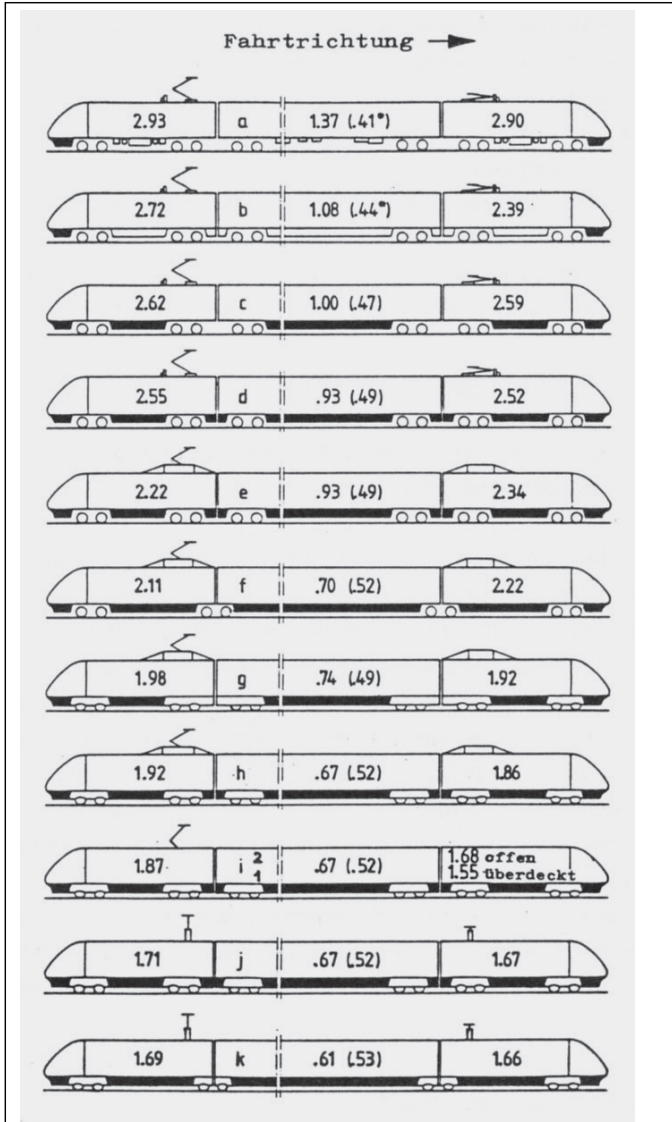
## 5.2 Sürtünme-Direncinin Hesaplanması

Sürtünme-Direnci; Rüzgâr-Tüneli deneylerinde de diğerleri gibi ölçülmesine ve 4.4' te belirtilen nedenlerden çtürü de sıklıkla ve oldukça realistçe tespitine rağmen, temel prensip olarak bu öge teorik olarak hesaplanır. Bu amaçla rüzgâr-tünelinde kullanılan modellerin yüzeyleri pürüzsüz cilâlanmış kaygan düzlüktedir ki, böylelikle sürtünme katkı kısmı kolaylıkla hesaplanarak toplam değerden matematiksel olarak çıkarılabilir.

Büyük -orijinal- araçlardaki kaçınılmaz pürüzlükler ve kesintiler (süreksizlikler), çeşitli varsayımlarla tespit edilmek yani çeşitli varsayıma dayalı niceliklerle tespit edilmek, yani nicel olarak tanımlanmak zorundadır.

Modern YHT sistemlerinin oldukça pürüzsüz, dalgasız ve kesintisiz olan bu yüzeyler için bu işlem oldukça kolaydır. Bu şekilde ICE veya TR-06 araçları için Yüzey-Pürüzlülüğü değeri  $k_s < 0,1$  mm mertebesinde yola çıkarak Sürtünme-Ek-Sayısı olarak  $C_f = 2 \cdot 10^{-3}$  değeri elde edilebilir. Bu değer 8 adet vagonu bulunan bir tren seti için geçerlidir.

Benzer şekilde işletmecisi BR'nin (British-Railway) APT sisteminde de bu değere çok yakın mertebede değerler verilmektedir /2/.



**Resim-6:** her iki Cer-Başlıklarının ve orta vagonların (6 adet orta vagon=6 MW; parantez içerisinde = Sürtünme-Direnç katkısı) Aerodinamik-Direnç  $CxS$  [ $m^2$ ] değeri, tren konfigürasyonunun fonksiyonu olarak.

Alt koridor/vagon altı: siyah:= kapalı tekne şeklinde;  
beyaz:= yanal örtü etekleri.

Fahrtrichtung:=Sürüş/gidiş yönü;

Offen:=Açık, Überdeckt:=üstü örtülü.

ICE' de Sınır-Tabaka ölçümleri önümüzdeki süreçte yapılarak, özellikle de kontrol edilecektir.

Burun/baş bölgesindeki limit üstü akış hızları için, arka sondaki (kuyruk) akım çözümleri- kopmaları için, olası düşük kotlu gömme pencereler için ve diğer çeşitli yüzey arazlarının (kapı kolu, gömme ellik, tutamaç v.b.g.) yarattığı rahatsız edici etkiler için de düzeltmeler hesaplanarak uygulanmıştır.

### 5.3 Metodun "Kalibrasyonu"

Buraya kadar aktarılan, verilen hesaplamalar iki boyutlu (2D) Sınır-Tabakası formülleri ile

yapılmıştı /17/, ancak örnek olarak çatıdan/yan duvarlara geçiş bölgesi için mutlaka geçerli bir durum olması gerekmektedir, yani geçersiz olabilir. Bu durumun yanı sıra; yüzey pürüzlülüklerinin " $k_s$ " tahmininde de belirli bir güvensizlik durumu söz konusudur. Bu olası -düşük değerli de olsa- hata kaynaklarının kompenzasyonu için, şuanki IC jenerasyonunun iki (2x) orta vagonunda yukarıda tanımlanmış, aktarılan metoda göre aerodinamik direnç ölçülerek tespit edilmiştir. Bu aracın büyük deney ölçü değerleri de zaten daha önceden tespit edilmiştir ve elde mevcuttu. Burada sözü edilen orta vagonlar DB'nin IC vagonlarıdır /13/ ve RESİM-6'da (a)'da görülen konfigürasyonlara sahiptir ve BR'nin Mk-III tipi /18/ vagonu ise, RESİM-6'daki (c) konfigürasyonunda görüldüğü gibidir.

İrdelemeler sonrası her iki vagon tiplerinin arasındaki ölçüm değerlerinin birbirine çok yakın olmaları ve farklılıkların, sapmaların oldukça ihmal edilebilir küçüklüklerde olduklarının tespit edildiği için, daha fazla, çok daha detaylı ve daha güvenilir veri kümelerinin olması nedeniyle, DB neticeleri tercih edilerek elde edilen Düzeltme-Değeri (Korrekturbetrag / correction value), tüm orta vagon değerleri ile toplanmıştır.

### 5.4 Yüksek-Hızlı-Trenlerin (YHT) Aerodinamik-Dirençlerinin Tespiti

Şimdi RESİMLER-4, -5 ve -6 yardımıyla ve bazı diğer verilerin kullanılması ve de gerekli hesaplamalarla her hızlı çekili tren, tren setini ( $TK + n*W + TK$ ), kolayca ve çok iyi bir hassasiyetle hesaplayarak değerleri tespit edebiliriz.

Boji ve Enerji-Aktarma-Organı (: Enerji-Aktarma-Donanımı), büyüklük, şekil ve bunlara ait karöser örtü donanımlarını irdelenen taşıt araçlarının hepsinde ya ayrı, ya da benzer yapı ve özelliklerde, dolayısıyla bunların katkı ve etkisi -ki, RESİM-6'da  $CxS$  verilerinde nazarı itibara alınmıştır-, diğer tren setleri için de geçerlilik arz etmektedir (keza burada



karöser yüzeyinden dışa taşlan parçaların etkileri de) göz önüne alınmıştır.

Benzeri burun (alın) direnci (RESİM-4) için de geçerlidir: burada ana etken: burnun alt kısım yapısı, konstrüksiyon şeklindedir. Diğer trenler için olasılıkla değiştirilmesi gereken Sürtünme-Direncidir. Cer sistemli çekili tren setlerinin başı da (sürüş yönünde önü), şayet aynı hızlar için tasarlanmışlarsa, ister istemez benzer ölçülere, boyutlara sahiptir. Dolayısıyla onlarda ayı İslatma-/Kaplama-Yüzeyine (: Benetzt / wetted) sahiptir.

Bunun yanı sıra, benzer büyüklüklerde havalandırma ızgaraları TK Sürtünme-Direncini oldukça yüksek derecelerde olumsuz etkilemektedir. Fakat bütün direnç kaynakları göz önüne alınarak toplam direnç irdelendiğinde, bunların katkı payının sadece toplam direncin küçük bir parçası (<%10 ; 200 m uzunluğunda bir trende) olduğu görülmektedir. Bu nedenle hem basitleştirmek, hem de hesap hassasiyetinde sonuca etkisinin ihmâl edilebilir mertebede olması, cerli çeki vagonunda (RESİM-6) varsayılan konfigürasyon bütün benzer tasarımlar için geçerli addedilebilir. Olası bir düzeltme (ki, bu %2 ile %3 oranında daha yüksek bir direnç değeri verir) sadece çok kısa (<100 m) çekili trenlere uygulanmalıdır. Tüm yüzeyi yalayıp kaplayan (benetzt / wetted) RESİM-6'daki orta vagonun (L=24,4 m, çevresi U=11,4 m – zemin kazanı/alt tepsi (Bodenwanne) dahil) basit bir şekilde diğer araç boyutlarına ve tren uzunluklarına matematiksel olarak ekstrapolasyonu yapılabilir. Düzeltme "D C<sub>x</sub> \* S<sub>R</sub>" (orta vagon direncinde) ise, vagon araç uzunluğu "L<sub>w</sub>", onun çevresi "P", tren uzunluğu "L<sub>Z</sub>", bunun olası yüzey pürüzlülük sınıfı kalite düzeyi ve orta vagonun ortalama sürtünme-direnci "C<sub>x</sub>\*S<sub>R</sub>" 'dir (L<sub>Z</sub>=187,1 m değeri için geçerlidir):

$$D C_x \times S_R = D C_x \times S_R \times (1 - 3.55 \times L_w \times P \times C_f \times L_z^{-0.13})$$

Buna göre Toplam-Direnç:

$$C_x \times S = C_x \times S_{TK-I}^* + n \times (C_x \times S_w^* - D C_x \times S_R^*) + C_x \times S_{TK-II}^* + (n+1) \times C_x \times S_{\dot{U}}$$

olur.

Burada:

TK-I	:	öndeki çekili-tahrikli-/cerli-vagon
TK-II	:	arkadaki çekili-tahrikli-/cerli-vagon
W	:	Orta vagon(lar)
Ü	:	Geçişler, ara boşlukları (vagonlar arası süreklilik kesintileri)
N	:	orta vagonların adeti

[\*\*" : üs yıldız endeksine sahip değerler = RESİM-4, 5 ve 6' daki diyagramlardan okunur!]

Buna benzer bir metod ta, Manyetik-Yüzer-Trenlerin (MYT) aerodinamik dirençlerinin tespiti için kullanılmıştır.

### **5.5 TÜNELDEKİ Aerodinamik – Direnç**

Trenlerin tüneldeki aerodinamik'i /10/ oldukça zor, uzun ve yoğun kapsamlı, karmaşık/kom-plekstir ve o nedenle burada sadece çok kısa özetin de özeti bir şekilde aktarılmaktadır. (Konu başlı başına bir makale konusudur.)

Tünelde Aerodinamik-Direnç oldukça artar /19, 20/. Burada trene spesifik; sürtünme, kesit ve uzunluk gibi parametrelere ilâveten; tünelin uzunluğu, tünel kesiti, havalandırma menfezleri ve bacaları (sayısı, konumu, şekli vs.) v.b.g. daha bir dizi tünel parametresi çok daha büyük bir rol oynamaktadır.

## 6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ VE BÜYÜK-DENEYLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

### 6.1 TGV (Fransa)

TGV (Trains la grande vitesse à la Française), şu anda {Red.: makalenin kaleme alındığı an kastedilmekte} şimdiki kadar büyük deneylerden elde edilmiş ve güvenilir en kapsamlı neticelerin elde edilebildiği yegâne YHT sistemidir /12/.

Ölçme metodunun uygulanması:

- (a) Cer-Başlığı {: *powercar, power head / Triebwagen*} = konfigürasyon "c" (RESİM-6), ancak sarkık etekli [ : *Überhangschürzen*] [-D C<sub>x</sub> x S = 0,03 m<sup>2</sup> beher orta vagona (TK)]. TGV' nin çatı üst kısmının kendine özgü özel konstrüksiyon konfigürasyonu nedeniyle çatı/tavan üstü aygıtlarının, donanımın (Enerji aktarma/nakil organları dahil) direnci için SNCF { : *Société nationale des chemins de fer français / National society of French railways -or- French National Railway Company / Französische Nationale Eisenbahngesellschaft = Fransız Devlet Demiryolları İşletmesi* } tarafından sunulan veriler: DC<sub>x</sub> x S<sub>Çatı</sub> = 1,94 m<sup>2</sup> olarak alınmış, varsayılmıştır. Enerji Aktarma Organlarının (EAO) direnç katkı payı (konfigürasyon "c") önce matematiksel olarak çıkarılmak, yani toplam değerlerin tamamından değersel olarak düşülmek zorundadır (-DC<sub>x</sub> x S = 1,03 m<sup>2</sup> ; RESİM-5).

$$C_x \times S_{TK-I} + C_x \times S_{TK-II} = 5,21 - 0,06 - 1,03 = 4,12 \text{ m}^2$$

(çatıdaki aygıtlar HARIÇ !)

- (b) Son vagon (cer vagonu): L<sub>w</sub> = 21,8 m , P = 10,8 m ; 1 adet normal Boji (DG) örtü

etekleriyle birlikte , 1x JACOBS-Bojisi

$$D C_x \times S_R = 0,08 \text{ m}^2 \quad (5.3)$$

$$C_x \times S_{WR} = 1 \text{ (konfigürasyon "c")} - 0,03 \text{ (örtü etekleri)} - 0,15 \text{ (1x JACOBS-Bojisi)} - 0,08 = 0,74 \text{ m}^2$$

$$\underline{2 C_x S_{Ww} = 1,48 \text{ m}^2}$$

- (c) Orta vagon = konfigürasyon "f" (RESİM-6): L<sub>w</sub> = 18,7 m

$$D C_x \times S_R = 0,45 \text{ m}^2 \quad (5.3)$$

$$C_x \times S_{WM} = 0,55 \text{ m}^2$$

$$6 \times C_x \times S_w = 3,33 \text{ m}^2$$

**Toplam:**

$$2 \times TK : 4,12 \text{ m}^2$$

$$2 \times EW : 1,48 \text{ m}^2$$

$$6 \times MW : 3,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Çatı donanımları: } 1,94 \text{ m}^2$$

$$13 \times \text{Bojiler : } 0,52 \text{ m}^2 (*)$$

(yüzeyden dışa taşmalı)

$$(*) : (D C_x S = +0,04 \text{ m}^2 / \text{Boji})$$

---


$$C_x S = 11,39 \text{ m}^2$$

Karşılaştırma amaçlı: SNCF tarafından orijinal TGV treni ile yapılan geçiş deneylerinde

$$C = 0,0539 \text{ daN} / (\text{km/h})^2$$

Yani

$$C_x S = 11,40 \text{ m}^2$$

ölçülmüştür.

### **6.2 ICE (Almanya)**

Bu tespit/hesaplama metodu öncelikle ICE treninin /6/ aerodinamik direncinin hesapsal tespiti için geliştirilmiştir ve hesaplanan değerlerin büyük (orijinal) araçla büyük deneyde karşılaştırılması olayın en ilginç yanıdır.

Bu amaçla 1987 ilk baharında planlanan geçişte ölçüm deneyleri, çalışmaları çeşitli nedenlerden ötürü 1987 sonbaharına tehir edilmiştir. Bu nedenle de bu neticeler şuan burada sunulamamaktadır.

### **6.3 MYT Manyetik-Yüzer-Tren TRANSRAPID (Almanya)**

Transrapid TR-04 aracı için burada aktarılan metoda göre Direnç-Ek-Değerleri  $C_x = 0,46$  /21/

Tespit edilmiştir.

Çok kısa olan geçiş mesafesi *{geçiş esnasındaki ölçüm için gerekli uzunluk}* nedeniyle oldukça dalgalanma, sapma gösteren değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değer:

$C_x = 0,46$  mertebesindedir /21/.

Transrapid TR-06 aracı için tespit edilen *Yüzey-Direnç-Ek-Değeri*:  $C_x S = 5,4 \text{ m}^2$  mertebesindedir.

1987 ilkbaharında; hesaplamalarda baz alınan Yüzer-Bojiler konfigürasyonuna, aracın şuan ki bojlere uyarlanmış olacaktır. Böylelikle hesaplanan değerler, yapılacak araç geçiş deneylerinden elde edilecek değerlerle karşılaştırılarak yapılacak validasyon ve verifikasyonlar gerçekleştirilebilecektir.

## **7 SONUÇLAR, SONUÇ-NOTLARI VE GELECEK HAKKINDA GÖRÜŞ**

Önceki sayfalardaki TGV örneğinde; teori ve deneysel pratiğin akılcı kombinasyonlarla birlikteliği ile, YHT sistemlerinde ne denli hassas ve doğru neticelerin elde edilebileceği gösterilerek kanıtlanmış oldu. Her geçen dönem daha hızlı, daha yüksek, büyük kapasiteli güçlü gittikçe mükemmelleşen bilgi işlem sistemlerinin *{Red.: Bilgisayar sistemleri}* ve bunlara ait özel yazılımlar kullanıma sunulsa ve bu sayede teorik aerodinamikçiler de olağanüstü gelişme gösterebilirler de, aerodinamikçilerin vazgeçilmez, en güçlü olmazsa olmaz enstrümanı gene de RÜZGÂR-TÜNELİ olduğunu, pratiğin tartışmasız gerçekleri bize göstermiş ve bir kez daha bunu kesin şekilde kanıtlamıştır.

Önümüzdeki yakın süreçte yapılacak olan Transrapid TR-06 ve ICE<sub>experimental</sub> araçlarının geçiş deneyleri ile, burada yapılacak ölçümlerle elde edilecek veriler ile, burada geliştirilerek kullanılan ve tanıtılan metodun uygunluğu bir kez daha ve nihai olarak kanıtlanacak, uygunluğu da teyid edilecektir.

### **LİTERATÜR – KAYNAKÇALAR**

- /1/ Bernard, M. Und Guihau, C.; "Mesures récentes de la résistance à l'avancement de matériels roulants», Reue Générale des Chemins de Fer, April 1976
- /2/ Gawthorpe, R. G., « Aerodynamics of train in the open air » Railway Engineer International, vol. 3 no.3, Mai/Juni 1978.
- /3/ Mackrodt, P. A., « Luftwiderstand von Schienenfahrzeugen » DGLR-Symposium « Aerodynamischer Widerstand » ; Köln, Nov. 1980

- /4/ Hammit, J. L., «The Aerodynamics of High Speed Ground Transportation », Western Periodicals Co., North Hollywood, Cal.
- /5/ Peters, J. L., « L' aèrodynamique des trains à sustentation et guidamagnetique »,Revue Generale des Chemins de Fer, Januar 1980.
- /6/ Peters, J. L., « Aerodynamische Gestaltung von Schienenfahrzeugen für den Schnellverkehr », AET 40, Dez. 1985.
- /7/ Hörner, S. F., « Fluid-dynamic Drag », Hoerner Fluid Dynamics, Brick Town, New Jersey, 1965.
- /8/ Peters, J. L., « Aerodynamics of very high speed trains and maglev vehicles : State of the art and future potential », Int. J. of Vehicle Design, Special Publication SP3, 1983.
- /9/ Sockel, H., « The train passing problem » VKI Lecture series 48, April 1972
- /10/ Gawthorpe, F. G., « Aerodynamics of trains in tunnels », Railway Engineer International, vol. 3, no. 4, Juli/Aug. 1978.
- /11/ Mackrodt, P. A., Steinheuer, J., Stoffers, G., « Entwicklung aerodynamisch optimaler Formen für das Rad/Schiene Versuchsfahrzeug II », AET (35), 1980.
- /12/ Guiheu, C., « La résistance à l'avancement des rames TGV-PSE », Revue Générale des Chemins de Fer , Januar 1982.
- /13/ Glöckle, H., « Bestimmung des Luftwiderstandes von Originalfahrzeugen durch Messungen des Luftwiderstandes. », CCG-Lehrgang V502, Nr. 19, Oktober 1983.
- /14/ Peters, J. L., « Windkanal S4 im Institut Aèrotechnique von Saint-Cyr », ATZ 80, Nr. : 7/8, 1978.
- /15/ Neppert, H., « Komponenten-Widerstaende im Einfluss der Grenzschicht an Zügen variabler Laenge. », ZEV-Glass. Ann. 108 (1984), Nr. 9, September.
- /16/ Peters, J. L., « Optimising aerodynamics to raise IC performance », Railway Gazette International, Oktober 1982.
- /17/ Schlichting, H., « Grenzschicht-Theorie », Verlag G. Braun, 1965.
- /18/ Burdon, E. S., « Maintaining a 200 km/h regular-interval diesel service », Railw-way Gazette International, Maerz 1978.
- /19/ Gawthorpe, R. G., Pope, C. W., Green, R. H., « Analysis of train drag in various configurations of long tunnels », 3rd Int. Sysposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle tunnels », BHRA, Sheffield, Maerz 1979.
- /20/ Wacławiczek, M. E. und Sockel, H., « Pressure transients and aerodynamic power in railway tunnels special Reference to entropy and airshafts »,

4th Int. Symposium on the Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels », BHRA, York, Maerz 1982.

- /21/ Peters, J. L., « TR-04-Auslaufversuche und Noseboomerprobung », TRANSRAPID-EMS Bericht 9312/TB/2007, 10.05.1976.

### **Redaksiyonel Güncelleme - ZEYİL (02-2016)**

Dr. PETERS'in makalesin



**M. Bahattin ŞENKÖK**

Lise sonrası Üniversiter eğitimi: Makine (Gen.-Mak/ İmalât), Polimer-Malzemeler (Kunststoffteknik), Makine-Malzeme-Konstrüksiyon-Bilimi (ileri Malzemeler, Kompozit-Malzemeler Konstrüksiyonu ve Üretim), Fizik (Metal-Fiziği) dallarında ve konularında yaptı. Akademik süreç (yardımcı asistan, asistan, akademik danışman, ögr.-gör.) sonrası endüstride [sırasıyla MBB-Drehflügler&Verkehr/MBB-Döner-Kanatlılar (Helikopter) ve Ulaşım Şirketinde (bugünkü Eurocopter/EADS), kompozit Döner-Kanat/Pal tasarımı ve üretiminde; Böhler Stahl-Mercedes-Benz-Uni.-GhK ortak Ar-Ge projesinde (prototip sorumlusu), Thyssen-Industrie AG-HENSCHHEL (Lok-Bau / Nümerik-Hesaplamalar), Thyssen-Henschel-Forschungszentrum (TH-Ar-Ge Merkezi / Sürekli-Mukavemet Testleri ve Kalifikasyon uzmanı); Henschel-Magnetbahn (Proje Müh./Kalite Yön.), Thyssen-Ind.-Magnetbahn (FW-Proje Md.), ThyssenKrupp-Ind. AG-Magnetbahn ve Transrapid-International (a joint Company of ADTranz-Siemens-Thyssen) Şirketlerinde uzman/ekspert danışman mühendis (kalite sorumlusu, MagLev hat uzmanı, Shanghai projesinde: System-oncle, hat ve hat güvenilir donanım parçaları sorumlusu, Test ve Kalifikasyon sorumlusu, Chief Technologist&Scientist v.b.g.) çeşitli sorumlu görevler üstlendi. Profesyonel meslek hayatında: birden fazla uzmanlık dalında çeşitli (REFA/End.-Müh., DQS-Int.-Auditor, DIN-CERTCO-Paintinspector, Mentorluk v.b.g.) seminerler, meslek içi eğitimlere katılarak, sertika ve uzmanlık unvan ve belgelerine sahip, akredite danışman-bilirkişidir. 2006 yılında ülkemize dönmüş, kendi kurduğu şirket ve partner şirkette yöneticilik yapmakta, danışmanlık ve bilirkişilik faaliyetlerinde hizmet sunmaktadır.

Aynı zamanda hiperaktif bir emekli; insanlık, etik değerler, prensipler, doğa-hayvan-canlılar alemi ile onu koruma konularında aşırı hassas, sosyal duyarlılık ve bilinçlenme artırma konularında aktif, bu coğrafyanın ve ülkesinin hayranı idealist bir Don Quischo'tur.