

5. Uçak Gürültüsünün Azaltımına ilişkin Önlemler

Bir hava taşıtı ile ilgili başlıca gürültü kaynakları açıklandıktan sonra gürültü azaltımına ilişkin imkanlar ortaya konacaktır. Kaynağında alınacak gürültü azaltma önlemlerinden yola çıkıldığında hava işletmesine dayalı, planlı ve ekonomik imkanların ön planda olduğu görülür. Buna ek olarak motor takımı test sürüşlerinin meydana getirdiği gürültülerin azaltımına ilişkin önlemler de ele alınacaktır.

5.1. Giriş

Uçak gürültüsü, her zaman olduğu gibi hava limanları yakınında oturanlar için bir hayli büyük bir problem olmaya devam etmektedir. Bu durum her uçak için gürültü azaltma konusunda elde edilmiş tartışmasız başarılarla rağmen, hava trafiğinin ve hava taşıtı sayısının sürekli artmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenden dolayı uçak gürültüsünü azaltmaya yönelik önlemlerin alınması hala gerekli olmaktadır. Bu önlemler, hem gelecekteki yeni hava taşıtları, hem de mevcut hava taşıtları için uygulanmalıdır.

5.2. Uçak Gürültü Kaynakları

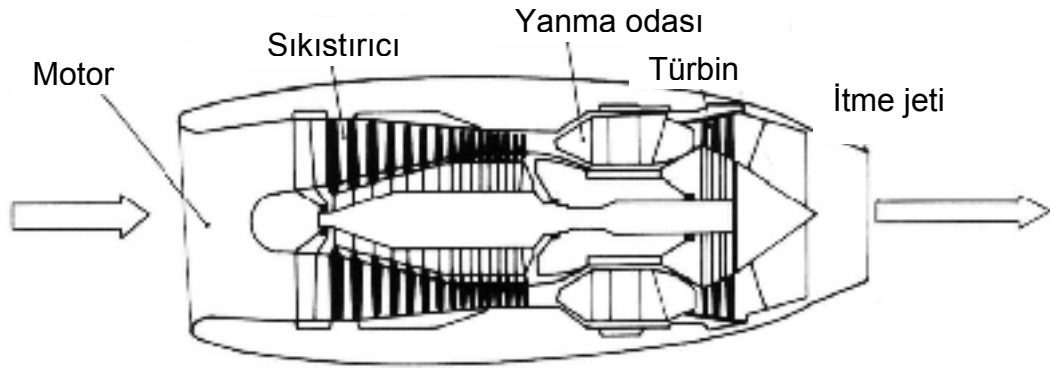
İlk jet motorlu uçaklarda motor takımının çıkardığı gürültüler çok fazlaydı. Ancak uçak üreticileri, bu gürültü kaynağını azalttıktan sonra bu sefer başka gürültü kaynakları ön plana çıktı – önemli ölçüde aerodinamik gürültü kaynakları -. İlk önce aşağıda motor takımının yarattığı gürültülerden ve daha sonra aerodinamik gürültü kaynaklarından söz edilecektir.

5.2.1. Motor İşletme Gürültüsü

Hava taşıtlarındaki gürültü emisyonlarına ilişkin genel kanı, jet motorlu uçakların gürültü emisyonları yarattığı şeklindedir ve bu yüzden bu konu burada öncelikli olarak ele alınacaktır. Fakat pervaneli uçakların ve helikopterlerin çıkardığı gürültüler de çok rahatsız edici bir etki yaratmaktadır ve bu yüzden bu hususlar da yine en son incelenecektir.

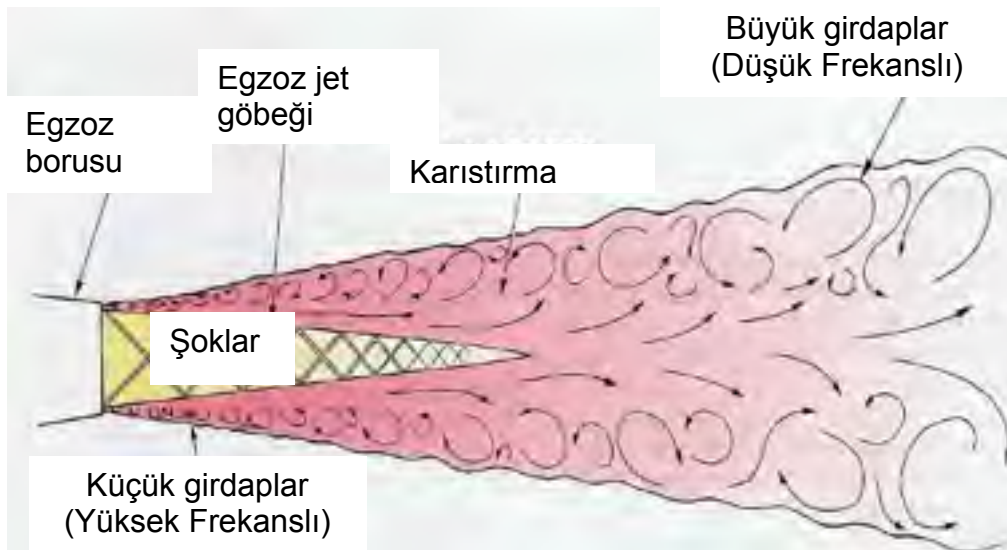
5.2.1.1. Jet Motorunun Yarattığı Gürültü

Birinci jenerasyon jet motorunun çalışma prensibi Şekil 5-1’de görülmektedir. Motorun ağızına akın eden hava, kompresör aracılığıyla sıkıştırılır ve içine yakıtın püskürtüldüğü yanma odasına gönderilir. Sıcak atık gazlar, kompresörün de çalışmasını sağlayan motoru harekete geçirir. İtme jetinden püskürtülen sıcak atık gazlar hava taşıtının ileri hareket etmesini sağlar.



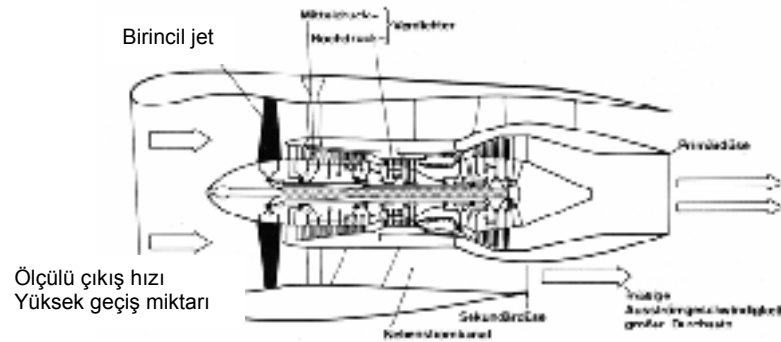
Şekil 5-1: Birinci jenerasyon jet motorunun çalışma prensibi [1]

Bu tür motor takımlarının gürültü emisyonları, ağırlıklı olarak atık gaz püskürtülmesinden meydana gelir ve bu esnada girdaplar oluşur. Girdapların büyüklüğüne göre farklı ses frekansları açığa çıkar. Bu tür motorların atık gaz püskürtmesi esnasında ağırlıklı olarak düşük frekanslar baskındır. Şekil 5-2 bir atık gaz püskürtülmesinde meydana gelen farklı gürültü kaynaklarını göstermektedir.



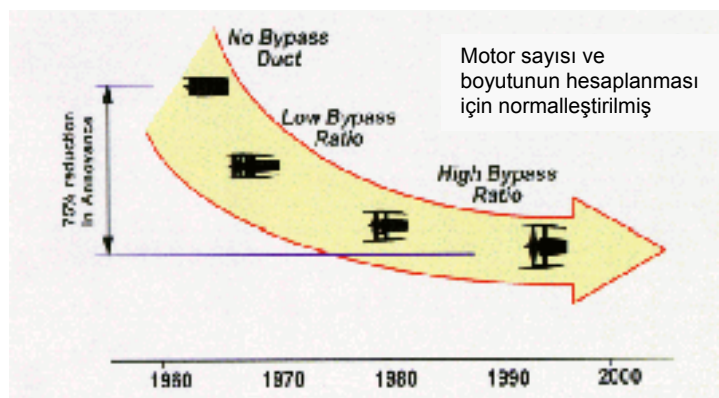
Şekil 5-2: Bir atık gaz püskürtülmesinde meydana gelen gürültü kaynağı [2]
Bir atık gaz püskürtülmesinde meydana gelen gürültü emisyonları, orantılı olarak 6 ila

8 püskürtme hızı gücündedir. Bu yüzden bir sonraki jenerasyon motor takımlarında atık gaz püskürtme hızı düşürülmüştür. Bu tür dış yüz akım motor takımlarında Şekil 5-3'ün de gösterdiği gibi sıcak atık gaz püskürtülmesinde daha yavaş bir hava akımı verilmektedir. Böylece son tahlilde etkili olan atık gaz püskürme hızı belirgin bir biçimde düşürülmüş ve motorun iç kısımda meydana gelen hızlı atık gaz püskürmesi, dışarıdan gözlemlenebilen daha soğuk ve yavaş hava akımı tarafından perdelenmiştir.



Şekil 5-3: İkinci jenerasyon püskürtmeli motor takımlarının çalışma prensibi (Bypass Edilmiş Motor Takımı) [1]

Bu teknoloji ile elde edilen gürültü azaltımının, her bir motor teknolojisindeki gürültü emisyonlarının motor takımlarının hizmete alındığı yıl içerisinde ön görüldüğü Şekil 5-4'te görülebilir. Bu emisyonlar, aynı hava taşıtı boyutunda 30 dB'e kadar çıkmaktadır.

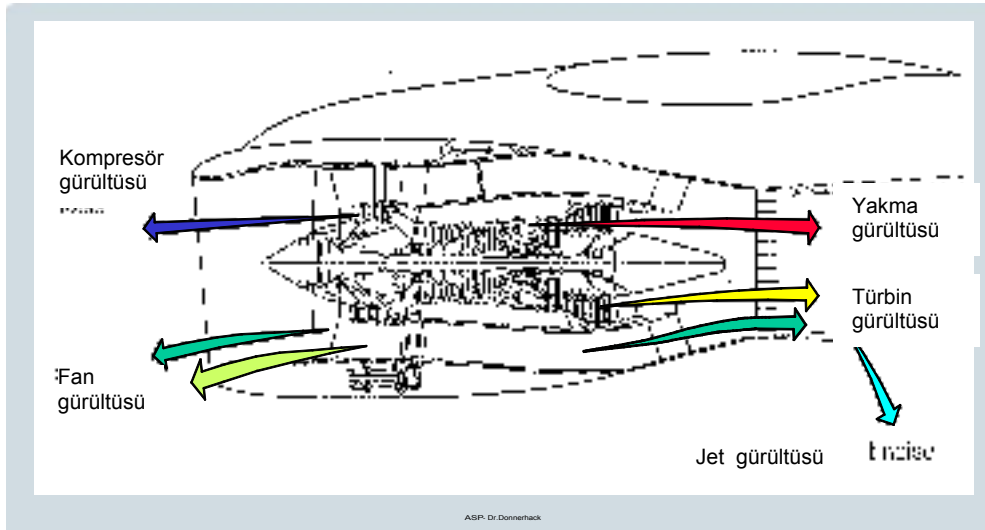


Şekil 5-4: Bypass edilmiş motor takımlarının uygulamaya konması ile sağlanan gürültü azaltımı [3]

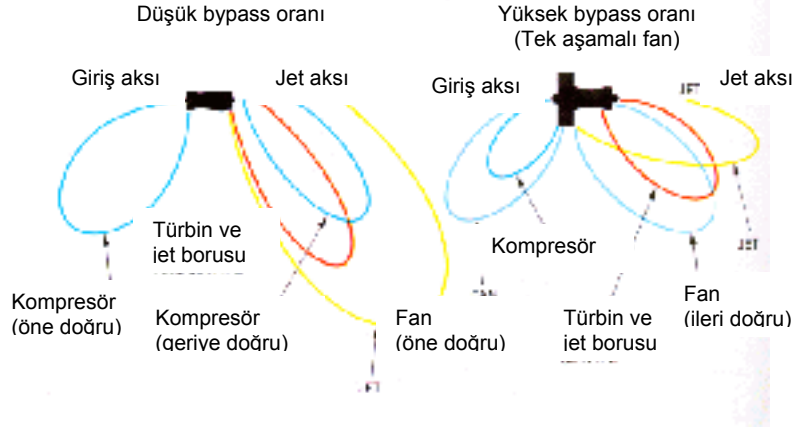
Püskürtme gürültüsünün (jet noise (jet gürültüsü)) azaltımı ile bypass edilmiş motor

takımlarında farklı yönlerde doğru yayılan (öne ya da arkaya doğru) kompresör gürültüsü (Compressor noise), yakma gürültüsü (Combustor noise) ve türbin gürültüsü (Turbine noise) gibi yeni ya da şimdiye kadar önemsiz olan gürültü kaynakları ortaya çıkmaktadır (fan noise (fan gürültüsü)).

Şekil 5-5, bu gürültü bileşenlerine ait farklı emisyonları şematik olarak gösterirken Şekil 5-6, birinci jenerasyon motor takımı ile mukayese ederek her bir gürültü bileşeninin farklı yön karakterlerini ve de bunların karşılaştırmalı gürültü emisyonlarını göstermektedir. Bu resimden, birinci jenerasyon motor takımında da ayrı ayrı gürültü bileşeninin ortaya çıktığı (örneğin arkaya doğru yayılan kompresör gürültüsü gibi) anlaşılmaktadır, ancak bunlar atık gazların çıkardığı gürültünün içinde tamamen yok olmaktadır. Buna ek olarak bypass edilmiş motor takımlarında, özellikle yüksek frekans oranları ve ses tutuculuğu nedeniyle (dairesele testerenin çıkardığı gürültüye benzer) bir hayli rahatsız edici olan ilk bypass edilmiş motor takımlarında üfleme gürültüsü (fan gürültüsü) gibi yeni gürültü bileşenleri ortaya çıkmıştır.



Şekil 5-5: Bypass edilmiş bir motor takımının gürültü bileşenleri [4]



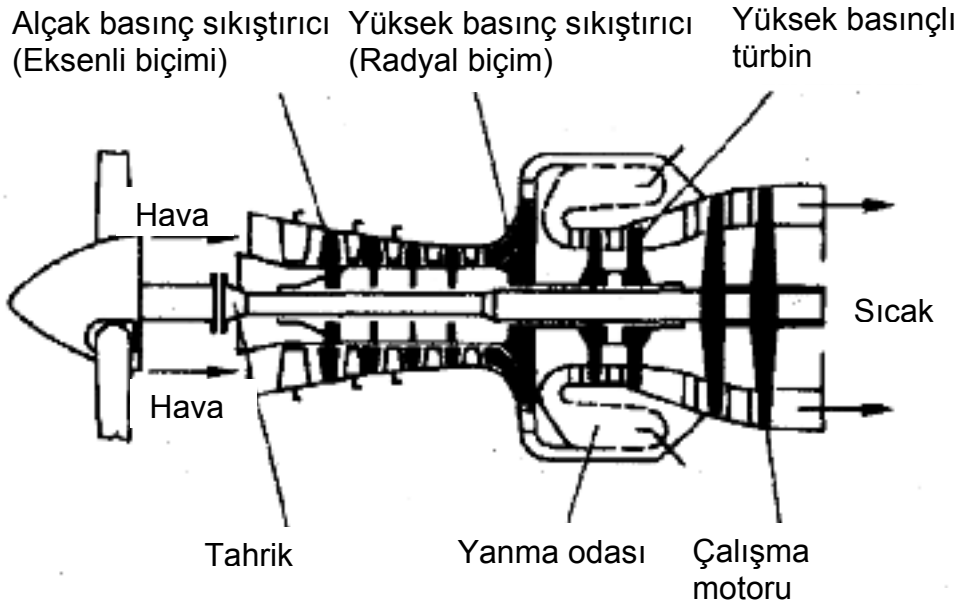
Şekil 5-6: Birinci jenerasyon motor takımının (solda) ve bypass edilmiş bir motor takımının (sağda) ayrı ayrı gürültü bileşenlerinin yön karakteristiğinin şematik olarak gösterilmesi [3]

Bypass edilmiş bir motor takımının püskürtme gürültüsü ve toplam gürültüsünün bypass ilişkisi birbiri ile bağlantılıdır. Püskürtme gürültüsü bypass ilişkisinin artmasıyla azalmakta, dönen motor takımı parçalarının çıkardığı gürültü de bypass ilişkisinin artmasıyla belirgin bir biçimde azalmaktadır. Oysa ki toplam gürültü, bypass ilişkisinin artmasıyla en aza doğru gitmekte, fakat artan motor ağırlığı ve artan hava direnci gibi daha yüksek bypass ilişkisinin yarattığı negatif etkiler daha baskın gelmektedir. Buna göre toplam olarak ele alındığında bypass ilişkisi için bugünün düşüncesine sahip motor takımlarında 10 civarında seyreden bir optimum söz konusudur. Motor takımı gürültüsünün azaltımına yönelik diğer alınacak önlemler – özellikle de halen mevcut olan hava taşıtları için - Bölüm 5.3.2’de anlatılmıştır.

5.2.1.2. Pervaneli Uçak Gürültüsü

Bugünlerde ağırlıklı olarak genel hava ulaşımında kullanılan ve pervane ile çalışan hava taşıtlarında havalanma gürültüsü her şeyden önce pervaneden kaynaklanmaktadır. Gürültüler, pervane kanatlarının etrafını kuşatan hava ile etkileşiminden meydana gelmektedir. Emisyon seviyesinin azaltımı, bir hız azaltma şanzımanı takılarak pervane dönüş hızının düşürülmesi ve aynı anda pervane çapının artırılması ve / veya pervane geometrisinin ya da kanat sayısının değiştirilmesi yoluna gidilerek pervane kanat uçları hızının düşürülmesi ile sağlanabilir. Pistonlu motor ile çalışan pervaneli uçaklarda pervane gürültüsü azaltıldığında çoğu zaman ilave bir egzoz soğurucusu ile azaltımı icap eden bir atık gaz gürültüsü ortaya çıkmaktadır.

En yüksek kalkış ağırlığı 5,7 tonun üzerindeki ağır pervaneli uçaklarda bugün ağırlıklı olarak ve hatta neredeyse tamamında normal türbin motorlarına benzeyen mille çalışan motor takımları (turbo pervaneli motor takımları) kullanılmaktadır. Ancak bu tür motor takımlarında ileri hareket yalnızca - püskürtmeli motor takımlarında olduğu gibi – atık gaz püskürtülmesi ile meydana gelmemektedir. Aynı anda pervaneyi (ya da helikopter rotorunu) harekete geçiren motor performansının bir kısmı mekanik enerjiye dönüştürülür. Mille çalışan motor takımlarının gürültü kaynağı önemli ölçüde diğer türbin motorlarının kaynağı ile uyumludur. Esas olarak sadece yayılan gürültü seviyesi belirgin bir biçimde daha düşüktür. Şekil 5-7 pervaneli türbin motor takımını şematik olarak göstermektedir.

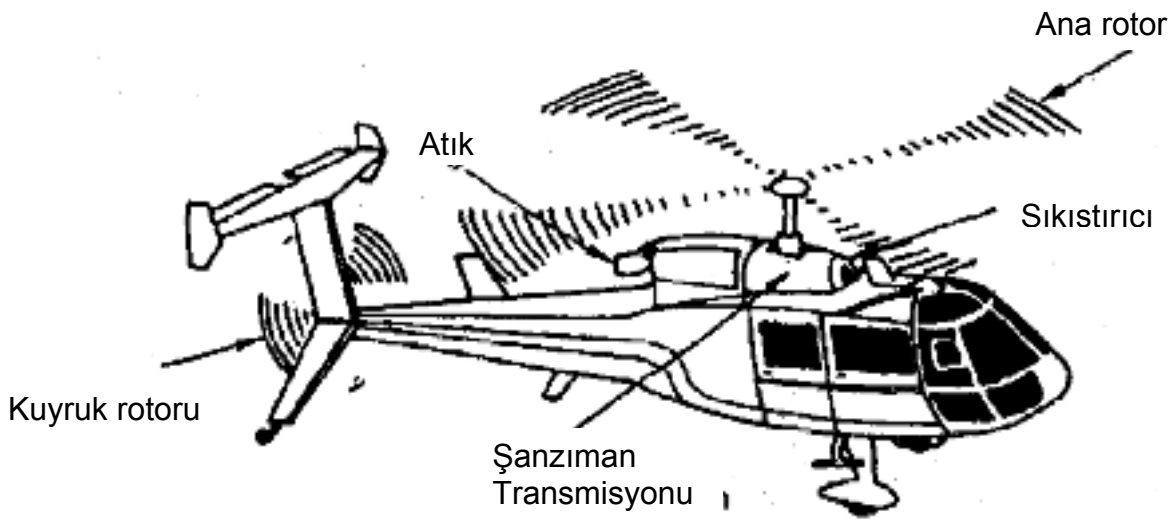


Şekil 5-7: Pervaneli bir türbin motor takımının şematik olarak gösterilmesi [5]

5.2.1.3. Helikopter Gürültüsü

Helikopterlerin çıkardığı gürültüler, hem motor işletme gürültüsü hem de rotor kanatları yoluyla (ana rotor ve kuyruk rotoru) meydana gelmektedir. Şanzımanların ve transmisyonların çıkardığı gürültüler yalnızca yakın alanda fark edilir ve yalnızca kabinin iç kısmında etkili olmaktadır. Millöne çalışan motor takımlarına sahip helikopterlerde genel olarak motor gürültüsü daha az önem arz eder. Baskın olan gürültüler rotorlar tarafından meydana getirilir ve aerodinamik kaynaklıdır. Tüm aerodinamik gürültülerde olduğu gibi dönüş sesinin açığa çıkardığı bir gürültü (pervane ya da rotor frekans uyumu) ve geniş band gürültüsü meydana gelmektedir.

Helikopterlerde özellikle belirgin olan gürültü bileşenleri, bir hayli sesli ve periyodik tekrarlanan darbeli bir gürültü türü olan “blade slap (kanat çırpma)”dır. Pervane kanadından yayılan ve kanat ucunda meydana gelen bir girdabın dönen bir sonraki rotor kanadı ile buluşması nedeniyle meydana gelmektedir. Söz konusu bu keskin gürültü, sık sık alçalma uçuşlarında motor takımının performansı düşürüldüğünde ortaya çıkmaktadır. Fakat bazı helikopterler bu gürültüyü, belli hızlarda seyrettikleri yatay uçuşlarda da yaymaktadır. Şekil 5-8, bir helikopterin gürültü kaynaklarını şematik olarak göstermektedir. Pervaneli motorlarda olduğu gibi gürültü emisyonları, kanat ucu hızının düşürülmesi, kanat yükünün azaltımı ve uygun rotor kanadı formları kullanılması ve kanat sayısının artırılması ile azaltılabilir.



Şekil 5-8: Bir helikopterin gürültü kaynaklarının şematik olarak gösterilmesi [5]

5.2.2. Hava Akımı Gürültüsü (Aerodinamik Gürültü)

Uçaklardaki bir diğer gürültü kaynağı da, aerodinamik gürültü yoluyla hava akımını delen uçak parçaları tarafından meydana getirilir. Gövdeden hava akımının içine doğru uzayan antenler, menfezler, ölçüm araçları ve ayrıca ek yerleri, perçinleri ve bakım kapaklarının ağızları ve drenaj delikleri gibi tüm yapısal parçalar, uçuş esnasında hava akımına karşı türbülans ve gürültü yayan bir direnç meydana getirirler.

Esasen yapısal parçalar, daha uçak gövdesinin tasarımı ve dizaynı sırasında optimum yerleştirilmiş ve şekillendirilmiştir, ancak, örneğin bazı anten ve sensörler minimum mesafe ve montaj yerleri gerektirirler ve gürültüyü azaltacak biçimde yerleştirilmelerine ve dolayısıyla optimum bir gürültü azaltımına izin vermezler. Minimum düzeyde bir hava direnci ile ilgili olarak gövdenin aerodinamik bir iyileştirme, uçağın seyahat biçimi için, yani gövdenin yatay olarak bir hava akımına uğraması ile gerçekleşir. Ancak bu ön şart en azından kalkışta ve inişte geçerli değildir, çünkü burada uçak 8 – 12’lik bir kalkış açısıyla yükselmekte (hava akımına karşı uçağı ayarlama açısı 20 dereceye kadardır) ya da inişe geçişte 3 – 5 derecelik bir açıyla alçalmaktadır (hava akımına göre ayarlama açısı yaklaşık olarak +5 derecedir). Bunun sonucu olarak da söz konusu uçuş evrelerinde aerodinamik gürültüler artmaktadır.

Kanatlardaki yoğun gürültü emisyonlarının asıl nedeni uçağın açılmış iniş kapakları, (flaps), burun kapakları (slats) ve fren kapaklarıdır (spoiler). Açılmış durumda olan arka kanat kenarındaki iniş kapakları ve ön kanat kenarındaki burun kapakları kalkışta ve ayrıca yavaş uçuşta – yani inişe geçişte - daha yüksek itiş gücüne neden olurken, kanat yüzeyindeki spoiler (hız kesici kanat) direncin artması ve böylece uçağın frenlenmesi için kullanılmaktadır. Resim 5-9, aerodinamik gürültünün meydana gelmesinden sorumlu olan uçağın bazı bileşenlerini göstermektedir.



Resim 5-9: Taşıyıcı kanattaki aerodinamik gürültü kaynakları [6]

Bir diğ er önemli gürültü kaynağı da, özellikle ini e geçişte açılan iniş takımlarıdır. Günümüzde üretilen iniş takımları, dar bir alan içinde çalışmakta ve daha da kötüsü birbirlerini karşılıklı etkileyen çok sayıda ses kaynağını içermektedir. Resim 5-10, modern bir yolcu uçağının iniş takımlarındaki ses kaynaklarını göstermektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, günümüzde jet motorlu yolcu uçaklarının iniş takımlarının yaklaşık olarak 160 kt'da (yaklaşık 270 km/s) a ıldığıdır. Bu sayede hava direncinde ve buna bağlı olarak da gürültü emisyonlarında sonsuz artış meydana gelmektedir. Kalkış esnasında iniş takımlarındaki yüksek oranda hava direnci nedeniyle bunlar, havalandıktan sonra mümkün olduğunca çabuk içeri alınmakta ve bu sayede kısa bir süre için de olsa, bunun haricinde önemli ölçüde gürültülü motor takımı sesi tarafından bastırılan bir kalkış gürültüsüne yol açmaktadır.



Resim 5-10: İniş takımlarındaki gürültü kaynakları [6]

5.2.3. Zemin Gürültüsü

Kısmen de olsa hava taşıtları zeminde de, uzun süreli etkisinden ya da ağırlıklı olarak gürültü hassasiyetinin olduğu zamanlarda ortaya çıktığından, aşırı derecede rahatsız edici olabilen büyük gürültüler açığa çıkarmaktadır. Gürültü, hem yardımcı güç üniteleri aracılığıyla, hem de bakım yapıldıktan ya da motorlar tamir edildikten sonra gerekli olabilen motor takımı test s r  lerinde meydana gelmektedir.

Hava taşıtları yerdeyken, şayet hava taşıtlarının yer ile bağlantılı ikmali mümkün değilse, enerji tasarrufu, havalandırma ve motor takımlarının kendi başına çalışması için yardımcı güç ünitelerine ihtiyaç duyarlar (Auxiliar Power Units, APU). Söz konusu bu yardımcı güç üniteleri, alışlageldiği gibi hava taşıtının kuyruğuna monte edilmiştir ve yüksek oranda ve sürekli tekrarlanan gürültüler açığa çıkarırlar. Bunlar elektrik üretmek üzere flanş bağlantılı jeneratör ile kabinlerin ve uçak donanımının havalandırılması ve iklimlendirilmesi (nem ve temizlik sağlayan, gerekli hava akımını gerçekleştirmek) ve ayrıca motor takımlarının çalıştırılması için gerekli hava basıncının oluşturulması için bir kompresöre sahip küçük birer jet motorlarıdır. Pek çok hava alanında hava taşıtlarının ikmali için uçak güvertesine özgü yardımcı güç ünitelerinden daha iyi ve daha etkili bir biçimde gürültü azaltımı yapılabilecek zemin takımları hazır bulundurulur.

Motor takımı test sürüşleri alışageldiği üzere motorda ya da motorların ayar cihazlarında yapılan çalışmalar bitirildikten sonra ve hava taşıtlarının çalıştırılmasından kısa bir süre önce gerçekleştirilir. Bu nedenden dolayı çoğu zaman gece saatlerinde ve sabahın erken saatlerinde yapılmaktadır. Bu arada alışlageldiği üzere nispeten yüksek olan motor performans ayarlarının uzun süre korunması gerekir, böylece gerekli düzeltmeler yapılabilmektedir. Şayet hava alanı bölgesinde motor takımı test sürüşleri için her türlü yerleşim yerinden uzakta uygun park yerleri mevcut değilse, motor takımı test sürüşleri için düzeneklerin kurulması gerekir. Bu sistemler Bölüm 5.7’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

5.3. Uçak Gürültüsünün Kaynağında Azaltımı

Uçak gürültüsünün kaynağında azaltımı, en büyük başarıyı sağlamaktadır; ancak gürültü seviyesinin sonradan azaltımı esas olarak yüksek maliyetlere yol açmaktadır. Bu yüzden hava taşıtlarının tasarımının oluşturulması aşamasında, uçak gürültüsünün azaltımı yönünde gerekli önlemlerin alınması için tüm çabaların sarf edilmesi gerekir. Geçmişte daha sessiz çalışan hava taşıtları ile ilgili olarak gürültü ruhsat yönetmeliklerinin uygulamaya konması ile kesin olarak bir ilerleme sağlandığı görülmüştür. Bu yüzden bundan sonraki bölümde, ilkönce hava taşıtlarında gürültü ruhsat konusuna değinilecektir. Daha sonraki bölümde motor takımı gürültüsünün azaltımına yönelik önlemler ve son olarak da hava akımı gürültüsünün azaltımına yönelik önlemler anlatılacaktır.

5.3.1 Hava Taşıtlarında Gürültü Ruhsatı

Geçen yüzyıldaki 60'lı yılların başında jet motorlu uçakların kullanılması ile hava limanları yakınında oturanlar, jet motorlu uçakların aşırı bir biçimde artan gürültü emisyonlarına karşı bir hayli direnç geliştirmiştir.

Bu durum 1969 yılında ABD Hava İşletmeleri İdaresi (Federal Aviation Agency (FAA)) tarafından hava taşıtları ile ilgili dünya çapındaki ilk gürültü ruhsat yönetmeliğini (Federal Aviation Regulation (FAR) (Federal Havacılık Düzenlemesi) Bölüm 36 ile [8]) yayınlamasına neden olmuştur. Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (International Civil Aviation Authority (ICAO)) tarafından bu yönetmelik üzerinde ufak değişiklikler yapılmış ve 1974 yılında ICAO Ek 16 (ICAO Annex 16 to the Convention of Chicago...) [7 a] (ICAO Chicago Anlaşması EK 16...) yayınlanmıştır. 1981 yılında EK 16'ya hava taşıtlarının atık gazları ile ilgili bir ruhsat yönetmeliği olan ikinci bir cilt ilave edilmiştir [7 b] ve gürültü ruhsat yönetmeliği halen EK 16, Cilt 1'de yer almaktadır.

Uçak gürültüsü ruhsat işlemi, hem hava taşıtı açısından (motora bağlı olarak), hem de genel olarak uçak üreticilerinin içinde bulundukları tüm olumsuz gürültü durumlarını kapsayacak şekilde özel işletme şartlarını tanımlamaktadır. Jet uçakları ile ilgili gürültü emisyonlarının çeşitli ölçüm işlemleri mevcuttur (Bölüm 2, 3 ve 4; ilgili bölümlerde verilen bilgiler EK 16, Cilt 1'in 2005 tarihli son baskısı ile uyumludur); pervaneli uçaklar (uçağın kalkış ağırlığına göre Bölüm 3, 4, 5, 6 ve 11), helikopterler (Bölüm 8 ve 11) ve ses üstü uçaklar (Bölüm 12) ve ayrıca hava taşıtlarının yerde enerji ikmali yapması ve iklimlendirilmesi için yardımcı güç üniteleri (Auxiliar Power Units (APU)) (Bölüm 9 ve EK C). Aşağıda yer alan Tablo 5-1, ilgili bölümlerin her bir konu başlığına ve hava taşıtları için örnek ruhsat uygulamalarına açıklık getirmektedir:

Tablo 5-1: ICAO Ek 16, Cilt I'in içeriği

Bölüm	Hava Taşıtı Tipi	Örnek Ruhsat Uygulaması
1	Genel Hususlar	
2	Sessiz Jet Uçakları	1977'ye kadar
3	8618 kg ya da 5700 kg'ın Üstündeki Sessiz Jet Uçakları ve Pervaneli Uçaklar	1977'den 2005'e kadar
4	8618 kg ya da 5700 kg'ın Üstündeki Sessiz Jet Uçakları ve Pervaneli Uçaklar	2006'dan itibaren
5	8618 kg ya da 5700 kg'ın Üstündeki Pervaneli Uçaklar	1977'den 1985'e kadar
6	8618 kg'nun Üstündeki Pervaneli Uçaklar	1975'den 1988'e kadar
7	STOL Uçaklar	
8	Helikopterler	1985'den itibaren
9	Takılmış Yardımcı Üniteler (APU)	
10	8618 kg'ın Altındaki Pervaneli Uçaklar	1988'den itibaren
11	3175 kg'ın Altındaki (Hafif) Helikopterler	1993'den itibaren
12	Ses Üstü Uçaklar	--
13	Tilt – Rotor - Uçak	

Sessiz jet uçakları ve pervaneli uçakların gürültü ruhsatına ilişkin önemli kısımlar Bölüm 2, 3, 4 ve 5'te yer almaktadır. Sessiz jet uçakları için sınır değerler, Bölüm 3'ün ya da 4'ün uygulanmaya alınmasıyla, Bölüm 2 ya da 3'te yer alan sınır değerlerinin sıkılaştırılması sonucunda oluşturulmuştur. 8618 kg ya da 5700 kg'nun üstündeki pervaneli uçaklar için Bölüm 4'ün uygulamaya konması ile Bölüm 5 ya da 3'te yer alan sınır değerleri ile ilgili olarak aynı hususlar geçerlidir. Gürültü ruhsatı için Bölüm 2 ya da 5'te yer alan sınır değerleri, yeni taşıtların kullanıma sunulması ile eskilerde kaldığından bundan sonraki bölümde Bölüm 3 ve 4'e yer verilecektir.

EK 16'nın her bir bölümü, uçak gürültü ruhsatı ile ilgili detaylı bilgileri içermektedir. Söz konusu bilgiler, uygulanabilirlik (Applicability), gürültü ölçüm işlemleri (Noise Evaluation Measure), ölçüm noktaları (Reference Noise Measurement Points), azami gürültü sınır değerleri (Maximum Noise Levels), izin verilen sınır aşımaları (Trade-offs), uçak gürültü ruhsatına dair referans uçuş işlemleri (Noise Certification Reference Procedures) ve test işlemleridir (Test Procedures).

ICAO EK 16, Cilt I, Bölüm II'nin 2 no.lu ekinde gürültü tespit işlemlerinden olan gürültü ruhsat ölçümü, asıl gürültü ölçüm işlemi, gürültü algılama seviyesi EPNL'nin (Effective Perceived Noise Level / Etkili algılama gürültü seviyesi) EPNdB (Effective Perceived Noise Level in dB / Etkili algılama gürültü desibeli) olarak hesaplanması ve ruhsata ilişkin verilerin Ruhsat İşlemleri Dairesine aktarılması ile ilgili çerçeve şartları detaylı olarak anlatılmıştır.

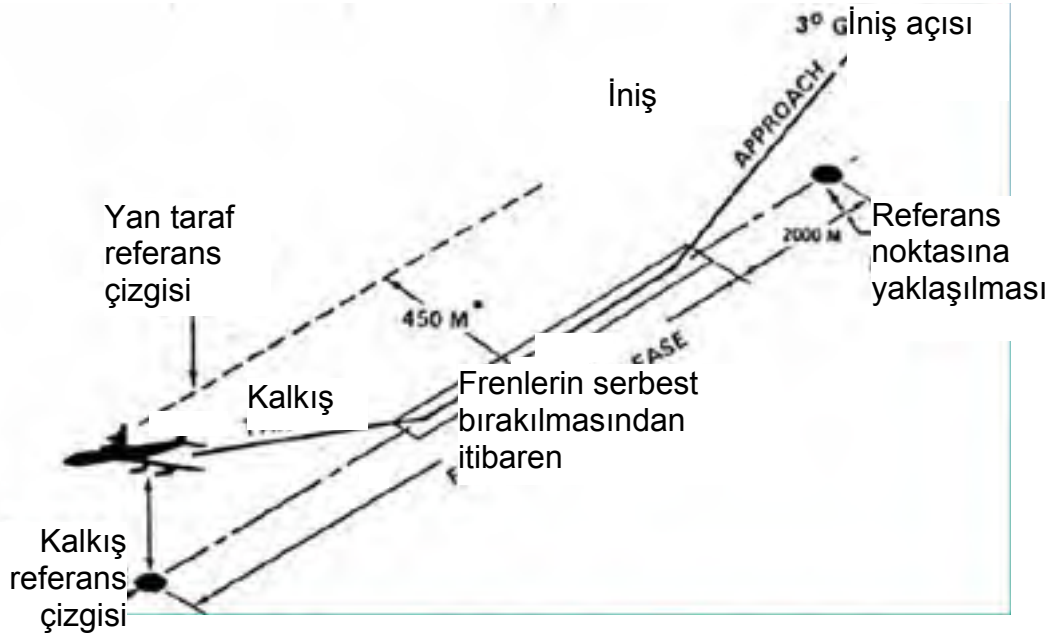
Böylece gürültü ruhsat yönetmelikleri bir yönüyle daima gürültü emisyonları ölçüm işlemlerini tanımlamakta, diğer bir yönüyle de gürültü emisyonları ölçüm işlemlerini belirlemektedir. Aşağıda yalnızca jet uçakları ve helikopterler ile ilgili ruhsat yönetmeliklerine detaylı olarak girilecektir.

5.3.1.1. Jet Uçakları ve Ağır Pervaneli Uçaklar için Gürültü Ruhsatı İşlemleri

Gürültü ruhsat işlemlerinin tespit edilmesiyle, genel olarak bir hava taşıtının bilhassa gürültülü işletim şartları ele alınmaya çalışılmıştır. Bunun için hem ölçüm yöntemini, hem de uygulanması gereken uçuş yöntemini ayrıntılı bir biçimde tespit eden gürültü emisyonu ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Kalkış prosedürü için iki ölçüm noktası mevcuttur:

- Kalkış pisti başlangıcının 6500 m mesafede bulunan ve doğrudan üzerinden uçulan kalkış yeri ölçüm noktası, ve
- Kalkış yolu orta çizgisine 450 m mesafede, uçağın kalkmasından sonra gürültünün en fazla olduğu yerde bulunan, yan taraf gürültü ölçüm noktası.

İniş prosedüründeki gürültü eşiği, 2000 m önünde yer alan ve 121 m yükseklikte aşılabilen bir ölçüm noktasında ölçülür. Şekil 5-11, bu üç ölçüm noktasının konumunu göstermektedir.



Şekil 5-11: ICAO EK 16, Cilt I, Bölüm 3 (ve Bölüm 4)’e göre jet uçakları ve ağır pervaneli uçaklar için gürültü ruhsatı ile ilgili olarak ölçüm noktaları

5.3.1.2. Jet Uçakları ve Ağır Pervaneli Uçaklar için Gürültü Kabul Sınır Değerleri

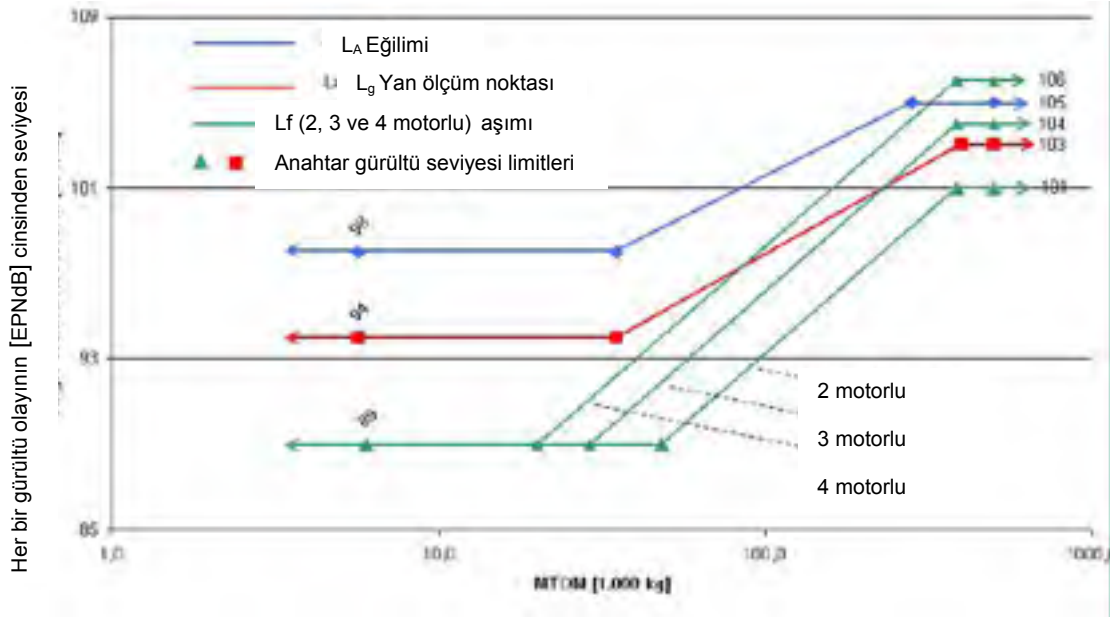
Bölüm 3’e Göre Ruhsat İzni

Gürültü kabul sınır değerleri, hava taşıtının taşıma kapasitesine, çalıştırılma durumuna (kalkış ya da iniş) ve yer yer motorların sayısına bağlı olarak tespit edilir. Bölüm 3’e istinaden bir jet uçağının ruhsatı ile ilgili Tablo 5-2’de sıralanan emisyon sınır değerleri geçerlidir:

Tablo 5-2: ICAO EK 16, Cilt I, Bölüm 3’e göre alınacak ruhsatlarda jet uçakları için gürültü kabul sınır değerleri

Ölçüm Noktası	2 motorlu	3 motorlu	4 motorlu
Kalkış yeri	89-101	89-104	89-106
Kalkış - Yan taraf Gürültüsü	94-103	94-103	94-103
İniş	98-105	98-105	98-105

Şekil 5-12, jet uçağının azami kalkış ağırlığına bağlı sınır değerlerini grafiksel olarak göstermektedir.



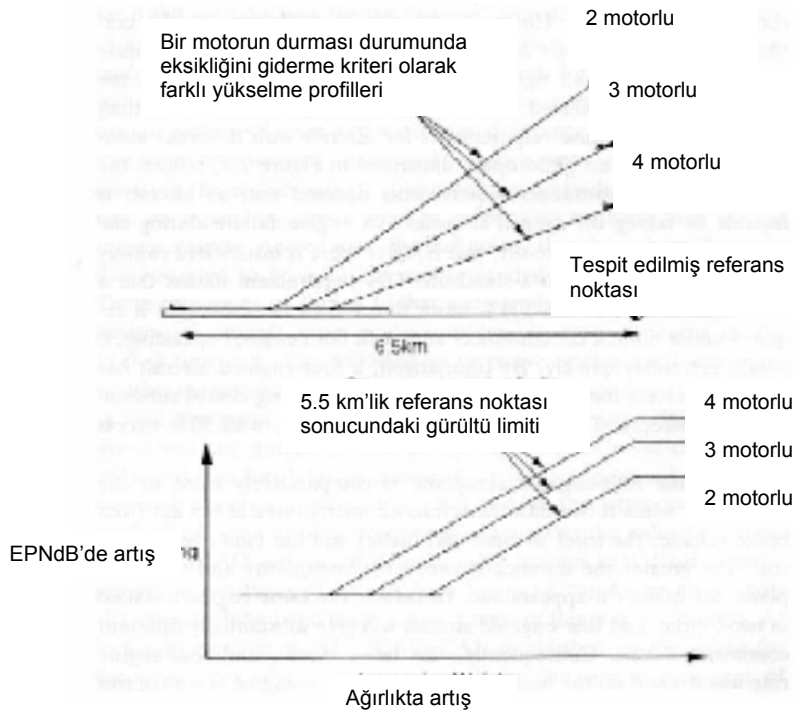
Şekil 5-12: ICAO EK 16, Cilt I, Bölüm 3'e göre alınacak ruhsatlarda sessiz jet uçakları için gürültü sınır değerleri

Ölçümlerde aşağıda yer alan şartlara sahip olmaları durumunda, sınır değerlerinin aşılmasına (Trade-offs) izin verilmektedir:

- Her üç noktada da sınır aşımı toplamı 3 dB'e kadar olabilir
- Ölçüm noktalarından herhangi birinde sınır aşımı 2 dB'e kadar olabilir ve
- Her değer aşımı sınırın altında kalan diğer ölçüm noktaları ile dengelenmelidir.

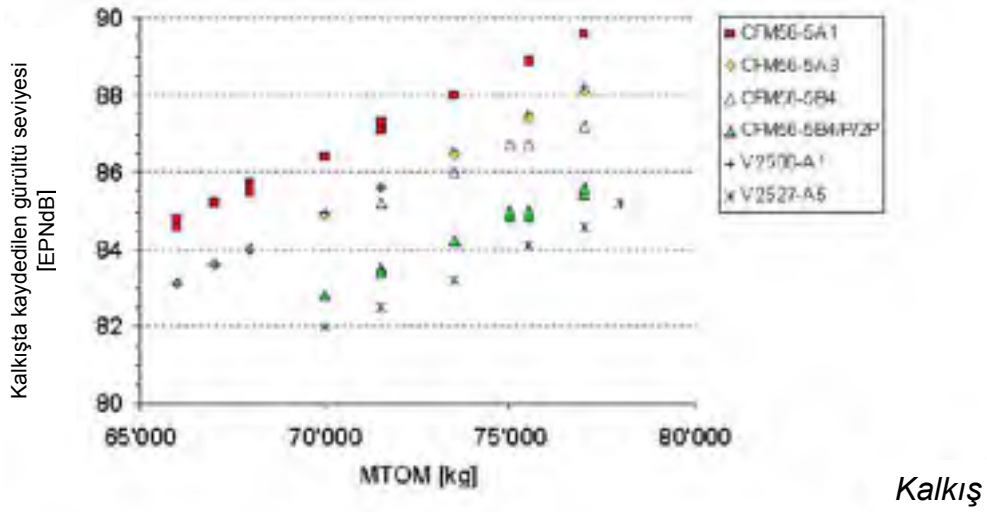
Gürültü emisyonları için ölçüm miktarı olarak EPNdB ölçü birimi ile birlikte, algılanan gürültü seviyesi EPNL (Effective Perceived Noise Level) seçilmiştir. Bu ölçü miktarı PNdB (Perceived Noise Level in dB) ile hesaplanır ve gürültünün rahatsızlık veren etkisini, gürültünün tonalite ve süresini dikkate almaktadır. Ölçü birimi EPNdB, yalnızca hava taşıtlarının gürültü ruhsatında kullanılır. Bu ölçünün tespit edilmesinin detaylı bir tanımı ve ölçülen EPNdB değerlerinin yaklaşık olarak L_{Amax} hesabına dönüştürülmesi EK 5-A'da verilmiştir.

Motorların sayısına bağılı olarak sınır değerleri arasındaki farklar, uçuş güvenliği yönetmeliklerinde gerekçelendirilmiştir. Çünkü kalkış prosedürü esnasında bir motorun durması durumunda uçağa takılı motorların gücü, sınırlı bir biçimde de olsa uçağın yükselmeye devam etmesine yetecek kadar olmalıdır. Çift motorlu jet uçaklarında bir motorun durması halinde motor enerjisinin yalnızca % 50'si kullanılabilir durumda olacağından, çift motorlu jet uçaklarında motor sayısı fazladır, çünkü geriye kalan motor takımı tam anlamıyla minimum düzeyde ihtiyaç duyulan motor gücünü de üstlenmek zorundadır. Buna karşılık 4 motorlu jet uçaklarında bir motorun durması halinde her zamanki motor gücü yalnız % 25 oranında eksilir. Bu demek oluyor ki, geriye kalan üç motor takımının kapasiteleri sınırlı oranda zorlanacaktır. Ortaya konulan bu kriterler, Şekil 5-13'de de görüldüğü gibi, gürültü emisyonlarını doğrudan etkilemektedir. Şeklin üst kısmında normal durumdaki – yani herhangi bir motorun durması söz konusu olmadan – güvenlik kriterleri nedeniyle farklı yükselme profili çizen emisyonlar gösterilmiştir. Sonuç olarak buradan, hemen altında yer alan ve motor sayısına bağılı farklı sınır değerleri ortaya çıkmaktadır.

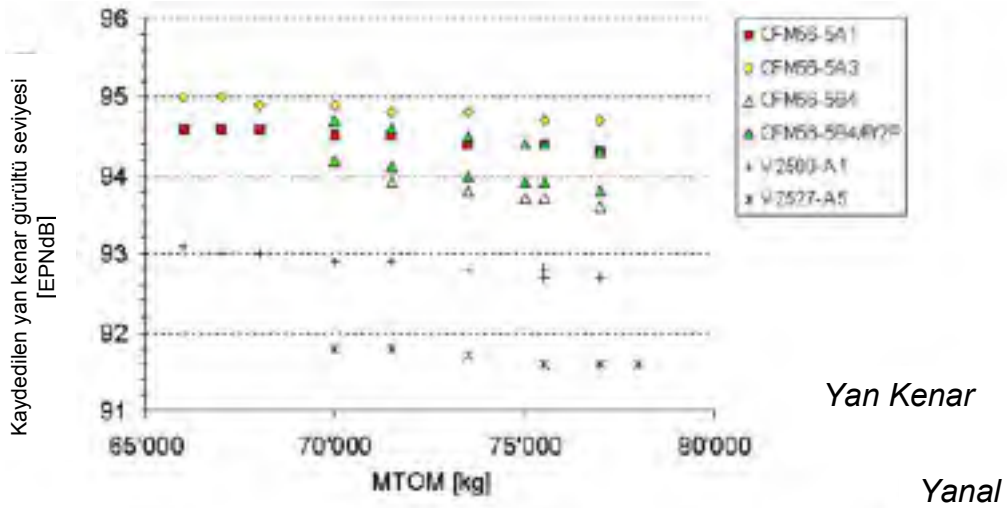


Şekil 5-13: Kalkış prosedüründe motor sayısına bağılı olarak gürültü sınır değerlerinin gerekçelendirilmesi [9]

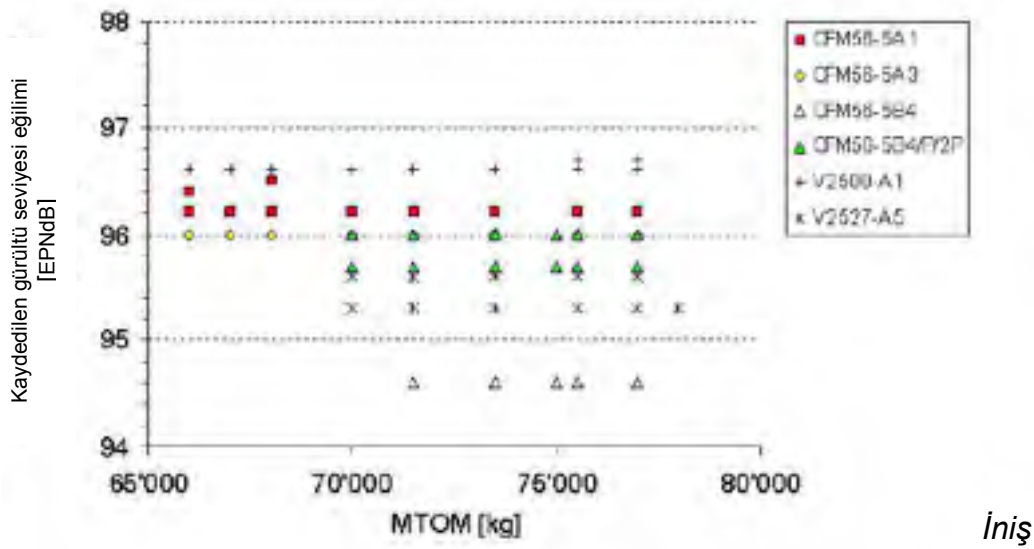
Kalkış yeri ölçüm noktası için A 320 uçak modelindeki motor takımı seçiminin ve maksimum taşıma kapasitesinin gürültü kabul sınır değerlerine olan etkisi Şekil 5-14'te, kalkış-yan taraf ölçüm noktasının etkileri Şekil 5-15'te ve iniş gürültüsü ölçüm noktasının etkileri Şekil 5-16'da gösterilmektedir.



Şekil 5-14: A 320 uçak modelinde maksimum taşıma kapasitesi ve motor takımı modeline bağlı olarak kalkış yeri ölçüm noktasında gürültü emisyonu ölçüm değerleri [10]



Şekil 5-15: A 320 uçak modelinde maksimum taşıma kapasitesi ve motor takımı modeline bağlı olarak yan kenar ölçüm noktasında gürültü emisyonu ölçüm değerleri [10]



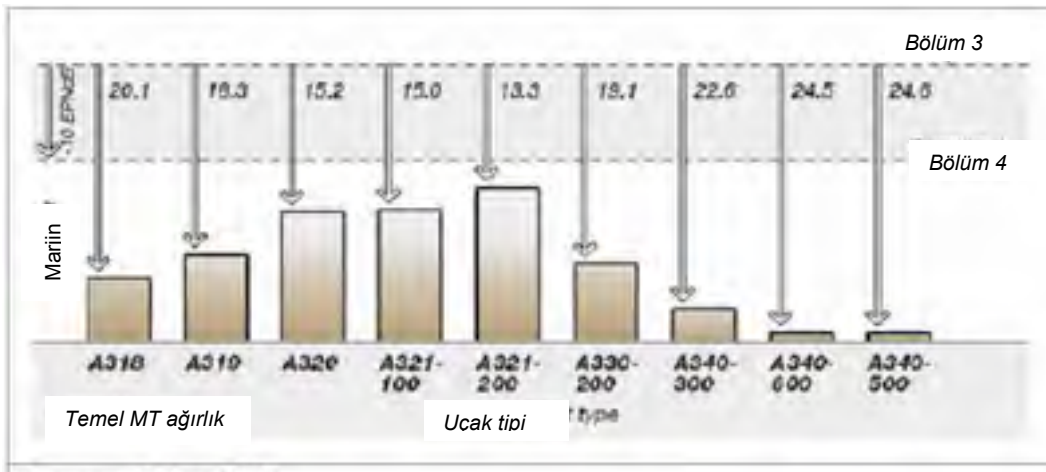
Şekil 5-16: A 320 uçak modelinde maksimum taşıma kapasitesi ve motor takımı modeline bağlı olarak iniş gürültüsü ölçüm noktasındaki gürültü emisyonu ölçüm değerleri [10]

Yukarıda yer alan şekillerden uçak işletmecisinin, az gürültü ile çalışan motor takımı kullanımında ve daha düşük maksimum taşıma kapasitesinde karar kılmakla gürültü emisyonlarına bir hayli etki edebileceği görülmektedir. Kalkış yeri ölçüm noktasının maksimum kalkış ağırlığı ile olan ilişkisi net bir biçimde görülebilmektedir; bu husus diğer iki ölçüm noktasında bu denli belirgin değildir. Kalkış yeri ölçüm noktasında, değişik motor tipleri ve maksimum kalkış ağırlıkları arasında yaklaşık 6,5 dB civarında bir fark olabilir; buna karşılık yan taraf gürültü ölçüm noktasında maksimum fark yalnızca 3 dB civarında ve iniş gürültüsü ölçüm noktasında, nerdeyse maksimum kalkış ağırlığından bağımsız olarak yalnızca 2 dB civarındadır.

Bölüm 4'e Göre Gürültü Ruhsatı

2001 yılında ICAO Çalışma Grubu CAEP (ICAO Committee on Aviation Environmental Protection Havacılık Çevre Komitesi), Bölüm 4'ün uygulamaya konması ile ilgili sunulan bir öneriyle sınır değerlerinin daha da sıkılaştırılması kabul etmiştir. Gerçi 01.01.2006 tarihinden itibaren uygulanan ruhsat örnekleri için bugüne kadar yürürlükte olan ve Bölüm 3'te yer alan aynı sınır değerler geçerlidir. Ancak ölçüm değerlerinin hiçbir noktasında sınır değerlerinin aşılmasına (Trade-offs) artık izin verilmemektedir.

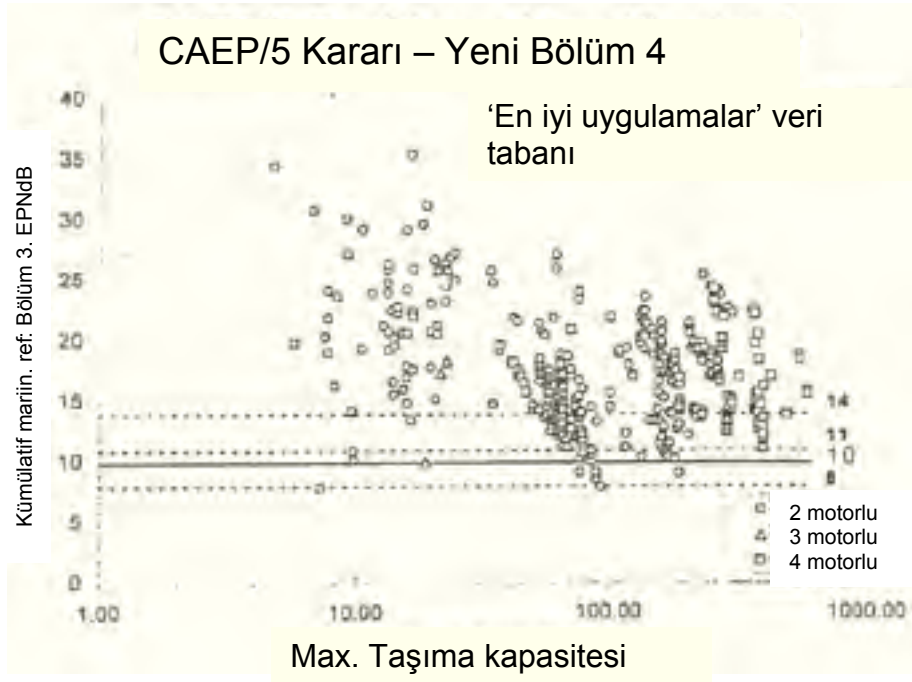
Daha çok, her üç ölçüm noktasındaki toplam farkın, tespit edilen ölçüm değerleri ile izin verilen maksimum sınır değerleri arasında 10 dB'den daha düşük olmaması gerektiği istenmektedir. Buna ek olarak üç ölçüm noktasından ikisinin ölçüm işleminde, sınır değerinde en az 2 dB'lik bir sınır değer bırakılmalıdır. Bu ilave şartlarla Bölüm 3'te yer alan sınır değerlerin tümüyle sıkılaştırılması söz konusudur. Fakat uygulamada günümüz modern uçakları, Bölüm 3'te yer alan sınır değerlerine ilişkin bir hayli yüksek bir sınır değerine sahiptir. Şekil 5-17, Airbus firmasına ait uçaklarda 13,3 dB'den 24,6 dB'e kadar ulaşan her üç ölçüm noktasındaki sınır değerlerinin kümülatif altında kaldığını göstermektedir.



Kaynak: Airbus 2004

Şekil 5-17: Airbus firmasına ait uçaklarda her üç ölçüm noktasındaki ölçüm değerlerinin kümülatif altında kalma göstergesidir [11]

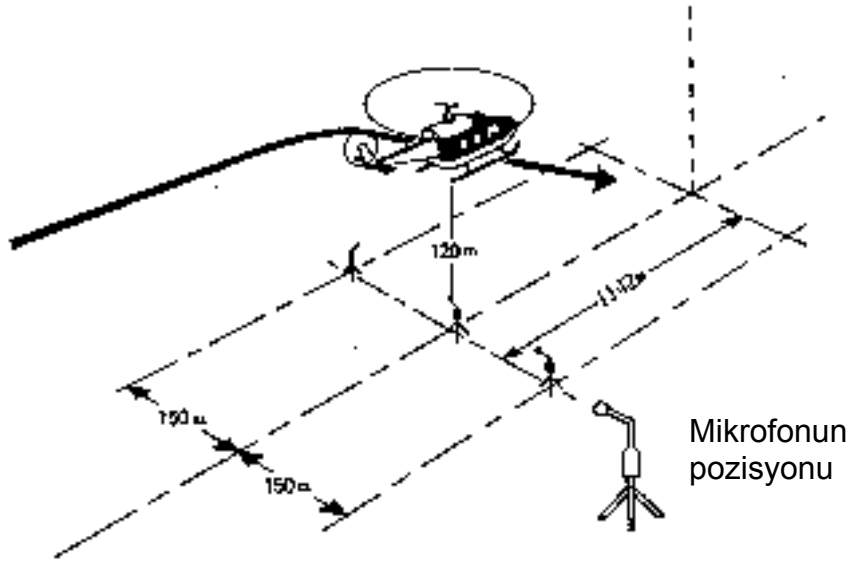
Uluslararası uçak filosunun (Best Practice Database / En İyi Pratik Veri Tabanı) tamamına yönelik durumun aynısını, ICAO'nun Bölüm 3'te yer alan gürültü kabul sınır değerlerinin sıkılaştırılması kararına esas teşkil eden Şekil 5-18 göstermektedir. Bu resimde azami kalkış ağırlığı üzerinden üç ölçüm noktasındaki sınır değerlerinin kümülatif düşüşü görülmektedir. Ayrıca, sınır değerlerinin 8,10 11 ve 14 dB'lik kümülatif düşüşüne yönelik sınır hatları da görülmektedir. Üç sınır değerinin sadece on dB'lik bir kümülatif düşüşünde dahi, mevcut uçak örneklerinin büyük bölümüne Bölüm 4'e göre izin verilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.



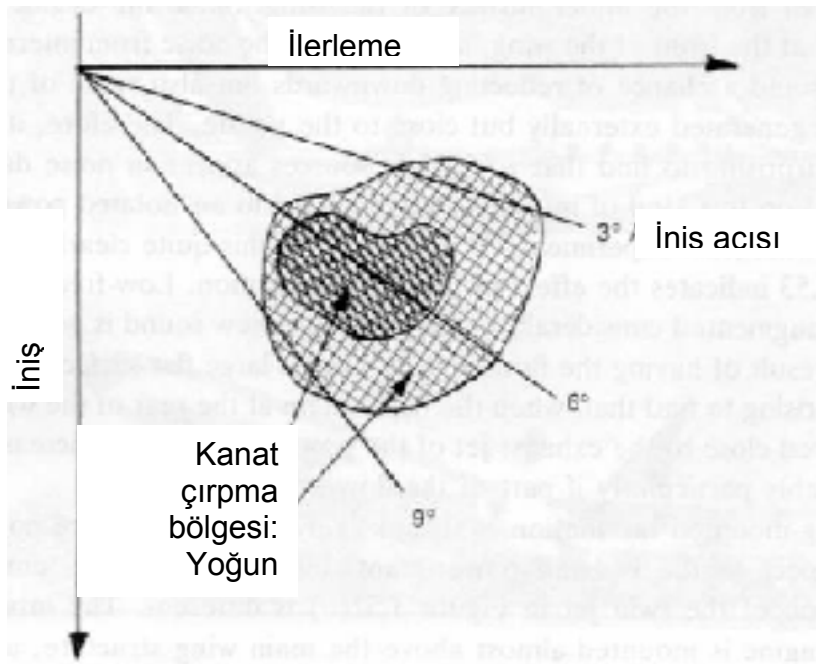
Şekil 5-18: Bölüm 3 sınır değerlerinin kümülatif alt sınırı [12]

5.3.1.3. Helikopterler için Gürültü Emisyonları Ölçüm İşlemi

ICAO gürültü ruhsat yönetmelikleri, genel anlamda hava taşıtlarının gürültü kabul ölçümünde gürültü emisyonları ile ilgili olarak uygunsuz işletme şartlarında kullanılıp kullanılmadığının tespitini ön görmektedir. Bu husus helikopterlerin gürültü kabul işlemlerinde çok açık bir biçimde görülmektedir. Şekil 5-19’da inişe geçişteki uçuş profili ortaya konulmuştur. Yeterli uçuş yüksekliğine ulaşılmamasından başlayarak, ölçüm yerine erişmeden önce 6 derecelik bir iniş açısı ile alçalma uçuşuna geçilir. Bu iniş açısında, Şekil 5-20’nin de gösterdiği gibi, helikopter maksimum kanat çırpınışıyla (“Blade slap”) hareket ettirilir. Bu şekil üzerinde bir helikopterin inişe geçişi için gerekli 3^0 , 6^0 ve 9^0 derecelik iniş açıları ve maksimum kanat çırpma şekli resmedilmiştir.

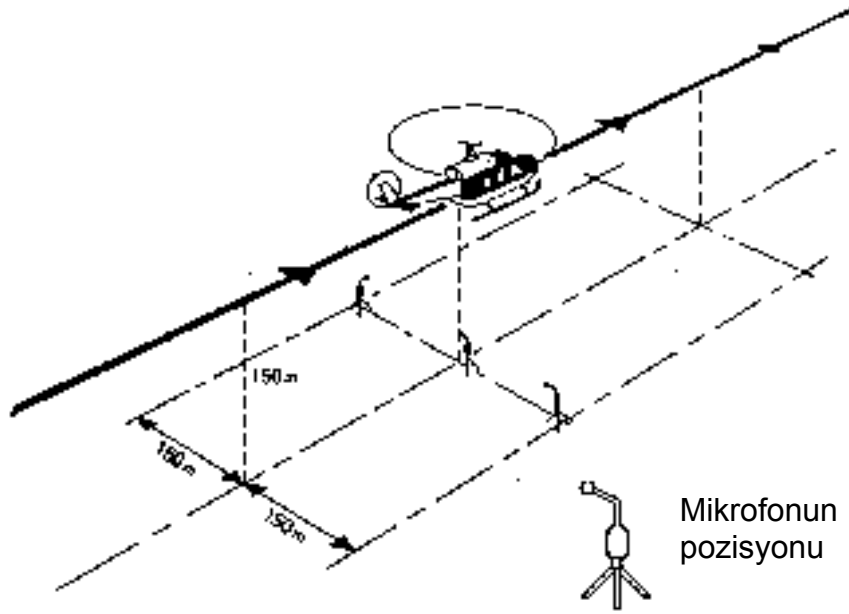


Şekil 5-19: Helikopterlerin inişe geçişlerinde ruhsat ölçüm işlemleri için tespitler yapılması [5]

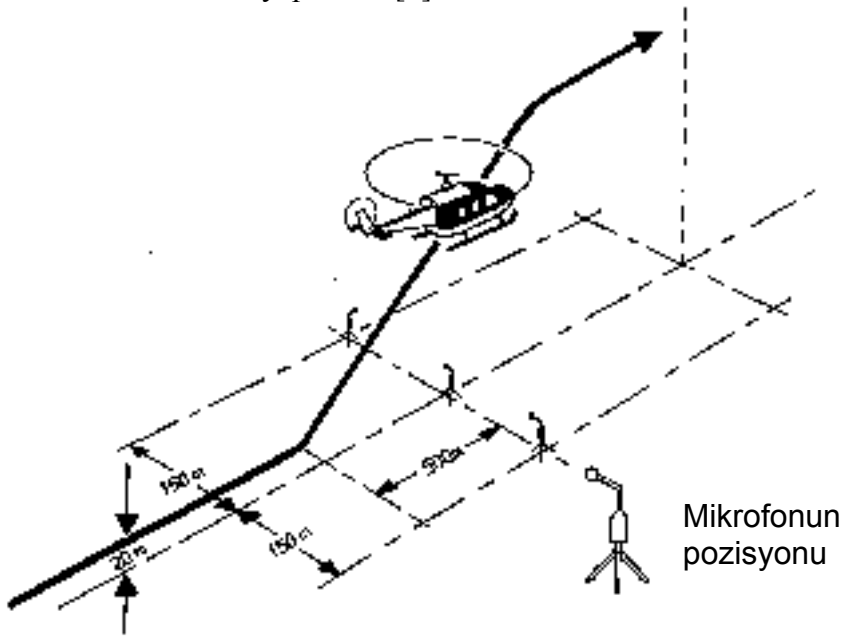


Şekil 5-20: Alçalma derecesi, iniş açısı parametrelerine bağlı olarak kanat çırpma ("Blade slap") [9]

Şekil 5-21 ve Şekil 5-22'de, helikopterlerde ruhsat ölçüm işlemi ile ilgili geri kalan iki uçuş prosedürü de (yüksek hızda havalanma ve kalkış prosedürü) konuyu tamamlamak açısından ortaya konmuştur.



Şekil 5-21: Helikopterlerin yatay uçuşları ile ilgili ruhsat ölçüm işlemleri için tespitler yapılması [5]



Şekil 5-22: Helikopterlerin simule edilmiş kalkış prosedürleri ile ilgili ruhsat ölçüm işlemleri için tespitler yapılması [5]

5.3.2. Motor Takımı Gürültüsünün Azaltımı

Motor takımı gürültüsünün azaltımına yönelik tartışmalarda mevcut hava taşıtları ile yeni geliştirilecek olan hava taşıtlarını birbirinden ayırmak gerekir. Aşağıda ilkönce var olan hava taşıtlarına ilişkin olası yöntemler ele alınacaktır.

Jet motorlu uçaklarda, Bölüm 5.2.1’de ortaya konduğu gibi atık gaz püskürme hızının düşürülmesi yoluyla bir gürültü azaltma sağlanmalıdır. Bu durum ayrıca sıcak ve hızlı ilerleyen atık gaz yayılması ile aksine çevredeki yavaş ilerleyen havanın birbiriyle hızlı bir biçimde karışmasını sağlayan bir karıştırıcı sayesinde elde edilir. Şekil 5-23 sonradan motora takılan bir karıştırıcıyı göstermektedir. Ancak karıştırıcı nedeniyle motorun itme gücü azalır ve bunun sonucunda, üstelik motora taşınması gereken bir de karıştırıcının ağırlığı eklendiği için yakıt tüketimi artar.



Şekil 5-23: Bir jet motoruna sonradan takılan bir karıştırıcı [3]

Birinci jenerasyon motor takımları ile donatılmış olan daha eski uçak modelleri, genel olarak gürültü azaltımına yönelik motorun içine ya da üstüne bir “soğurucunun” takılmasına imkan verir. Bir yandan da dışarıdaki soğuk havayı, püsküren sıcak atık gaz ile daha hızlı karıştırması için püskürtücü çıkışına bir karma meme takılabilir. Şekil 5-24, bir Boeing B707 uçağının motorlarına takılmış “corrugated nozzle (kırımlı meme) formundaki böyle bir soğurucuyu (emiciyi) göstermektedir. Burada memenin kırımlı formu nedeniyle etraftaki hava doğrudan püsküren sıcak atık gazın içine yönlendirilir ve sonuç olarak püskürme hızı azaltılır. Bu şekilde 6 ila 10 EPNdB’lik bir gürültü azaltımı elde edilebilir.

Fakat bu önlem şekli de motorun itme gücünde kayıplar yaşanmasını ve ağırlığının artmasını ve dolayısıyla fazladan yakıt tüketimini beraberinde getirmektedir.



Şekil 5-24: Bir Boeing B707 uçağındaki soğurucular [1]

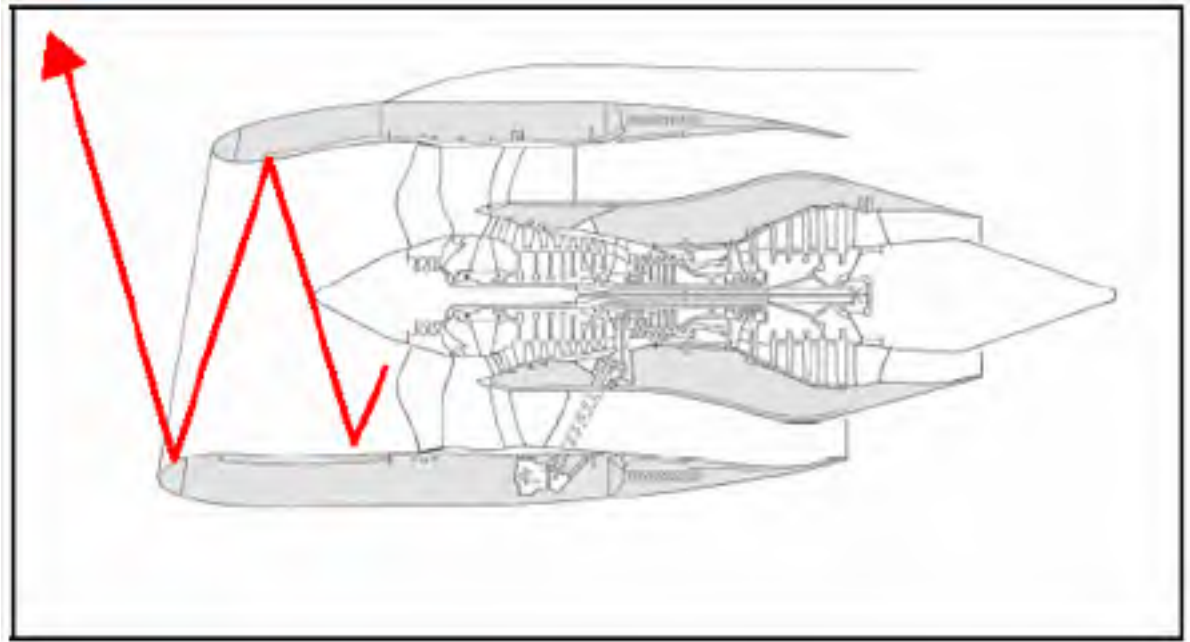
Bir diğer yöntem de hava taşıtının “Hush-Kits” (soğurucu donanımlar) yardımıyla yeniden donatılmasıdır, ki bu teçhizatlar mevcut uçakların yeni hava taşıtları için geçerli olan sınır değerlerine ulaşmasını sağlayabilmektedir. Fakat yeni bir uçak konstrüksiyonu, her zaman gürültü ortamının belirgin bir biçimde iyileştirilmesini sağlarken, maalesef bu tarz girişimlerle sınır değerleri ancak korunabilmektedir.

Şekil 5-25, bir Boeing B737-200 uçağına monte edilen Hush-Kits’leri göstermektedir. Bu noktada bu tür gürültü azaltma önlemlerinin de motorda güç kayıplarına, Hush-Kit motor takımı nedeniyle uçağın ağırlığının artması nedeniyle taşıyacağı yük miktarının azaltımına ve fazladan yakıt tüketimine yol açtığını belirtmek gerekir.



Şekil 5-25: Boeing B737 uçağında bir Hush-Kit [13]

Eğer jet gürültüsünün azaltımı ile başka motor bileşenlerinin gürültüsü öne çıkıyorsa, bu durum gürültü azaltımına ilişkin ilave önlemlerin alınmasını zorunlu kılar. Şekil 5-26, fan sesinin doğrudan yere ulaşmasını önleyen özel bir motor girişi şeklini göstermektedir. Şayet motor girişi buna ek olarak sesi soğurucu malzeme ile kaplanmışsa, fanın yansıyan sesi ayrıca azaltılır. Uçuş gürültüsü azaltımına ilişkin bu imkan esas olarak hem mevcut, hem de bilhassa yeni uçaklarda uygulanabilir.

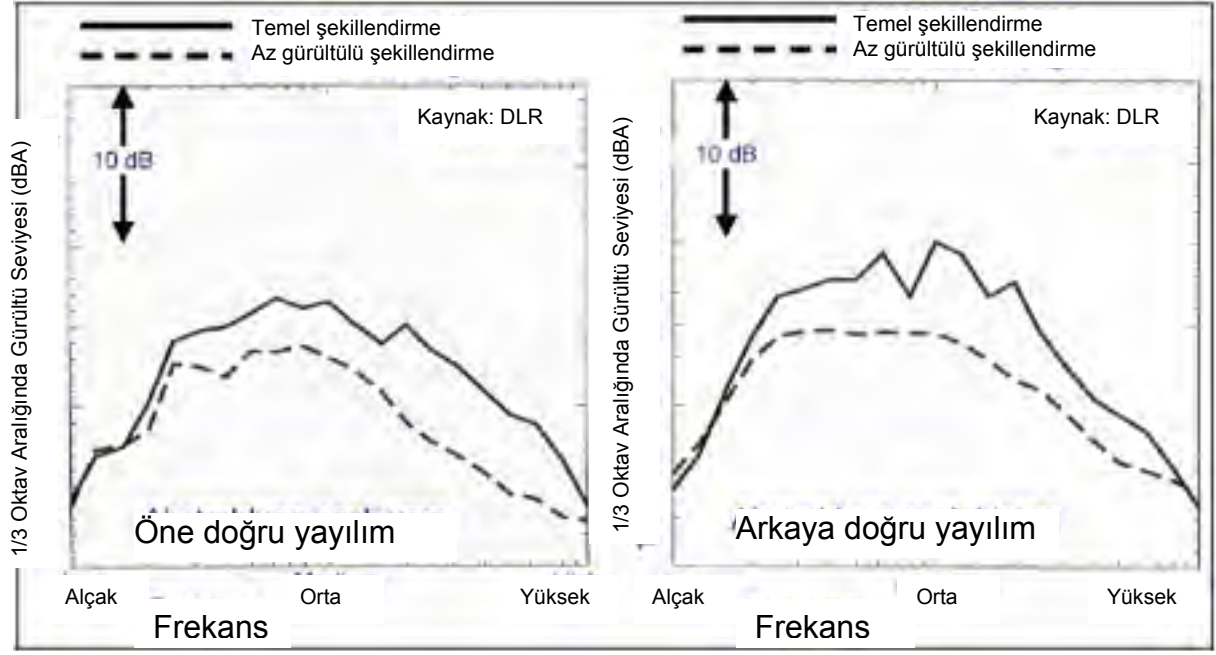


Şekil 5-26: Motor girişine özel bir şekil verilerek gürültü azaltımı sağlanması ("Scarfed Inlet") [3]

5.3.3. Etraftaki Hava Akımı Gürültüsünün Azaltımı

Etrafı kuşatan hava sirkülasyonunun gürültüsünün azaltımında, basitçe söylemek gerekirse, uçak gövdesinin mümkün olduğunca kaygan bir dış yüzeye sahip olması söz konusudur. Bu demek oluyor ki, burada söz konusu olan önemli ölçüde, örneğin anten ya da birikinti boruları gibi çıkıntılı sensörlerin mümkün olduğunca hava akımına uygun şekilde yerleştirilmesidir. Ancak tüm bu çabalar doğa şartları ve sensörlerin maruz kaldığı şartlardan dolayı sınırlı oranda etkili olmaktadır. Kapaklar ve ön kanatlar gibi uçağı kaldırmada yardımcı olan üniteler de ayrıca hareket etmek için hava akımının içine uzanan ve dolayısıyla hava girdapları ve gürültü meydana getiren destek elemanlarına ihtiyaç duymaktadır. Günümüz uçak konstrüksiyonlarında bu destek elemanlarının kullanımı kaçınılmaz olmaktadır.

Bir araştırma çalışmasında, mevcut bir uçaktaki taşıyıcı yüzeyde meydana gelen aerodinamik gürültü kaynaklarının maksimum azaltımı test edilmeye çalışılmıştır. Alınan her bir önlemdaki olası gürültü seviyesi azaltmaları, farklı frekans aralığında ortaya çıkmaları nedeniyle hesaplanamadığından, Şekil 5-27’de her bir önlemin toplam gürültü azaltımı verilmiştir. Bu arada gürültü emisyonları ile ilgili olarak uçağın temel biçimine ait her bir gürültü emisyonunun karşısına, gürültü azaltma önlemlerindeki gürültü emisyonları, frekansa bağlı olarak öne doğru (resmin sol tarafı) ve arkaya doğru (resmin sağ tarafı) getirilir. Öncelikle burada önemli derecede ve en şiddetli biçimde algılanan ortalama frekans aralığında belirgin ses seviyesi düşüşlerinin sağlanabileceği açıkça görülmektedir. Fakat bu konunun, seçilmiş ve ses azaltımını maksimize edecek şekilde elden geçirilmiş bir uçak modelinde uygulanmış olan bir deneyin sonucu olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Maalesef söz konusu araştırma sonucunun genel bir geçerliliği olduğuna ilişkin bir veri elde mevcut değildir.



Şekil 5-27: Alınacak kombine önlemler ile taşıma yüzeyinde meydana gelen aerodinamik gürültü kaynaklarının azaltımı [6]

Hareket düzeni, inişe geçiş esnasında ortaya çıkan ana ses kaynaklarından biridir, çünkü yaklaşık olarak 270 km/h'lik bir hıza sahip hava akımında hareket düzeninin işlemesi bir hayli yüksek gürültüye yol açmaktadır. Teorik açıdan hareket düzeni teknolojisinde prensip olarak değişiklik yapılması bir iyileştirme sağlayabilir. Ancak bu husus gerçek dışıdır, çünkü bugüne kadar uygulanan teknikler kendini tümüyle kanıtlamıştır ve üstelik bunun dışına çıkabilecek eşdeğerde bir çözüm üretileceği ufukta görünmemektedir. Bu nedenden dolayı halen mevcut olan düşünceye dair çözümler ışığında, aerodinamik elemanların yalnızca kısmen kaplanmaları mümkündür.

Bir araştırma çalışması kapsamında bu imkan araştırılmıştır. Gürültü tekniği açısından optimum bir çözüm, tamamen kaplanmasına yöneliktir ve bu konu Şekil 5-28'de gösterilmiştir. Bu şekilde yapılan bir deneyde 10 EPNdB civarında bir ses azaltımı elde edilmiştir. Uçak tekerleklerinin üstlerinin kapanacağından dolayı tam bir kaplama yapılması, tabii ki tamamen gerçeğe aykırıdır ve bu yüzden bu çalışma, yalnızca akademik bir tespiti ortaya koymaktadır; konunun seçilmesinin nedeni ise hareket düzenlerinde maksimum bir gürültü azaltımı olasılığını belirlemek içindir.



Kaynak: DLR

Şekil 5-28: Bir hareket düzeninde aerodinamik bir yuva içine alınması (tamamen kaplama) yoluyla maksimum gürültü azaltımı [6]

Esas olarak gürültü azaltma önlemlerinin kaynakta en etkili yöntem olup olmadığı belirlenmelidir. Ancak sonradan uygulanacak etkileme yöntemleri sınırlı olup esas itibariyle bunların kullanımı bir hayli dezavantaja sahiptir. Diğer taraftan yeni uçak konstrüksiyonlarında bu önlemler seçilmelerine bağlıdır, çünkü ancak o zaman hava taşıtının topyekun ele alınması hususuna dikkat edilerek bir optimum elde edilebilmektedir. Ne bir devlet, ne de bir havacılık kuruluşunun çevre dostu hava taşıtlarının kullanıma sunulması için baskı uygulayacak bir konumda olmadığı aşikardır. Bu önlem şekli daha çok uluslararası arenada, özellikle de yeni hava taşıtları için gürültü ruhsat yönetmeliklerinin ortaya konmasıyla sağlanabilir. Kaynakta alınacak gürültü azaltma önlemleri, sadece adım adım ve bin bir güçlükle uygulamaya konulduğundan bundan sonraki bölümde anlatılan işletilmeye bağlı uçak gürültüsü önlemlerinin önemi büyüktür, çünkü kısa vadede yerine getirilebilmektedir.

5.4 İşletmeye Dayalı Önlemler

Aşağıda anlatılan ve uçağın kullanımı ile ilgili önlemler, gerek yeni, gerekse de mevcut olan hava taşıtlarında etkili olmaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, spesifik önlemlerin her iki uçak tipinde de bir optimum elde edebilmek için şartlara bağlı olarak alınması gerektiğidir. Konuyu tamamlamak bakımından gürültü azaltma imkanlarını ortaya koymak için aşağıda, ilkönce halihazırda uygulanmakta olan ve uçağın iniş ve kalkış yöntemlerine ilişkin işlemlere açıklık getirilmiştir. İlk etapta gürültü azaltımı ile ilgili kalkış prosedürü konusuna değinilecek ve daha sonra da gürültü azaltımı ile ilgili iniş prosedürüne açıklık getirilecektir.

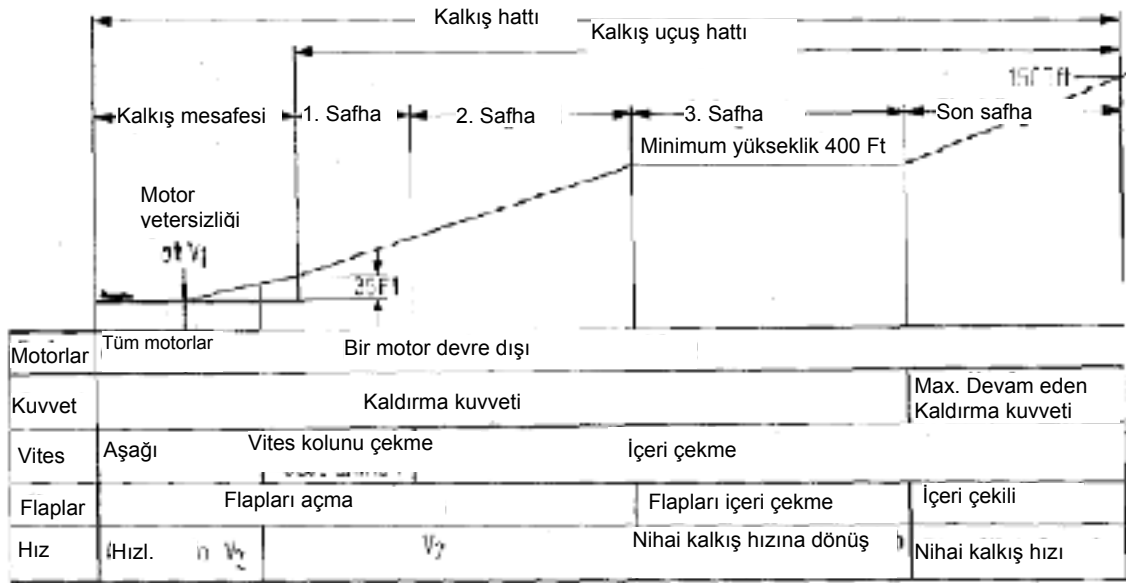
Havadaki güzergah uçuşları, esas itibariyle halkın uçak gürültüsünden olumsuz etkilenmesine yol açmadan gerçekleşmektedir ve bu yüzden burada ele alınmayacaktır. Bu arada çoğu zaman alçak mesafede seyreden ve dolayısıyla pekala olumsuz etkilere neden olan ve genel anlamda havacılıkta var olan pervaneli uçakların güzergah uçuşları ve helikopter uçuşları burada birer istisnadır.

Uçak güzergahları ve prosedürleri, uçuş güvenliğinden sorumlu makam tarafından işlenir ve ICAO tarafından ele alınmış prosedürler çerçevesinde hareket edilir (bu husus diğer konularla birlikte PANS-OPS, Cilt I ve II’de yer almaktadır [14]). Buradaki hususlar Almanya’da yönetmelikler şeklinde uygulamaya konulmaktadır ve dolayısıyla hukuki geçerliliği vardır. ICAO düzenlemeleri, öncelikli olarak güvenli ve ekonomik hava trafiğine ilişkin Chicago Anlaşmasında belirlenen hedeflere dayanmaktadır. Eskiden uçağın iniş ve kalkış prosedürünün yapılandırılmasına yönelik yönetmelikler esas olarak güvenlik, tasarruflu kullanım ve kolay uçuş açısından ele alınarak çıkarılmıştır. Ancak çok sonraları uçak gürültüsü ve bunun azaltımı konusu da ilave edilmiştir.

Hava limanlarının, uçuş rotalarının uçuş güvenliği birimleri tarafından gürültü yönünden optimum bir biçimde oluşturulmasından bağımsız olarak uçuş hattının belirlenmesi ve böylece uçağın iniş ve kalkış rotalarının çevredeki yerleşim bölgelerine mümkün olduğunca az zarar verecek şekilde tespit etme imkanının olduğunu bu noktada belirtmek gerekir. Motor takımı test sürüşleri de, eğer özel bir gürültü azaltma önlemi uygulanmıyorsa, belli zamanlarla sınırlandırılabilir (Bölüm 5.7 ile karşılaştırın).

5.4.1. Gürültü Azaltıcı Kalkış Prosedürü

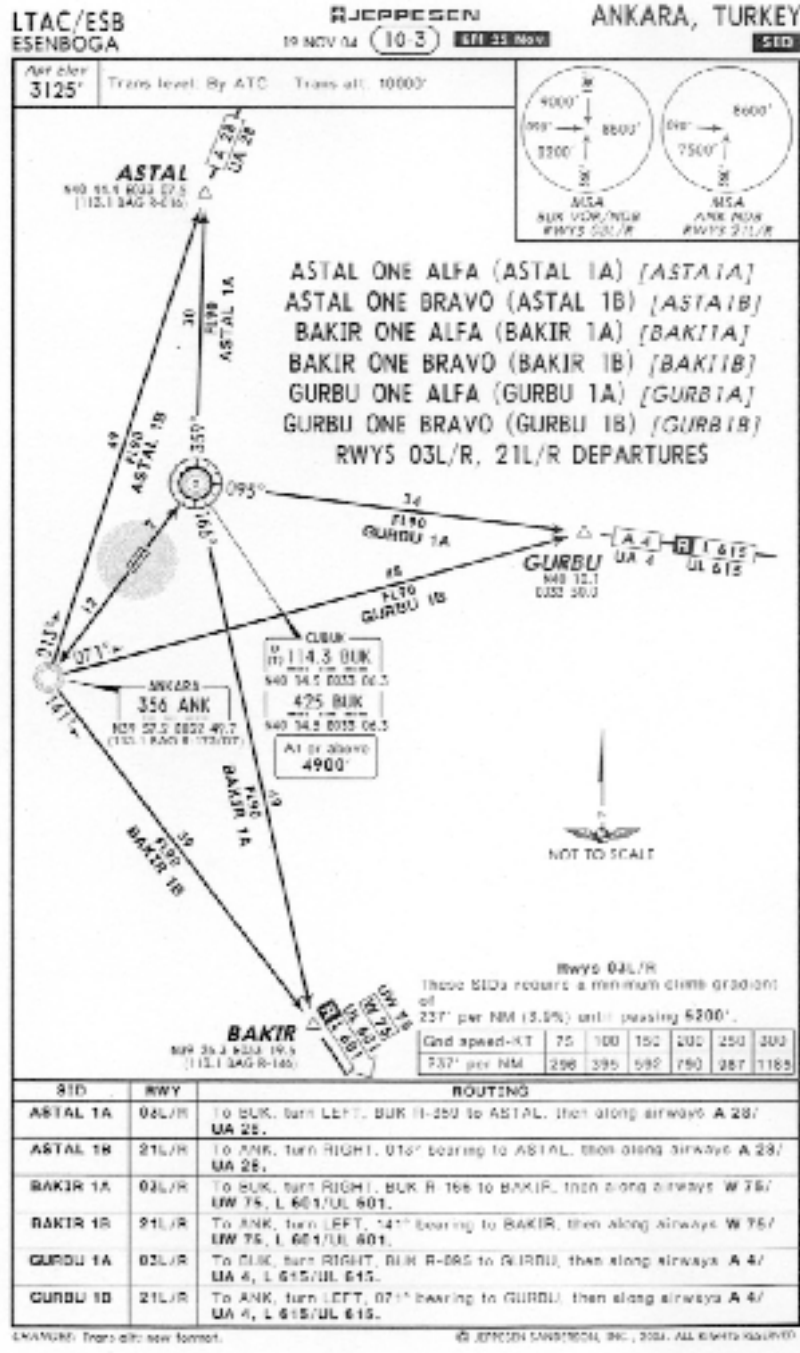
Hava trafiğini kolaylaştırmak için özellikle deneme uçuş ruhsatlarında ve acil durumlarda kullanılan Standard Kalkış Prosedürü uygulamaya konmuştur. Bu süreçte kalkış prosedürü safhalara ayrılır ve bu safhalar için hava taşıtının kullanım parametreleri belirlenir. Şekil 5-29, motor gücü, alt sistem biçimi, kanat ayarı ve uçuş hızına dair verilerle birlikte standart kalkış prosedürünü şematik olarak göstermektedir.



Şekil 5-29: Standard Kalkış Prosedürü

Standard Kalkış Prosedürü, yıllardan beri uçağın kullanımına dair uygulamada kendini kanıtlamıştır ve üstelik de en ekonomik prosedürdür, çünkü direnci yüksek kalkış biçimi (büyük kanat ayarı) yalnızca kısa bir süre için korunmakta ve böylece hem yakıttan hem de zamandan tasarruf sağlanarak uçuş gerçekleştirilebilmektedir.

Asıl kalkış rotasının izlenmesi, Standart Aletle Kalkışlar (SID'ler) yardımıyla gerçekleşir. Böylece rotanın izlenmesi, açık bir biçimde tanımlanmış ve Havacılık El Kitabında (Aeronautical Information Publication, AIP) yayınlanmıştır. Şekil 5-30, alt kısmında SID'lerin fiili anlatımının yer aldığı Ankara Hava Limanının (ESB) standart kalkış hattının (SID'ler) grafiksel çizimini göstermektedir.



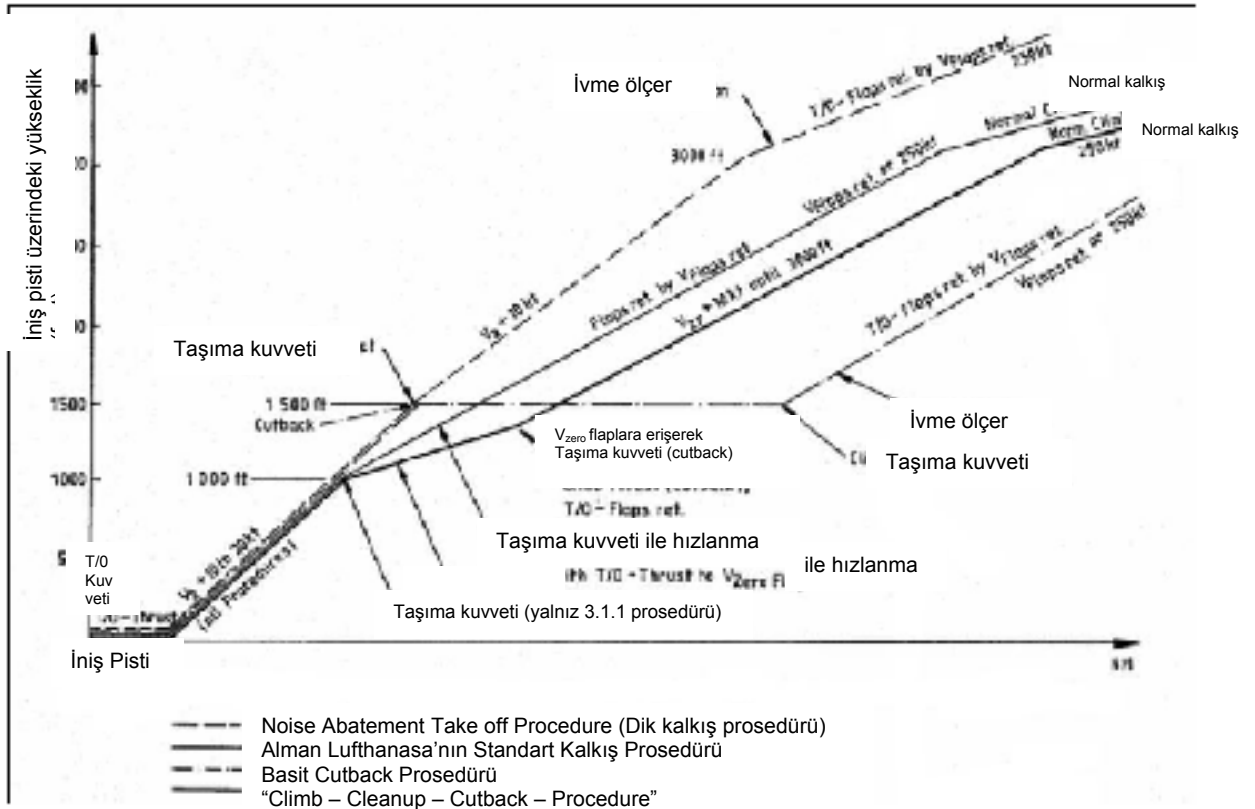
Şekil 5-30: Ankara Hava Limanı için Standard Aletle Kalkış hattı (SID'ler)
(Harita görünümü ve fiili anlatımı) [15]

Gürültü tekniği ve uçuş açısından bakıldığında gürültü kaynağı (yani hava taşıtı) ile yer arasındaki mesafenin mümkün olduğunca artırılması için olabildiğince hızlı yükselmek daha anlamlı olmaktadır. Fakat hızlı bir kalkış yüksek bir motor gücü ve kaldırma kuvveti için de flapların açılmasını gerektirmektedir ve dolayısıyla da gürültü emisyonları artar.

Buna ek olarak, uçuş hızının daha dar hücum açısına sahip bir kalkışa göre yer üstünde açılmış flaplarla ve kalkış esnasında daha düşük ve gürültünün etki süresinin daha yüksek olduğuna dikkat edilmelidir. Bu yüzden bir yerleşim yerinin hava limanından ne kadar uzakta olduğu belirleyici olmaktadır. Mevcut durumda açılmış flaplarla ve düşük bir hızla daha da yükseğe uçmak mı, yoksa kapalı flaplarla ve yüksek bir hızla daha alçak uçmak mı tercih etmek gerektiği hususunun çok iyi değerlendirilmesi gerekir.

Standart kalkış prosedürünün yanı sıra farklı avantaj ve dezavantajları ile aşağıda belirtilen gürültü azaltıcı kalkış süreci, uluslararası boyutta kendini kabul ettirmiştir (Şekil 5-31):

- Gürültü Hafifletmeli Kalkış Prosedürü (Noise Abatement Take off Procedure)
- Kesme Prosedürü (Gaz kesme'deki kesme anlamıyla) (Cutback-Procedure) ve
- Tırmanma-Temizleme-Kesme-Prosedürü (Climb-Cleanup-Cutback-Procedure)



Şekil 5-31: İşletim parametreleri ile gürültü azaltıcı uçuş prosedürü [16]

Bu her üç prosedür ve standart prosedür de aşağıda yer alan parametrelerle birbirlerinden ayrılır:

- Uçuş hızı
- Motor verim ayarı (Thrust) ve
- Kanat ayarı (Flaps).

Her prosedürde birinci kalkış safhası, 1000 ft'lik (yaklaşık 305 m) bir uçuş yüksekliğine erişilene kadar geçen süreci kapsamaktadır. Parametrelerin farklı türü ya da tipleriyle (uçuş hızı, motor verim ayarı ve kanat ayarı) uçuş yüksekliğine ve motor verimine ve böylece gürültü emisyonlarına bu yükseklikten etki edilir.

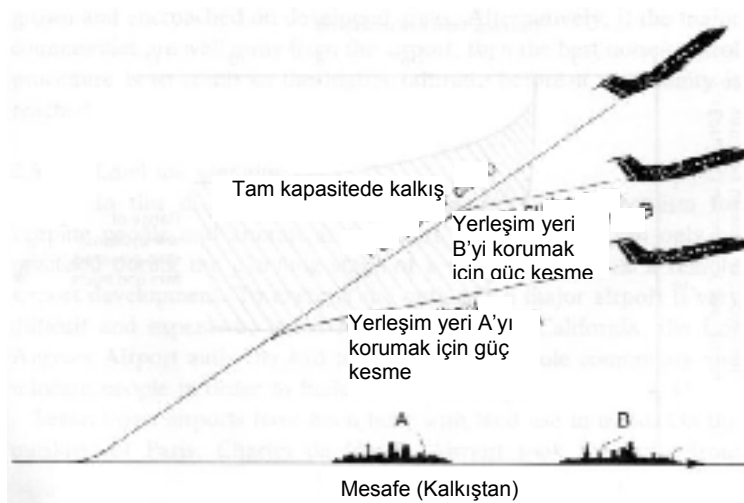
Standard prosedürde uçak, 1000 ft'lik (yaklaşık 305 m) bir yüksekliğe ulaştığında kaldırma kuvveti taşıma kuvvetine indirgenir, hücum açısı küçülür ve uçak hızlanır. Bu arada flaplar birbiri ardına kapatılır ve uçak 250 kts'lık bir hıza ulaştığında hücum açısı tekrar azaltılır, uçak tekrar hızlanır ve yükselir.

Dik kalkış prosedüründe ya da “**Noise Abatement Take off Procedure**“, uçak kaldırma kuvveti ve kalkış flap ayarı ile 1500 ft'lik bir yüksekliğe (yaklaşık 450 m) tırmanır ve ancak o zaman kaldırma kuvvetini, kararlı bir hızda 3000 ft'e kadar (yaklaşık 915 m) korunacak olan taşıma kuvveti yönünde azaltır. Ancak 3000 ft yüksekliğe erişildiğinde hücum açısı azaltılır, uçak hızlanmaya devam eder ve flaplar kapatılır. Bu kalkış prosedürünün olumsuz yanı, uçuşun en yüksek gürültü emisyonlarının açığa çıktığı ve nispeten uzun süren bir kalkış ve taşıma kuvveti ile gerçekleşmesidir. Böylece, özellikle doğrudan hava alanı kenarında yer alan bölgeler, diğer uçuş süreçlerine göre çok daha fazla gürültüye maruz kalmaktadır. Gerçi uçak oldukça yüksekte uçmaktadır, fakat motor verim ayarı nedeniyle yüksek oranda gerçekleşen ses yayılmasının yanı sıra düşük uçuş hızı nedeniyle uzun bir etki süreci söz konusudur.

Bu yüzden diğer bir çözümü “**Cutback Prosedürü (Azaltma Prosedürü)**“ ya da “**Climb – Cutback – Cleanup Prosedürü (Kalkış – Azaltma - Temizleme Prosedürü)**“ sunmaktadır. Bu prosedürde, ilk önce en düşük uçuş yüksekliği olan 1000-1500 ft'e (yaklaşık 305 - 450 m) çıkılır ve daha sonra belirgin bir biçimde kuvvetin azaltımı ile yatay ya da hafif kalkış uçuşuna geçiş yapılır.

Bu arada kalkış safhasındaki kanat biçimi korunur. Yaşayan nüfusun olduğu bölgelerin üzerinden geçildikten sonra, daha büyük bir kaldırma kuvveti ile bir kalkış uçuşu daha gerçekleşir. Uçak yükselir ve aynı zamanda hızlanır ve flaplar artık kapatılabilir. Bu prosedür sayesinde sesin yayıldığı alan genişler, fakat maksimum ses basınç seviyesi azalır. Söz konusu bu prosedür, yerleşim yeri doğrudan hava alanı yakınında yer alıyorsa ve uzun mesafede herhangi başka bir yerleşim yeri yoksa uygulamaya konulabilir. “**Cutback Prosedürü**“, **IATA Prosedürü** olarak da bilinir. Bu prosedür, 70’li yılların başında bir IATA çalışma grubu tarafından ortaya konmuş ve tavsiye edilmiştir.

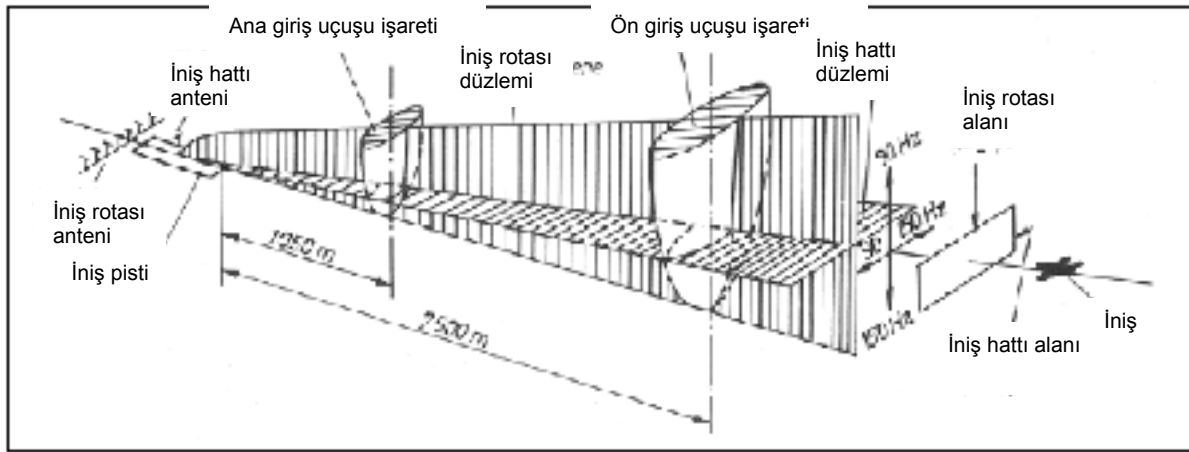
Climb – Cutback – Cleanup Prosedürü’nde ise uçak, 1000 ft (yaklaşık 305 m) yüksekliğine ulaştıktan sonra hücum açısı azaltılır ve fazla kuvvet hızlanmaya dönüştürülür. Uçakların modellerine özgü olarak değişen flap kapatma hızına ulaşıldığında kaldırma kuvveti taşıma kuvvetine doğru itilir ve kararlı bir hızla 3000 ft’e (yaklaşık 915 m) çıkılır. 3000 ft’lik bir yüksekliğe erişildikten sonra standart olarak 250 kts’luk bir kalkış hızına devam edilir. Climb – Cutback – Cleanup Prosedürü, 1978 yılından beri ABD’de Standart Prosedür adı altında uygulamaya konmuştur (*FAA Advisory Circular 91-53* (FAA Tavsiye Genelgesi) [Şekil-17]) ve dünya çapında da uygulanmaktadır. Esas olarak Climb – Cutback – Cleanup Prosedürü, daha küçük gürültü bölgelerine yol açar, fakat Cutback Prosedürüne göre doğrudan kalkış rotasının altında biraz daha yüksek gürültü seviyesine yol açmaktadır. İmkan dahilindeki prosedürlerin iki farklı yerleşim alanı için avantaj ve dezavantajları Şekil 5-32’de şematik olarak ortaya konmuştur. Kalkış prosedürüne göre ya daha yakın olan ya da daha uzakta bulunan yerleşim yeri tercih edilecektir. Motor veriminin daha erken düşürülmesi, daha yakın mesafedeki yerlerde ortamın iyileşmesine yol açmakta, buna karşılık motor veriminin daha geç düşürülmesi tam tersi bir etki yaratmaktadır.



Şekil 5-32: İki ayrı yerleşim yeri için farklı gürültü azaltıcı kalkış prosedürlerinin avantaj ve dezavantajları [9]

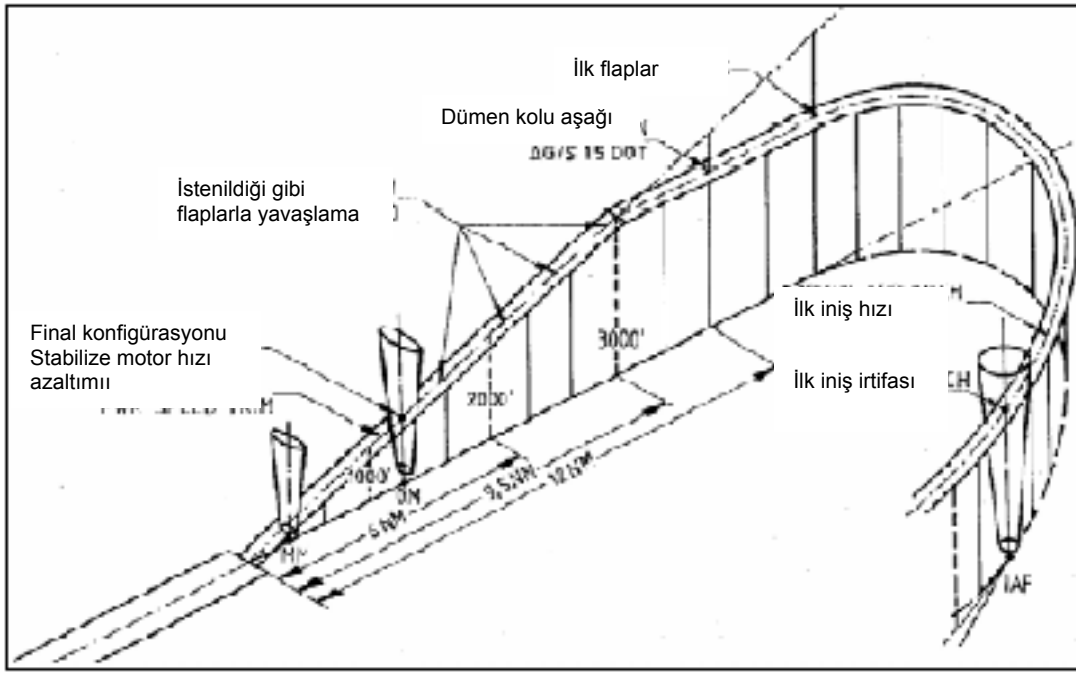
5.4.2. Gürültü Azaltıcı İniş Prosedürü

Kesin inişler için, alışlageldiği gibi hava taşıtını idare edenin iniş yönünün durumu ile ilgili olarak hem yükseklik, hem de iniş pisti eşiğine olan yan taraf ve noktasal mesafesi hakkında devamlı olarak kesin bilgiler aldığı Aletli (Güvenli) İniş Sistemi ILS (Instrument Landing System) kullanılır. Bu arada, nihai inişte, yalnızca sabit pozisyonlu inişler mümkün olmaktadır; bu durum gürültü açısından olumlu iniş prosedürlerinin seçimini, özellikle de hava alanının direkt yakınında gerçekleşiyorsa, belirgin bir biçimde daraltmaktadır. Şekil 5-33, bir ILS bileşenlerini ve iniş pisti eşiğine olan mesafeleri göstermektedir.



Şekil 5-33: Aletli iniş prosedürünün (ILS) bileşenleri [18]

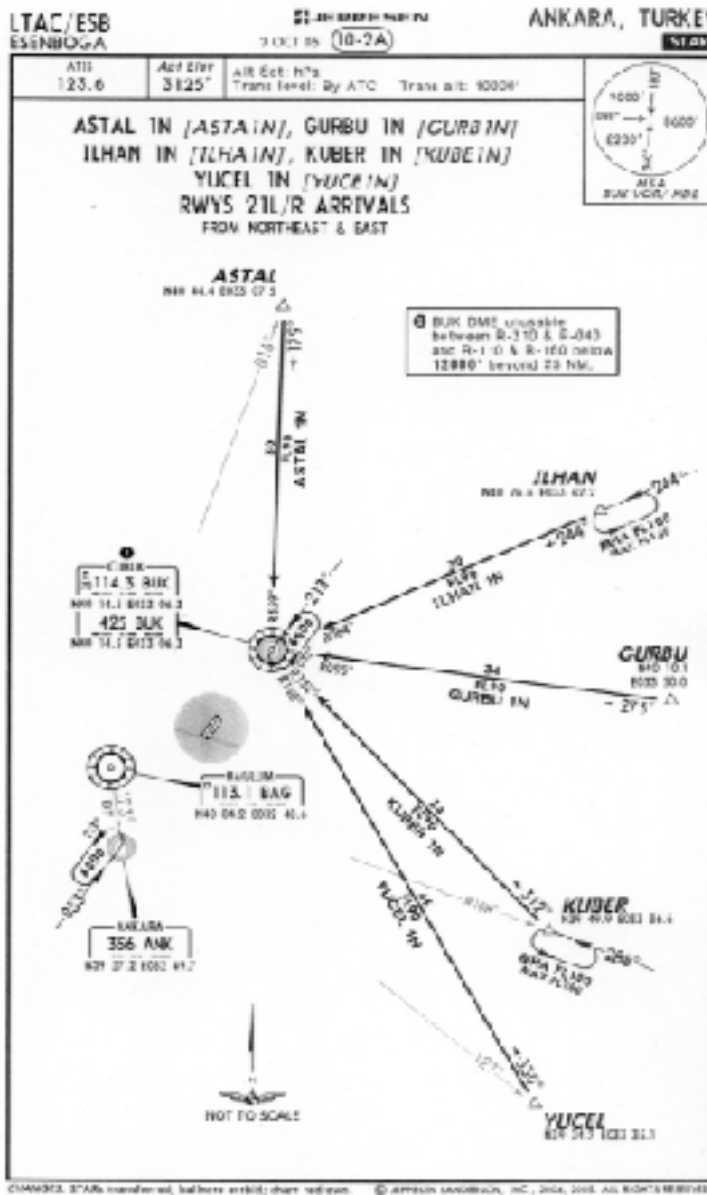
İnişe geçiş süreci – kalkışta olduğu gibi – çok sayıda safhalara ayrılır. Şekil 5-34, kararlı bir uçuş yüksekliğinde inişe geçiş ile başlayan ve sabit pozisyonlu nihai iniş ile sonlanan Standart İniş Prosedürünü göstermektedir. Standart İniş Prosedürünün olumsuz yanı, uçağın sınırlı bir uçuş yüksekliğinde (çoğu zaman 3000 ft (yaklaşık olarak 915 m)) uzun bir süre uçmasıdır. Kalkış uçuşu ve uçağın havadaki seyahat uçuşlarına karşı inişe geçişte azaltılan motor verimi, oldukça geniş bir alanı gürültü bombardımanına tutacaktır.



Şekil 5-34: Standart İniş Prosedürü

Standart İniş Prosedürü, yukarıda anlatılan ve görüş engelini olduğu şartlarda uçağın inişine imkan veren ILS prosedürüne dayanmaktadır. Uçak kararlı yükseklikteki uçuşu (Şekil 5-36'da 3000 ft (yaklaşık 915 m) yükseklikte) sonrasında ILS iniş hattını deler delmez devamlı sürede iniş uçuşuna geçer. Söz konusu bu iniş hattı uçağı, her zamanki 3° derecelik iniş açısı ile iniş pisti eşiğine yönlendirir. Uçak bu iniş hattını tam olarak takip etmelidir; bu arada yalnızca uçağın hızı uçağın modeline bağlı olarak değişiklik gösterir. Söz konusu bu iniş prensibi, günümüz teknolojik şartlarına bakıldığında yakın gelecekte de değişmeyecektir.

Esas iniş rotası yönetimi, kalkış rotalarında olduğu gibi, Standard-Arrival Routes (STARs) (Standart Varış Rotaları) ile tespit edilir. Böylece rotanın yönetimi açık bir biçimde tanımlanmış ve Havacılık El Kitabında (Aeronautical Information Publication, AIP) yayınlanır. Şekil 5-35, Ankara (ESB) Hava Limanında yer alan STARs'ların grafiksel resmini ortaya koymakta, diğer taraftan Şekil 5-36, Ankara (ESB) Hava Limanı 03 L no.lu piste ait bir araç iniş kartını göstermektedir.



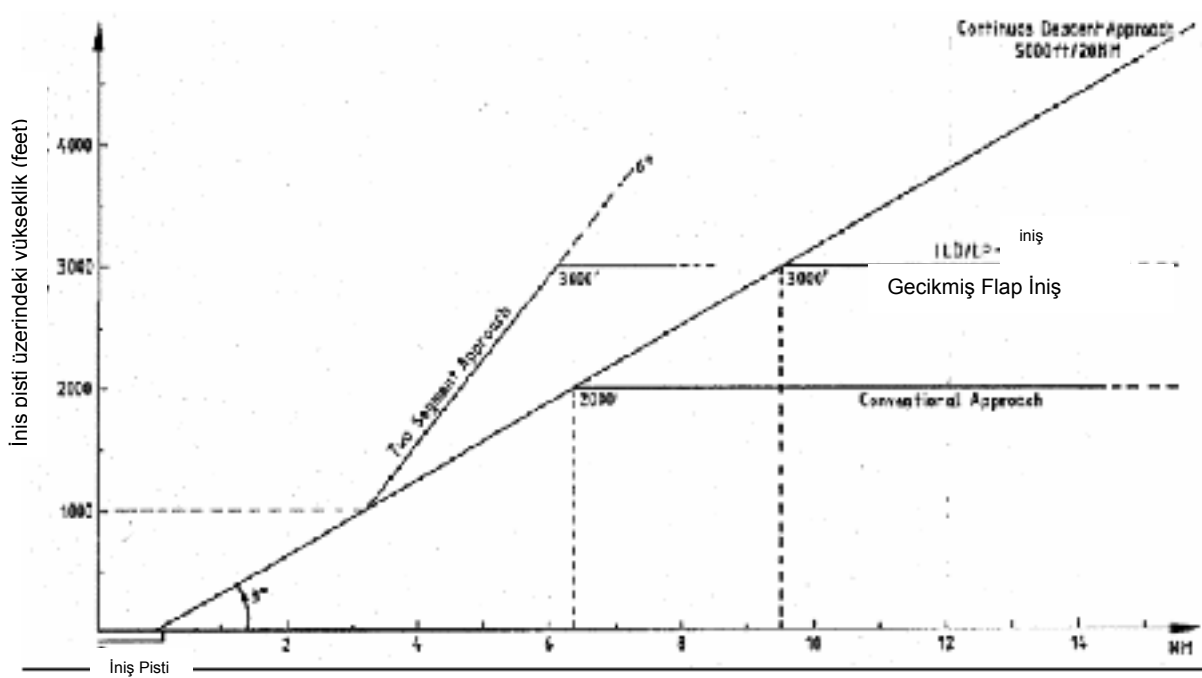
Şekil 5-35: Ankara (ESB) Hava Limanı için Standart Uçuş Hattı (STARs) [15]



Şekil 36: Ankara (ESB)03 L nolu iniş iniş pistine ait aletli uçuş kartı (15)

İnişte meydana gelen gürültü sorununu azaltmak için standart iniş prosedürü, ancak prosedürün prensip ve özellikle de iniş uçuşunun son bölümünde herhangi bir değişiklik yapılmadan az da olsa modifikasyona uğratılabilir. Bununla ilgili olarak Şekil 5-37’de de gösterilen üç prosedür seçeneği vardır:

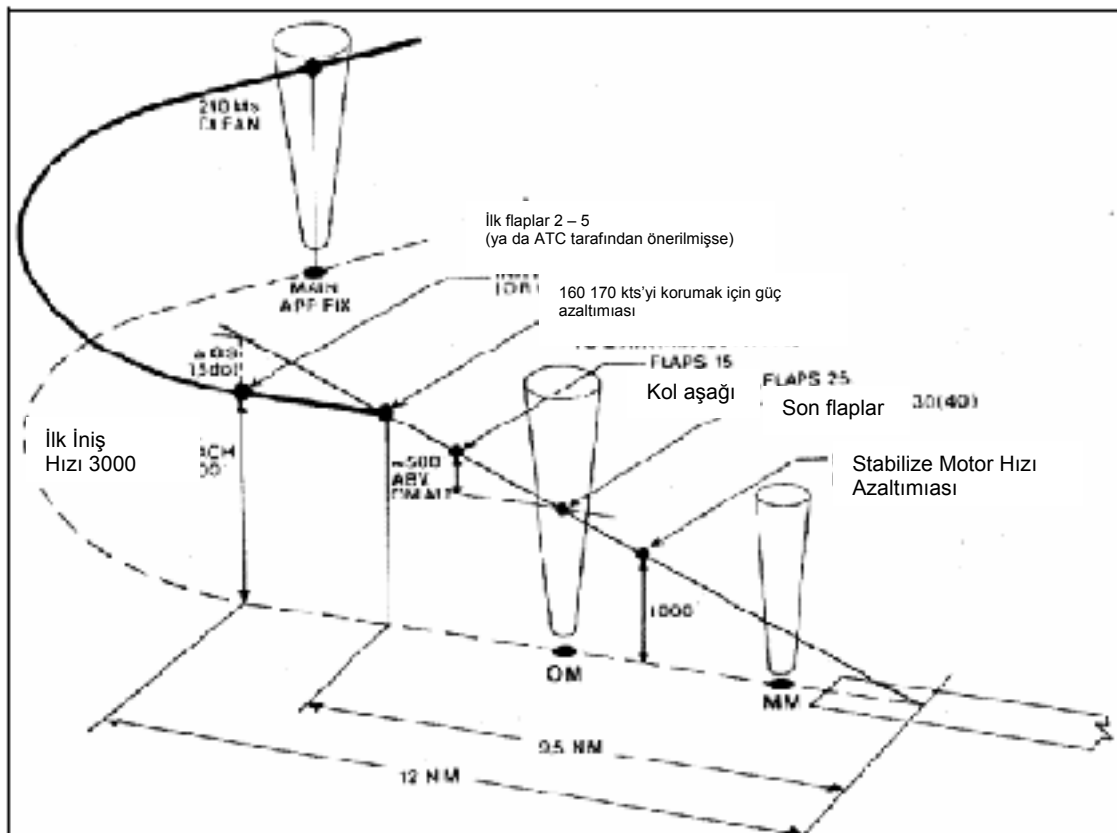
- İki Safhalı İniş Prosedürü (“Two Segment Approach“)
- “Low Drag & Low Energy (Düşük Sürüklenme & Düşük Enerji)“ (esas olarak “Low drag & low power (Düşük Sürüklenme & Düşük Güç)” diye adlandırılır) ve
- “Continous Descent Approach (Devam Eden İniş)”.



Şekil 5-37: Gürültü Azaltıcı İniş Prosedürü [16]

İki Safhalı İniş Prosedürü’nde, standart İnişten farklı olarak iniş hattı çok sonra geçilir. İniş hattına yatay olarak uçmak yerine uçak, belirgin bir yükseklikte iniş hattının üzerinden yatay olarak geçer. Daha sonra uçak, belirgin bir 3° derecelik iniş açısının üzerinde, ILS iniş hattını yukarıdan gelip delene kadar ve bu hattı inişe kadar takip ederek alçalır. Bu prosedürün avantajı, iniş hattının altında yer alan ve oturlan bölgelerin üzerinden standart prosedüre göre çok daha yüksekten uçulabilmesi ve böylece daha az gürültü sorununa neden olmasıdır. Gelecekte iyileştirilmiş yüksek kaldırma desteği ve aletlerle çok daha yüksek alçalma oranlarını gerçekleştirme imkanı olabilir.

Bir diğer alternatif olan **“Low Drag & Low Energy”** (“Düşük Sürüklenme & Düşük Enerji”) prosedürüne ilişkin Şekil 5-38 açıklık getirmektedir. Buradaki prensip, uçağın mümkün olabildiğince çok sonraları yüksek bir hava direnci ve yüksek bir motor verimi ile bağlantılı olan ve böylece önüne geçilebilir gürültüler meydana getiren bir iniş biçimine geçmesidir. Bunun için iniş flapları ve ön kanatları (Flaps und Slats) ve ayrıca duruma göre gerçekleşen her uçuş hızının ihtiyaç duyduğu bir kaldırma kuvvetine göre, gerektiğinde hızın ya da kaldırma kuvvetinin azaltımı için spoiler öncelikle kademe kademe açılır. Bu durum karşılaştırmalı olarak az bir kaldırma kuvveti ile uçulabilmesi avantajını sağlar; böylece motorlar da daha az gürültü meydana getiriler.

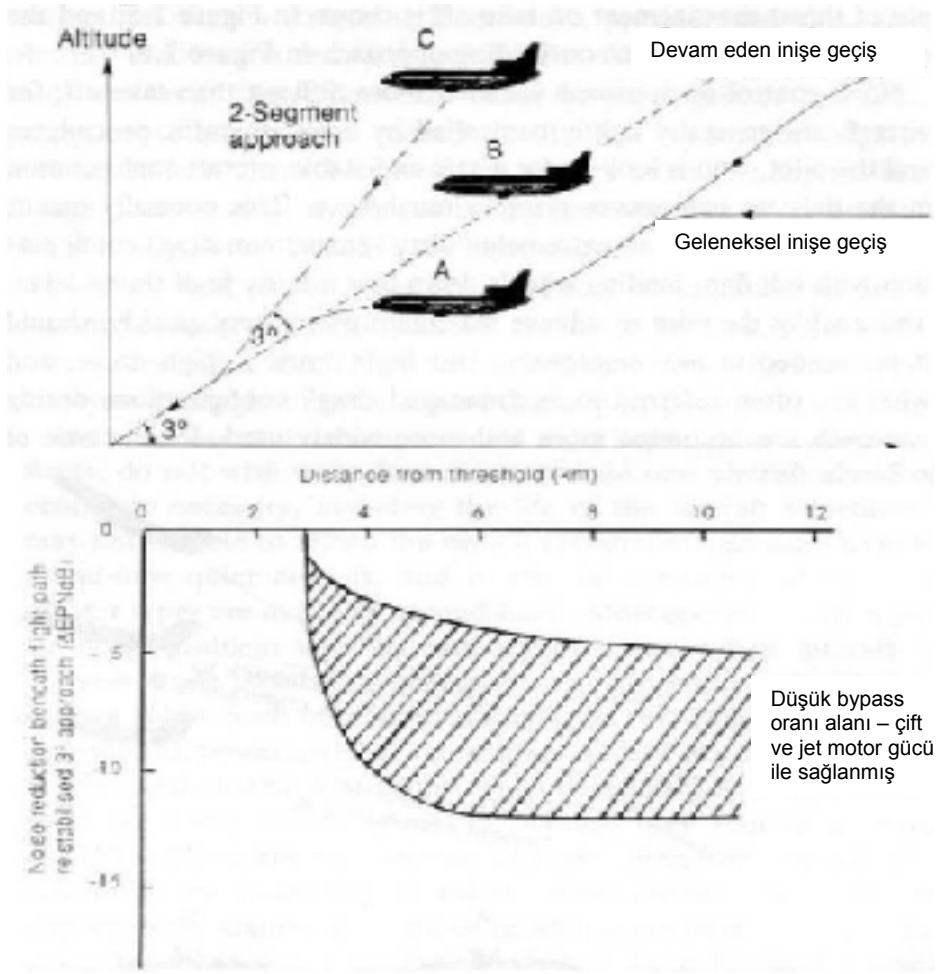


39

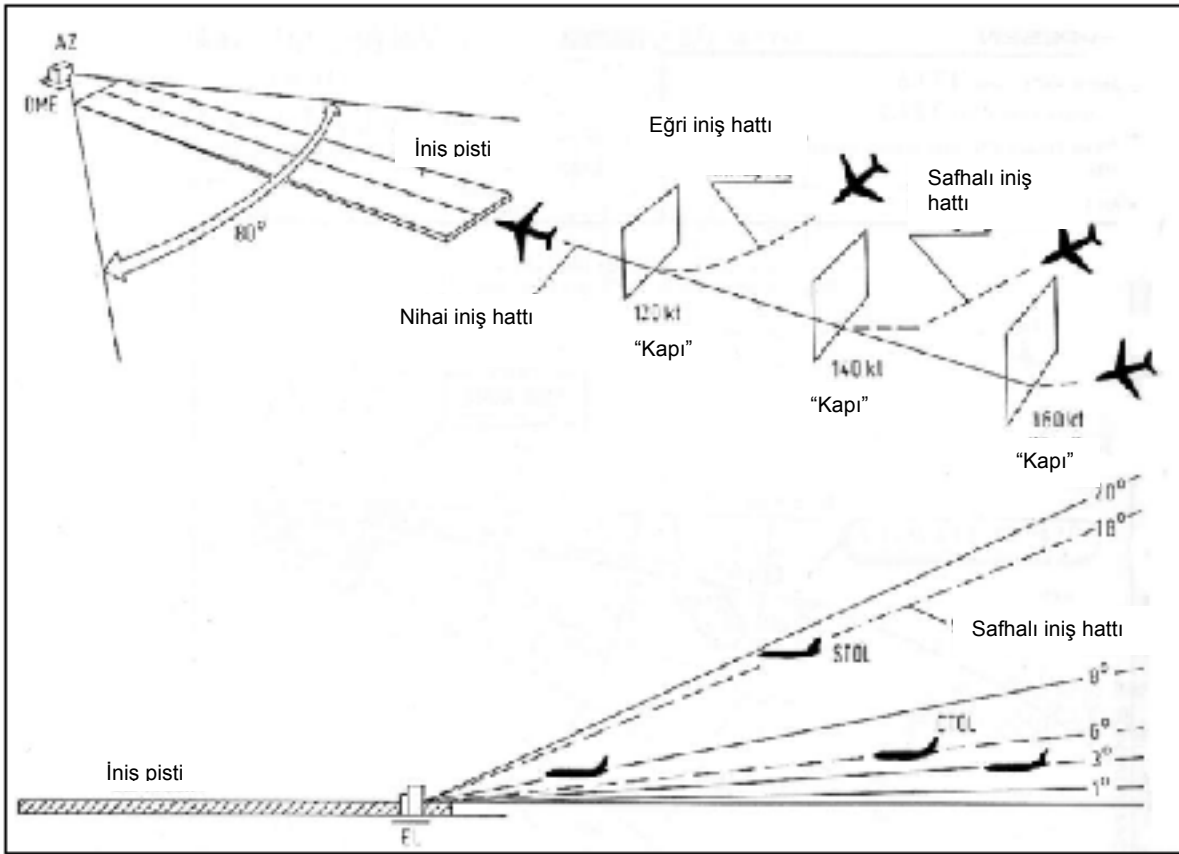
Gürültü yönünden en uygun, fakat en zor uçuş prosedürü, iniş hattının hava alanından çok uzakta ve çok yüksekte (hava alanına 20 nm mesafede yaklaşık 5000 ft) uçulabilmesine dayanan **“Continuos Descent Approach”** (Devamlı Alçalma inişleri) prosedürüdür. İniş hattına erişilmesinden sonra bu hat takip edilir ve bu arada uçuş hızı ardı ardına azaltılır ve flaplar ve slatlar ihtiyaç duyulan kaldırma kuvvetine bağlı olarak devreye sokulur. İdeal durumda sabit alçalma uçuşuna eriştikten sonra motor verim ayarı, tüm iniş hattı boyunca değiştirilmez. Söz konusu bu iniş prosedürü de yakın gelecekte geniş bir tabanda yaygınlık kazanamayacaktır, çünkü uçağı idare edenler açısından çok yüksek seviyede bir kullanım becerisini gerektirmekte ve pilotlara destek olmak için buna uygun aletlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebepten dolayı şimdilik gürültü azaltıcı iniş prosedürü, yalnızca “Low Drag & Low Energy” prosedürünü sunmaktadır.

Söz konusu bu gürültü azaltıcı iniş prosedürünün gürültü azaltma potansiyeli Şekil 5-39’de görülebilir. Bu şekilden, söz konusu prosedürün büyük bir gürültü azaltma potansiyelinin olduğu anlaşılmaktadır. Fakat yine aynı şekilden nihai iniş uçuşu sırasında, iniş pisti eşiğinin hemen öncesinde, uygulanan hiçbir prosedürde bir gürültü azaltımının mümkün olmadığı da anlaşılmaktadır, çünkü uçaklar inişin hemen öncesinde sabit bir uçuş pozisyonu almak zorunda olduklarından, burada mevcut prosedürlerde uygulanacak modifikasyon yoluyla çok sınırlı oranda bir gürültü azaltma imkanı elde edilebilmektedir.

Fakat gelecekte uygulamaya konulacak Mikrodalgalı İniş Sistemi (MLS) ya da uydu navigasyonu yardımıyla tamamen yeni tarzda iniş ve kalkış imkanları mümkün olacaktır. O zaman mecburi uçuş yolları - şimdiye dek olduğu gibi - navigasyona bağlı zorunluluklar yönüyle değil, yalnızca uçuş performans özellikleri ve güvenlik değerlemeleri ile belirlenecektir. Böylece eğri inişler de tam bir uçuş yönetimi ile mümkün olacak, öyle ki iniş ve kalkış prosedürlerinin gürültü iyileştirmeleri için tamamen yeni imkanlar ortaya çıkacaktır. Örnek olarak Şekil 5-40, uydu destekli navigasyon prosedürleri ile de gerçekleştirilebilecek olası MLS iniş prosedürlerini göstermektedir.



Şekil 5-39: Standart iniş prosedürüne karşı gürültü azaltıcı iniş prosedürünün gürültü azaltma potansiyeli [9]



Şekil -40: Eğri inişleri de mümkün kılabilen gelecekteki iniş prosedürleri [18]

5.5. Planlı Önlemler ile Uçak Gürültüsünün Azaltımı

Geçmişte en yeni konstrüksiyona sahip uçaklarda tartışmasız olarak elde edilen gürültü azaltmalarına rağmen, yine de pek çok hava alanında gürültü problemi yaşanmaktadır. Bu durum çoğu zaman hava alanlarının yerleşim yerlerine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden yerleşim bölgeleri ile gürültüyü meydana getirenlerin mümkün olduğunca birbirinden ayrı tutmak için gerekli tüm çabaların sarf edilmesi gerekir. Diğer tüm gürültü meydana getiriciler için de aynı şekilde geçerli olan bu prensip, gürültünün hava alanının uzağında yer alan yerleşim yerlerinin üzerinde ve zemindeki ses kaynaklarında gürültünün azaltımı için yardımcı olacak zemin soğurucusu olmadan yukarıdan yayıldığından, hava alanlarının çevresinde çok kolay uygulanamamaktadır. Bu sebepten dolayı planlı önlemlerle ilgili daha çok hava alanlarının hemen yakınında uygulanabilecek hem rota planlaması, hem de yerleşim planının ele alınması gerekmektedir.

5.5.1. Rota Planlaması

Uçuş rotalarının planlanmasında çok özel vakalarda başarı elde edilebilmektedir. Bunun için bir yandan topoğrafik şartlar ile var olan ya da planlanmış yerleşim yeri yapısının dikkate alınması gerekir. Diğer yandan ise rotalar uçuşu gerçekleştirebilir nitelikte ve güvenli olmalı, hem trafik akışını hem de yolcuların konforunu olumsuz etkilememelidir. Bu yüzden bir rota planlaması, yalnızca işletmeciler ve uçuş güvenliğinden sorumlu makam tarafından yapılmalıdır.

Fakat genel olarak varış rotalarında yaratıcılık çok sınırlıdır. Buna karşılık kalkış hattında belirgin bir biçimde daha fazla imkan mevcuttur. Fakat mevcut altyapıdan (örneğin navigasyon düzenekleri ve navigasyon yön noktaları) ve topoğrafik şartlardan dolayı bunların uygulanması yine sınırlıdır. Esas itibarıyla – şayet mümkünse – rotaların yerleşim bölgelerinin üzerinden alçak irtifada geçirilmemesi gerekir. Eğer mümkünse şu temel ilkeye uyulması gerekir: “keep them high (onları yüksekte tut)”, çünkü hava taşıtı ile gürültüden etkilenenlerin arasındaki mesafeyi artırmak çoğu zaman yapılacak en iyi seçimdir.

Şayet her yerleşim yerinin çevresinden dolaşarak geçilebiliyorsa, uçağın ana rüzgar yönüne dönük olan tarafı ile ve yerleşim yerlerinin etrafından dolaşarak uçulmalıdır. Çoğu durumda bu yöntem, ses alanının geçiş esnasında yerleşim yerine doğru yayılmasını önlemektedir.

Gürültü azaltıcı rotaların gürültüden etkilenenlere göre belirlenmesine yönelik tüm denemelerde, uçuş rotalarının başkalarına yük teşkil edecek şekilde kaydırılmamasına dikkat etmek gerekir. Kural olarak gürültüden kurtulanların teşekkür ve takdirlerini bildirmesinden çok, onlardan önce gürültüden yeni etkilenenler gürültüden şikayet etmektedir. Gürültü sorununun adil bir biçimde değerlendirilmesi bu durumu yine de kolaylaştırmamaktadır. Gürültü sorununun bu biçimde değerlendirmesinin yapılabilmesi için, var olan uçuş rotasına ve planlı değişikliklere yönelik gürültü sorunu ile ilgili hesaplamalar kaçınılmaz olmaktadır. Ancak bu şekilde, uçak gürültüsü sorunu ışığında nesnel bir değerlendirme yapmak mümkündür.

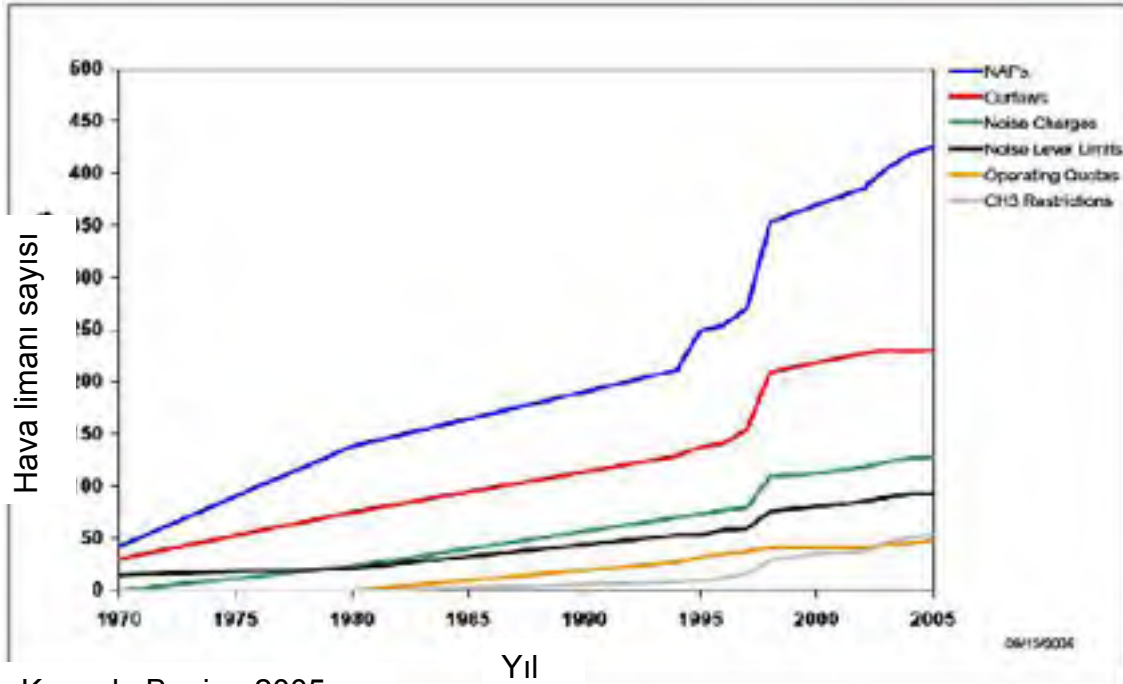
5.5.2. Yerleşim Planı

Yerleşimin planlanması, mevcut yerleşimlerde yaşanan gürültü sorununu olabildiğince sınırlamak ve bunun haricinde gürültülü bölgelerde yapılacak yeni inşaat işleri ile yeni gürültü sorunlarını ve rahatsızlıklarını önlemek içindir. Hedef, yerleşim yerinin gürültülü bölgelerinin diğerlerinden ayrılması olmalıdır. Hava limanlarındaki yerleşim planı için geçerli olan, anlamına uygun yerinde bir planın, yerleşim planı üzerinden başka bir yerde uygulanmasıdır. Fakat uçak gürültüsünün olumsuz yanı, “kaynağın” uzağında dahi gürültü sorunu meydana getirebilmesidir. Özellikle de inşaatlara onay verenlere, uçak gürültüsü nedeniyle gürültü rahatsızlıklarının ortaya çıkabileceğini anlatmak çok zordur. Buna ek olarak uçuş rotasının rüzgar yönüne bağlı olarak kullanılması nedeniyle – uçaklar kural olarak rüzgara karşı kalkış ve iniş gerçekleştirirler – ağırlıklı olarak zarar görmeyen bölgeleri de zaman zaman uçak gürültüsü bombardımanına tuttukları dikkate alınmalıdır. İnşaat onayı verenlerin de, inşaat taleplerinin reddedilmesi ya da inşaatla ilave ses geçirmez önlemlerinin alınması gerektiği konularında ikna edilebilmeleri için, uçak gürültüsünün yol açtığı zararların hesaplanması kaçınılmaz olmaktadır. Söz konusu gürültülerin yarattığı zararların değerlendirilmesi kolay değildir; bunu yaparken gürültüden etkilenenlere, benzer biçimde etkilenen bölgeler delil olarak gösterilerek ya da en iyisi dinletme örnekleri ile destek verilmelidir.

Uçak gürültüsüne ilişkin Alman yasaları – az ya da çok başarı sağlayarak – hava alanı yakınında gürültüden en fazla etkilenen bölgelerde inşaat yasağı koymuştur. Buralarda ancak öncesinde var olan inşaat hakları uygulanabilmiştir. Buna ek olarak belediyeler, yerleşime yönelik çalışmaları toparlamak için yer yer inşaat tedbirlerine izin vermektedir. Ancak bu imkandan, olması gerektiğinden çok daha fazla istifade edilmiştir. Hava limanının çok yakınında inşaat yapılmaması ve bu sayede yeni problemlerin ve yeni gürültü sorunlarının meydana gelmemesi için daha büyük hava limanlarında da inşaat yasağı koymak için teşvikler yapılmaktadır.

5.6. Ekonomik Önlemlerle Uçak Gürültüsü Azaltımı

Esas olarak yukarıda anlatıldığı gibi yalnızca teknik ve planlı önlemler ile uçak gürültü azaltımı tek başına işlerlik kazanmaz. Bu teknik önlemleri test eden, uygulamaya koyan ve uygulatan imkanların da olması gerekir. Bunun için çoğu zaman katılımcılara uygulanacak belli oranda bir baskının olması gerekebilir. Son yıllarda pek çok yerde uçak gürültüsü azaltımına yönelik farklı yöntemlerin uygulanmasına ilişkin yerinde çabalar sarf edilmiştir. Bu esnada hem planlı, hem de ekonomik önlemler ele alınmıştır. Bu tür önlemlerin uygulamaya konulduğu hava limanlarının sayısının sürekli arttığı anlaşılmaktadır. Şekil 5-41 bu artış, açık bir biçimde gösterilmekte olup burada gece uçuş sınırlamaları (Curfews), gürültüye bağlı ücretler (noise charges), maksimum gürültü seviyesinin sınırlandırılması (Noise Level Limits), trafik bedeli sınırlandırması (Noise Quotas) ve Bölüm 3'te yer alan uçak modellerine sınırlama (CH3 Restrictions) getirilmesi hususları söz konusudur (NAPs = Number of Airports; sınırlamanın olduğu hava limanlarının toplam sayısını vermektedir). 1995 ve 2000 yılları arasında, özellikle gece uçuş sınırlaması bulunan ve gürültüye bağlı ücretlendirmeye tabi olan hava alanı sayısı yüksek oranda artmıştır. Bu önlemlerin tamamı, daha gürültülü uçakların gürültü sorunu yaşanan hava limanlarından uzaklaştırılmasını hedeflemektedir. Bunun anlamı, daha gürültülü uçaklarla ilgili dezavantajların ortaya çıkacağı ve daha sessiz uçakların tercih edileceği sonucunun doğacağıdır. Prensipite ise en geniş anlamıyla ekonomik önlemlerin alınması anlamına gelmektedir.



Kaynak: Boeing 2005

Şekil

5-41: Hava limanlarında sınırlayıcı ve gürültüye bağlı iniş ücretleri [19]

5.6.1. Gürültüye Bağlı İniş Ücretleri

Artık bir çok hava limanında, diğer olağan hava limanı ücretlerinin dışında, gürültüye bağlı iniş ücretleri alınmaktadır. Bu ücretlerin alınması için şu şartların geçerli olması gerekir:

- Gürültüye bağlı iniş ücretleri, yalnızca gürültü problemi olan hava limanlarından alınmalıdır.
- Gürültüye bağlı iniş ücretlerinin uygulamaya konması, uygun bir şekilde ve lüzumu halinde olmalıdır (bkz. ayrıca Böl. 3.3.6.3 “Balanced Approach (Dengeli Yaklaşım)”))
- Gürültüye bağlı iniş ücretlerinde ayrımcılık yapılmamalıdır (Ayrımcılık Yasağı)
- Gürültüye bağlı iniş ücretlerinin miktarı ve alınma şekli şeffaf olmalıdır
- Gürültüye bağlı iniş ücretleri, gürültü problemlerinin önüne geçilmesi ve azaltımı için kullanılmalıdır (maliyetleri karşılama prensibi)
- Gürültüye bağlı iniş ücretlerinin miktarı, kendi içinde masraflarını karşılayacak kadar olmalıdır
- Gürültüye bağlı iniş ücretleri, ses hesaplama İlkeleri temel alınarak (“sound accounting principles”) tespit edilmeli ve diğer iniş ücretleri, örneğin zam ve kesintiler ile ilişkili olmalıdır.
- Gürültüye bağlı iniş ücretleri, bir yasaklamayı gerektirecek miktarda tespit edilmemelidir.
- Gürültüye bağlı iniş ücretlerinin artırılması, hava limanı kullanıcılarının uygunsuz bir biçimde şikayet etmelerini önlemek için, yalnızca kademeli olarak gerçekleşmelidir. Burada belli şartlar altında başka bir yaklaşım metodu da kullanılabilir.
- Bir ücret sistemi, bir hava limanının hesabına yazılmadan önce, hava limanını kullananlarla karşılıklı görüşülerek zamanında bu sisteme dahil olmaları sağlanmalıdır (konsültasyon prensibi).

ICAO Düzenlemeleri EK I (ICAO Doc. 9082/6) [20]’de yer alan ”Gürültünün Önlenmesi ve Azaltımı” konu başlığı altında hava limanı ücretleri tespit edilirken, maliyetlerinin de dikkate alındığı ve özellikle de gürültüye bağlı iniş ücretleri ile karşılanabilecek aşağıda yer alan hizmetler, önlemler ve sistemler sıralanmıştır:

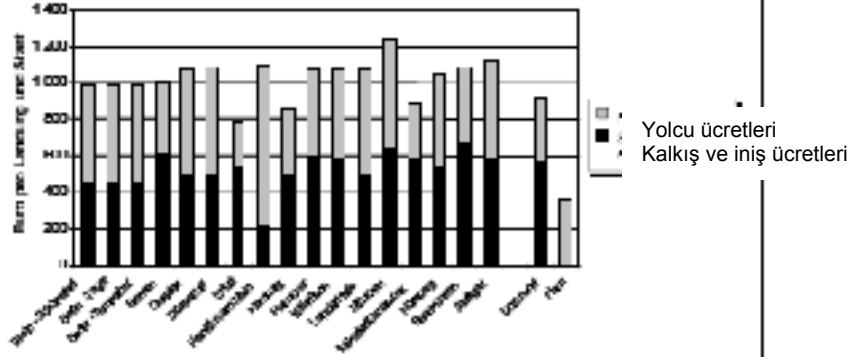
- Uçak gürültüsü izleme sistemleri, gürültü azaltıcı sistemler ve gürültü perdeleri (Noise-monitoring systems, noise-suppressing equipment and noise barriers)
- Hava limanı çevresinden arazi ya da bina alınması (Land or property acquired around airports), hava limanı yakınlarındaki binalarda gürültü azaltma önlemleri ve diğer gürültü azaltma önlemleri (Soundproofing of buildings near airports and other noise alleviation)
- Hukuken ya da hükümet tarafından ön görülen önlemlere ait masraflar (measures arising from legal or governmental requirements).

Gürültüye bağlı iniş ücretleri, Almanya’da uzun yıllardan beri alınmaktadır. Ücretler, miktar ve şekil itibariyle hava limanına göre farklılık göstermektedir.

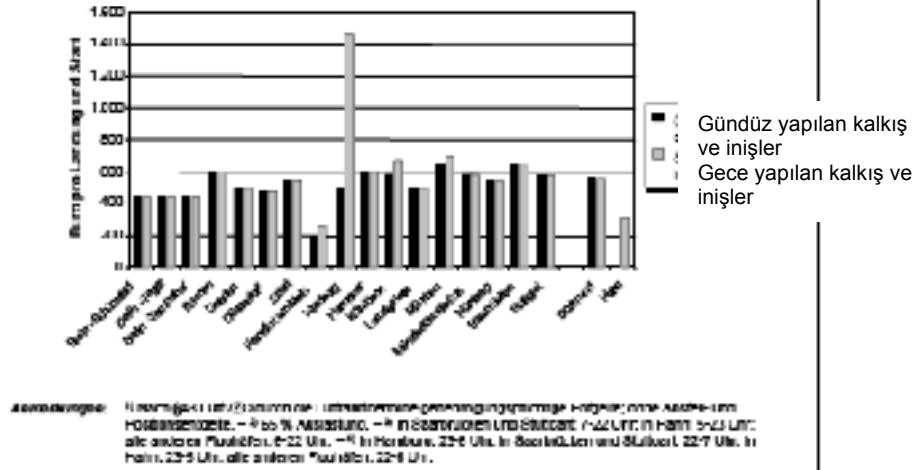
Şekil 5-42, hava limanı ücretlerini ve içeriklerinde yer alan yolcu ücretlerini (gri sütun) ve ayrıca Almanya iç hat seferlerindeki bir Boeing B 737-300 uçak modeli için gürültüye bağlı iniş ücretlerini de içeren iniş ücretlerini (siyah sütun) göstermektedir. Şeklin alt kısmında gündüz ve gece için iniş ücretleri (gürültü bileşenleri de dahil olmak üzere) yer almaktadır. Buradan gece saatleri için, Almanya’daki hava limanları arasından yalnızca dört hava limanında farklı ücret alındığı anlaşılmaktadır. Bunun asıl nedeni Almanya’daki çoğu hava limanında gece uçuşlarının yasak ya da sınırlı olmasıdır ve bu yüzden çoğu hava limanında gece uçuşlarının sayısı nispeten azdır. Gece uçuşları için daha yüksek miktarlarda iniş ücretlerinin alınmasının bu hava limanlarında herhangi bir etkisi olmayacaktır.

2002 Alman Hava Limanlarında Hava Limanı Ücretleri¹
 - *Almanya İç Hatlarda İşleyen B747-300:*
 63 t. MTOM, 83 Yolcu² -

Gündüz yapılan³ iniş ve kalkışlar için kalkış ve iniş ücretleri (gürültü bileşenleri dahil) ve de yolcu ücretleri - Euro olarak



Gündüz yapılan³ ya da gece yapılan⁴ iniş ve kalkışlar için kalkış ve iniş ücretleri (gürültü bileşenleri dahil) - Euro olarak



Şekil 5-42: Alman iç hat seferlerindeki bir Boeing B737-300 tipi uçağın gürültüye bağlı iniş ücretleri [21]

Uluslararası uçuş trafiğinde bir Boeing B747-200 tipi (Bölüm 3'e göre gürültü ruhsatı ile) uçağı ile ilgili durum Şekil 5-43'te gösterilmiştir. Alman iç hat seferlerinde kullanılan Boeing B 737-300 tipi uçağına karşın her iki ücretin toplamı, hava limanına göre farklılık göstermektedir – hava limanlarının çoğu bir Boeing B 747-200 tipi uçağı için günlük iniş başına 5.000 ila 7.000 Euro arasında, hatta bazı durumlarda 9.600 Euro'ya kadar çıkan miktarlarda (Düsseldorf) değişen hava limanı ücretleri koymuştur. Alman iç hat seferlerinde Frankfurt/Main hava limanı, konunun dışına çıkan bir ücret politikası nedeniyle toplam tutarda en düşük iniş ücreti oranını (< 30 %) ortaya koymaktadır. Diğer hava limanlarında bir Boeing B 747-200 tipi uçağı için iniş ücreti oranı, kalkış ağırlığına bağlı olarak yolcu ücretlerine göre daha yüksektir. Buna karşılık hafif Boeing B 737-300 tipi uçağının kalkış ağırlığına bağlı iniş ücreti oranı yaklaşık % 50 civarındadır.

Hava Yolu Şirketi	Hava Limanı Ücretleri / Hava Limanı Harçları ¹	Uçuş Güvenliği Harçları ²
	% olarak	% olarak
British Midland	16,4	6,0
Aer Lingus	11,4	3,0
Austrian	7,0	6,4
BA	7,1	4,1
Iberia	6,4	6,4
Finnair	5,0	5,0
GAG	5,4	4,5
Casimair	4,7	5,0
KLM	4,3	5,0
TAP	4,1	5,4
Lufthansa	4,1	6,3

¹ Hava Limanı Ücretleri - ² Navigasyon Ücretleri
Kaynak: AEA 2001.

Tablo 5-3: Avrupa içi hava trafiğinde çalışan bazı hava yolu şirketlerine ait hava limanı ücretlerinin ve harçlarının ve de uçuş güvenliği harçlarının toplam maliyetler içindeki payı (2000 yılına ait veriler) [21]

5.6.2. Uçuş Sınırlaması

Avrupa Birliğinin gürültüye bağlı işletim sınırlamaları hakkındaki 2002/30/EC sayılı direktifinin [22] amacı, üye ülkelerin hava limanlarında işletim sınırlamaları için ortak bir kurallar ve prosedürler çerçevesi oluşturmaktır. Karşılaştırılabilir gürültü problemi olan hava limanlarında, aynı işletim sınırlamalarının uygulamaya konması gerekir. İşletim sınırlamaları, hem iç piyasanın talepleri ile uyumlu olmalı (1. Madde, b fıkrası), aynı zamanda da her bir hava limanında belli gürültü azaltma hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırmalıdır (1. Madde, d fıkrası). 2002/30/EC sayılı direktifinin 2. Madde, e fıkrasında “sivil sessiz uçakların bir hava limanına girişinin sınırlandırılması ya da azaltımına ilişkin gürültü açısından alınacak önemli önlemler” şeklinde tanımlanmış olup gürültü ücretleri de işletim sınırlamaları arasında sayılabilmektedir. “Buna yönetmelik şartlarını zorlukla yerine getiren hava taşıtlarının belli hava limanlarından çekilmelerini sağlayan işletim sınırlamaları ile sivil sessiz uçakların işletilmesini zaman dilimine göre kısıtlayan kısmi işletim sınırlaması da dahildir.”

2002/30/EC sayılı direktifinin 4. Madde, 4. Bölümünde, Uluslararası Havacılık Anlaşmasının EK 16, Cilt I’e istinaden (Temmuz 1993 yılının üçüncü baskısı) yürütülen işletim onay prosedürlerine göre tespit edilen “verime dayalı işletim sınırlamalarında”, hava taşıtının gürültü değerinden yola çıkılması gerektiği düzenlenmiştir.

Fakat 2002/30/EC sayılı direktif, “verime dayalı işletim sınırlamaları”ndan ne anlamak gerektiğini açık bir biçimde tanımlamamıştır.

Sessiz hava yolu uçaklarının işletim sınırlamasında aşağıda yer alan önlemler söz konusudur:

- Bir hava limanında maksimum uçuş hareketlerinin kısıtlanması (sınırlama)
- Uçuş hareketleri sayısının azaltımı
- Sınır değerlerini sadece marjinal koruyabilen uçakların inişine yasak getirilmesi (bu amaçla bu direktiften önce bir ön direktif oluşturulmuş, fakat ABD’nin baskısı ile geri çekilmek zorunda kalmıştır)
- Uçuş hareketlerinin zamana göre sınırlandırılması.

5.6.3. Dengeli Yaklaşım (Balanced Approach)

Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu ICAO, 33-7 sayılı yasa tasarısı [23] ile gürültü azaltımına ilişkin dengeli iniş düşüncesini (“Balanced Approach”) terk etti. Yasa tasarısı, gürültü azaltıcı önlemlerin uygulamaya konmasında dört unsurun değerlendirilerek ele alınması gerektiğine açıklık getirmektedir:

- Kaynakta gürültü azaltımı
- Alan kullanımı ve alan kullanım planı
- Gürültü azaltıcı uçuş prosedürleri ve
- Uçuş sınırlamaları.

Daha evvel yukarıda bahsedilen 2002/30/EC sayılı direktif ile Avrupa Birliği, ICAO’nun bu fikrini almış ve yeniden düzenlemiştir. “Dengeli yaklaşım“, bu direktifin 2. Madde, g fıkrasında “üye ülkelerin bir hava limanındaki gürültü problemlerinin çözümü için alınacak muhtemel önlemleri, özellikle uçak gürültüsünün kaynağında azaltımı, alan kullanım planı ve yönetimi, gürültü azaltıcı uçuş prosedürleri ve işletim sınırlamalarının önceden tahmin edilebilen etkilerini kendi bölgelerinde test edecek hususlar dahilinde yaklaşım” şeklinde tanımlanmaktadır. Bu demek oluyor ki, hava limanlarındaki gürültü problemlerinin çözümünde üye ülkelerin “dengeli bir yaklaşımı” takip etmeleri gerekmektedir, yani alınan önlemler gürültü problemini çözebilmek için uygun ve gerekli olmak zorundadır. Gürültü probleminin çözümüne yönelik aynı uygunlukta, daha az kısıtlayıcı bir önlemin olmadığı durumlarda, bir önlem alınması gerekir. 2002/30/EC sayılı direktifte, bir önlemin ya da önlemler paketinin gerekliliği “belli bir hava limanı için konulan çevresel hedeflerin gerçekleştirilmesine yönelik gereken önlemlerden daha kısıtlayıcı olmamalı” şeklinde tanımlanmıştır (4. Madde, 3. Bölüm, Sayfa 1).

5.7. Motor Takımı Test Sürüşlerinde Uçak Gürültüsünün Azaltımı

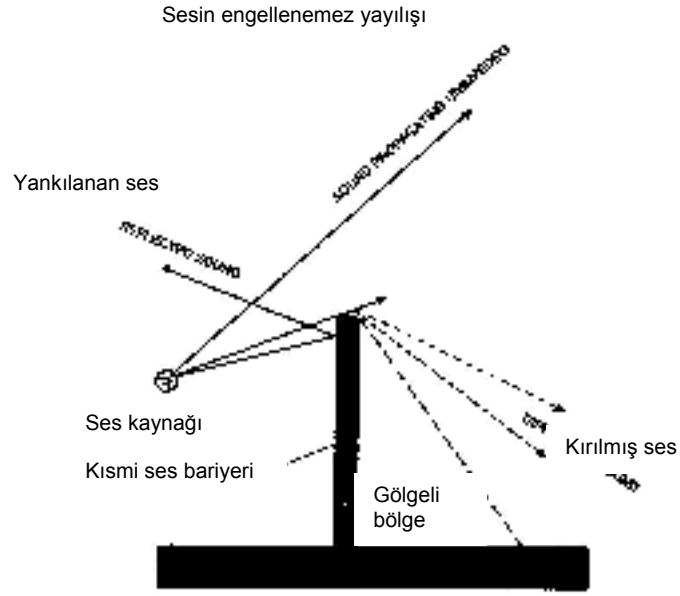
Uçak motorlarının ya da hava taşıtlarının parçalarının bakım ya da onarımından sonra, bir sonraki kalkıştan önce gerçekleşen test sürüşleri çoğu zaman kaçınılmazdır. Bunlar sık sık gece ya da sabahın erken saatlerinde gerçekleşir ve bu esnada hava alanlarındaki yerleşim yerlerine göre bir hayli gürültü sorunu meydana getirirler. Bu yüzden geçmişte, motor takımı test sürüşleri için hava alanlarında ortamın iyileştirilmesine katkıda bulunmuş özel sistemler kurulmuştur. Sistemlerin çeşitliliği, basit ses perdelerinden sabit pistlere ve kısmen açık olan hangarlardan motor takımı test sürüşleri için dört bir yanı kapalı hangarlara kadar uzanmaktadır. Bundan sonraki bölümde, motor takımı test sürüşleri için kurulmuş sistemlere ilişkin birkaç örnek verilerek avantajları ve dezavantajları ile bahsedilecektir.

5.7.1. Hava Limanlarında Alınacak Önlemler

Motor takımı test sürüşleri için gürültüden korunma sistemleri, hava alanının kullanım yoğunluğuna ve hava alanı çevresindeki yapılaşmayla ilgili yerel şartlara ve hava limanı alanındaki sunulan yere bağlı olarak farklı şekillerde kurulmaktadır. Şekil 5-45, örnek olarak Chicago'daki O'Hare hava limanında yer alan basit bir gürültü perdesini göstermektedir. Bu uygulama ile olası mevcut yerleşim yeri, uçağın burnuna karşı hiç de korunmuş değildir. Çünkü gürültü perdelerinin arkasında, uçaktan yayılan ses dalgaları perdenin kenarından kırıldığı için, Resim 5-46'nın da gösterdiği gibi, tam bir gürültü azaltımı sağlanamamaktadır. Bu gürültü koruma ekipmanı, yalnızca motor takımı test sürüşleri seyrek olarak gerçekleştiğinde ya da sistem, daha az rahatsızlık meydana getirecek şekilde yerleşim yerinden yeterince uzak kurulduğunda tavsiye edilmektedir.



Resim 5-45: Chicago O' Hare Hava Limanındaki gürültü perdesi [24]



Şekil 5-46: Bir ses perdesi ile ses azaltımı

Motor takımı test sürüşleri için iyileştirilmiş bir tertibatı Resim 5-47 göstermektedir. Burada yanlarda yer alan duvarların bir çatı ile bağlantısı söz konusu olup ses yayılmasının yan duvarların üstünden geçişi önlenmiştir. Ancak bu hangarın önü ve arkası az çok açıktır. Arkaya doğru gerçekleşen direkt ses yayılması, sıcak ve hızlı atık gazı yukarıya yönlendiren ses püskürtücü (Blast Fence) sayesinde biraz olsun azaltılmaktadır. Öne doğru ise, ses azalmadan yayılmaktadır. Bu arada motorların tam kapasitede çalışması durumunda öne doğru yayılan ses emisyonlarının arkaya doğru yayılanlara göre belirgin bir biçimde azaldığı ve ağırlıklı olarak motorun ön kısmından yayılan yüksek frekanslı ses dalgalarının öne doğru yayılma yollarında önünün daha iyi kesildiği dikkate alınmalıdır.



Resim 5-47: Bir hava limanında gürültü hangarı [25]

Bu gürültü hangarının, yüksek irtifa dümeni bulunan uçakların da hangarı kullanabilmesi için çatısında bir yarık bulunan türünü ya da tipini Resim 5-48 göstermektedir.



Resim 5-48: Bir hava limanında gürültü hangarı (yarılmış bir çatı uygulaması) [25]

Boeing 747 tipi uçakların da kullanabildiği bir gürültü hangarı, Münih Hava Limanında vardır (Resim 5-49). Bu hangar hava alanının güney - batı kenarında bulunmaktadır. İlk yerleşim yeri hangarın arkasında yer alırken, hangarın önünde hava alanı uzanmaktadır.



Resim 5-49: Münih Hava Limanındaki gürültü hangarı

Bu düşüncenin daha da iyileştirilmiş halini, yakın yerleşim yerleri nedeniyle çok sorunlu olan Hamburg-Fuhlsbüttel Hava Limanındaki hangar ortaya koymaktadır. Resim 5-50'nin de gösterdiği gibi hangar yarılmış çatısı nedeniyle hem A 340 uçak modelleri, hem de yüksek irtifa dümenine sahip (örneğin MD-10 gibi) uçak modelleri için uygundur. Ayrıca yüksek irtifa dümenine sahip bir uçağın içeri girmesinden sonra çatıdaki yarık, buradaki ses yayılma yolunu da kesmek için açılıp kapanabilen bir kapak ile kapatılır.



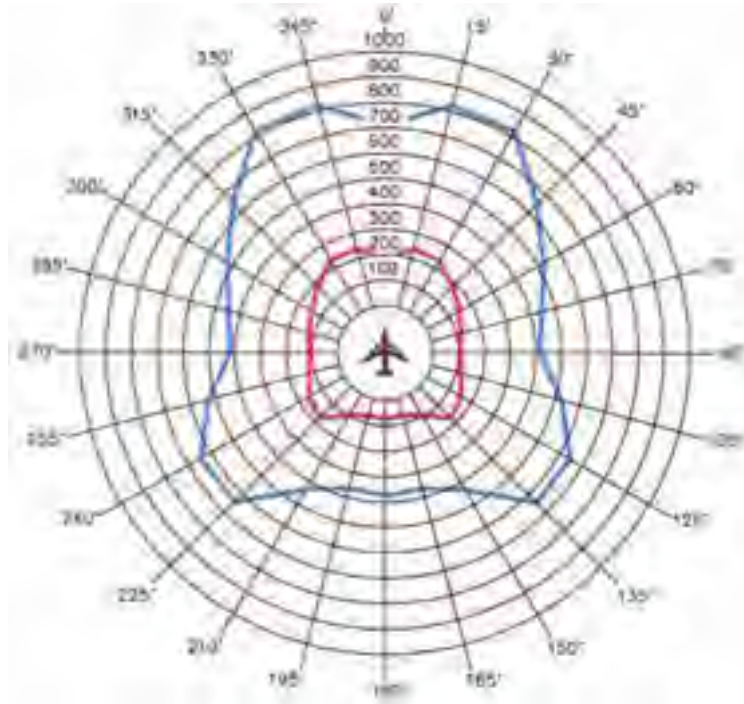
Resim 5-50: Hamburg-Fuhlsbüttel Hava Limanındaki gürültü hangarı (hangar kapısı açık)

Resim 5-51, motor takımı test sürüşü için bir kapı ile kapatılmış bir hangarı göstermektedir. Yüksek maliyet gerektiren hangar kapısı konstrüksiyonu, motorun çapraz rüzgar şartlarında dahi paralel hava akımına uğramasını mümkün kılabilmek için kullanılmaktadır.



Resim 5-51: Hamburg-Fuhlsbüttel Hava Limanındaki gürültü hangarı (hangar kapısı kapalı)

Motor takımı test sürüşleri için kullanılan bir hangarın gürültü azaltma potansiyelini görsel olarak Şekil 5-52 göstermektedir. Bu arada kararlı bir emisyon seviyesine hem hangar olmadan (mavi renkteki kontur) hem de hangarlı olarak (kırmızı renkteki kontur) hangi mesafeden erişildiği belirtilmiştir.



Şekil 5-52: Motor takımı test sürüşleri için bir hangarın gürültü azaltma potansiyeli (kararlı bir emisyon seviyesi için hangar olmadan (mavi renkteki kontur) ve hangarlı olarak (kırmızı renkteki kontur) m cinsinden mesafesi) [25]

5.7.2. Askeri Hava Alanlarında Alınacak Önlemler

Askeri jet uçaklarının yüksek gürültü emisyonları - 100 m mesafede maksimum motor gücü ses seviyesi yaklaşık olarak 125 dB olarak ölçülmüştür -, motor takımı test sürüşleri için bir tesis yapısını gerektirmektedir. Bu yüzden Alman Silahlı Kuvvetlerine ait 25'in üzerindeki hava alanında ve de askeri hava taşıtlarının bakımının yapıldığı atölye özelliğindeki hava alanlarında Federal Almanya Cumhuriyetinde askeri uçaklar için motor takımı test sürüşleri için 53 adet gürültü hangarı kurulmuştur. Bu arada kullanım alanı bakımından Alman Silahlı Kuvvetleri, alışlageldiği biçimde hangarın birini sökülmüş motorların test edilmesi için ve ikinci bir hangarı ise uçaklara takılmış motorları test etmek için kullanmaktadır. Resim 5-53, içlerinde o an bir uçağın test sürüşünün yapıldığı yan yana duran hangarları göstermektedir. Resim 5-54, içinde bir uçağın test sürüşü için hazırlanmakta olduğu hangarın iç kısmını göstermektedir. Bir test sürüşünde önde yer alan hangar kapıları personelin güvenliği için kapatılır. Motorlar için hava çatıdan emilir, diğer taraftan hava çıkışı ses soğurucu malzeme ile kaplanmış silindir biçiminde bir kanaldan sağlanır (Resim 5-55). Atık gaz püskürmesi yüksek ısı ve yüksek egzoz hızı nedeniyle yine hangarın çatısından emilen ilave bir soğutucu hava ile çevrelenmelidir. Tekrar sirkülasyonun önlenmesi için uçağın arka tarafı uçağın gövde şekline uyan bir kapı ile kapatılmalıdır.



Resim 5-53: Alman Silahlı Kuvvetlerinin motor takımı test sürüşü için gürültü koruma ekipmanı

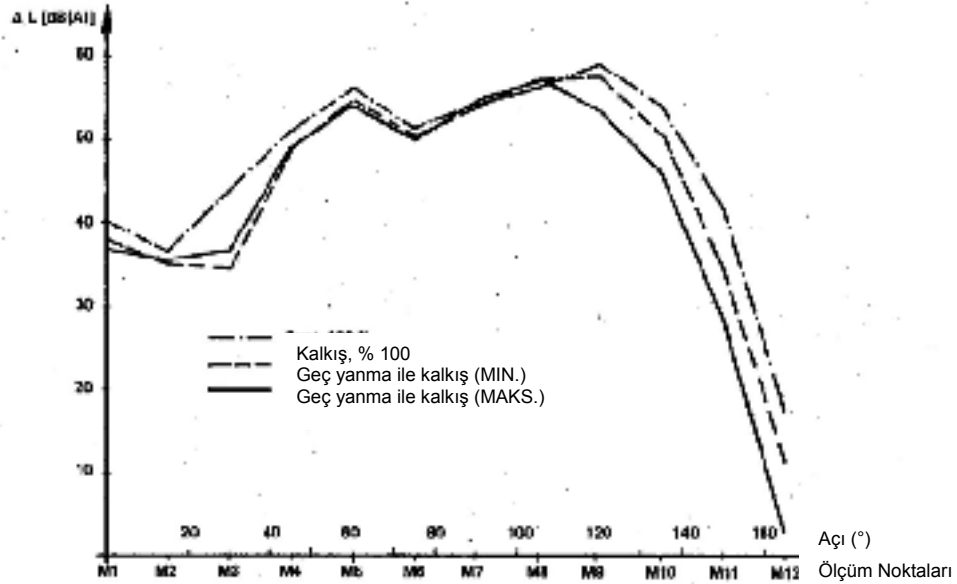


Resim 5-54: Alman Silahlı Kuvvetlerinin motor takımı test sürüşleri için gürültü koruma ekipmanı (içerden görünüş)



Resim 5-55: Alman Silahlı Kuvvetlerinin motor takımı test sürüşleri için gürültü koruma ekipmanı (atık gaz borusu)

Bu konstrüksiyon sayesinde elde edilebilen gürültü azaltımı Şekil 5-56'da ortaya konmuştur. Bu şekilden 35 dB'den (önde) 60 dB'e kadar (hangarın yan kenarlarında) bir gürültü azaltımı elde edildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5-56: Alman Silahlı Kuvvetlerine ait farklı motor veriminin gürültü koruma tertibatının açısına bağlı olarak motor takımı test sürüşleri için bir gürültü koruma tertibatına yönelik gürültü azaltımı [26]

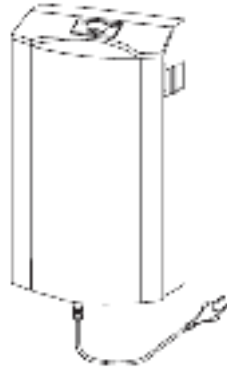
5.8. Yapısal Ses Koruma Önlemlerine Dayalı Olarak Uçak Gürültüsünün Azaltımı

Yukarıda belirtilen uçak gürültüsü azaltma önlemlerine ek olarak çoğu zaman Bölüm 8’de detaylı bir biçimde ele alınan yapısal ses koruma önlemleri gereklidir. Burada önlem olarak ilk etapta bir ses koruma camının hava limanı işletmecisi tarafından ödenecek şekilde sonradan takılması söz konusudur (Resim 5-57).



Resim 5-57: Bir ses koruma camının takılması [27]

Gece uçuş gürültüsünün düzenli bir biçimde oturan bölgelerde ortaya çıktığı durumlarda ses koruma camlarına ek olarak yatak odalarında bir ses koruma cihazına da ihtiyaç duyulur. Resim 5-58 özellikle sonradan da takılabilen bir ses koruma cihazını göstermektedir.



Resim 5-58: Ses koruma havalandırıcısı [28]

Ek 5.A.

Effektive Perceived Noise Level (EPNL / Etkili algılamalı gürültü seviyesi)'in Tespit Edilmesi

EPNL (Effektive Perceived Noise Level), yalnızca hava taşıtlarının gürültü ruhsatları için kullanılır. Bu seviye ilk önce bir PNL (Perceived Noise Level / algılamalı gürültü seviyesi) ile özetlenen ölçüm sonuçlarına (gürültü seviyesi zaman akışı) dayanmaktadır. PNL'nin ölçü birimi PNdB ile belirlenmesinde bir gürültü seviyesi zaman akışının spektral verilerinden ilkönce algılanan rahatsızlık (NOY) ve bundan hareketle tüm seviye zaman akışını kapsayan ve daha sonra bir dönüştürme hesabı tablosunun yardımıyla PNdB'ye dönüştürülen toplam rahatsızlık oluşturulur. Her gürültü seviyesi zaman akışı için son olarak ICAO Annex 16, Band I, Bölüm 4.3 ya da ETM [29] (Environmental Technical Manual (Çevresel Teknik Kullanım)) [] gereği ses tutuculuğu için bir C(k faktörü belirlenir. Bunu takiben PNL gürültü seviyesi zaman akışının entegrasyonu ile gürültünün süresi için t_{10} zamanı esnasında toplam gürültü seviyesi zaman akışı üzerinden bir D faktörü oluşturulur. t_{10} zamanı, ICAO Annex 16, Band I, Bölüm 4.5'e göre tespit edilir. Sürekli faktör D'nin PNLTM'ye ilave edilmesi ile aranan EPNL değeri elde edilir. Sıradaki Şekil 5-61 EPNL değerinin tespiti için yapılan işlemleri şematik olarak göstermektedir.

Ruhsat ölçüm değerleri arasında EPNL'ye ve alışlageldiği gibi ölçü değeri olarak kullanılan L_{Amax} 'a dönüştürme işlemini ancak yaklaşık olarak hesaplamak mümkündür. Kaba bir yaklaşık hesapla EPNdB değerine göre L_{Amax} değeri 10 - 15 dB civarında daha düşük çıkmaktadır. Amerikan Havacılık Dairesi FAA, AC 36-4 (Advisory Circular AC 36-4 [30]) verileri ile (EPNL değerleri ve L_{Amax} değerleri) değişik hava taşıtlarını karşılaştırmıştır. Tablo 5-4, FAA verilerinin bir bölümünü göstermektedir.

Tablo 5-4: EPNL değerinin tespiti için yapılan işlemlerin şematik olarak gösterilmesi

İŞLEM BASAMAKLARI	HEDEFLERİN DEĞERİ
0. Başlangıç noktası: Bir - üç oktav aralığında ölçülen ses basınç seviyesi (SPL)	SPL(i,k)
1. Anlık algılanan gürültü seviyesinin (PNL) ortalama üçlü işlem basamakları (algılanan gürültünün tespiti $n(i, k)$, toplam algılanan gürültünün hesaplanması $N(k)$, olarak belirlenmesi ve de $N(k)$ 'nin $PNL(k)$ 'ya dönüştürülmesi	PNL(k)
2. Ses düzeltme faktörü $C(k)$ 'nin her spektrum için belirlenmesi; Bölüm 4.3 ve ETM'de yer alan şartnamelere göre hesaplanması	$C(k)$
3. Ses düzeltimi yapılmış anlık algılanan gürültü seviyesinin, ses düzeltme faktörünün algılanan gürültü seviyesinin (PNL) ile toplanarak belirlenmesi ve de PNL'nin maksimum değerinin belirlenmesi: PNLT _M	PNLT(k) PNLT _M
4. Devamlı düzeltme faktörü D 'nin t_{10} zamanı süresince PNLT(k) ile entegrali yoluyla Bölüm 4.5'de yer alan şartnamelere göre hesaplanması	D
5. PNLT _M 'nin devamlı düzeltme faktörü D ile toplanması yoluyla efektif algılanan gürültü seviyesi EPNL'nin belirlenmesi	EPNL
Yorum: Annex 16'ta göre EPNL'nin belirlenmesi için bu beş basamak ve de gerekli ortalama işlem basamakları detaylı olarak EK 2, Bölüm 4'de açıklanmıştır. İlgili bilgiler ETM'de (Environmental Technical Manual, ICAO Doc. 9501) yer almaktadır.	

Tablo 5-5: Bazı uçak modellerine ait EPNL değerleri ve L_{Amax} değerlerinin karşılaştırılması

UÇAK TİPİ	MOTOR	MTOM (KG)	EPNL CİNSİNDEN FAA GÜRÜLTÜ LİSTESİ (EPNDB)		(DB(A)) CİNSİNDEN YAKLAŞIK L _{AMAX}	
			Kalkış	İlerleme	Kalkış	İlerleme
B 747-400	CF6-80C2B1F	396,893	99.8	103.8	87.9	94.2
B 737-300	CFM56- 3B-2	58,472	82.8	99.6	71.5	89.5
B 757-300	RB211-535E4B	106,989	84.0	95.2	69.0	85.7
A 310-324	PW 4152	150,000	90.6	100.2	76.2	91.6
A 319-131	V 2522A5	71,999	85.3	94.5	73.2	83.5
A 320-231	V 2500 A1	73,500	86.6	96.6	72.9	84.7
Lazerjet 60	PW 305A	10,478	70.8	87.7	60.9	77.4
MD 80	JTBD-217C	72,575	91.5	93.7	78.3	83.8
Kaynak:			FAA 2001		FAA 2002	

Bibliyografya

- [1] Hünecke, K.; Flugtriebwerke, Motorbuch Verlag, Stuttgart 1993 (Uçak Motorları, Motorbuch Yayınevi, Stuttgart 1993)
- [2] Rolls-Royce; The Jet Engine, 1986
- [3] Holste, F.; DGLR Workshop, 2001
- [4] MTU ? Arcachon
- [5] Umweltbundesamt, Lärmbekämpfung '88, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1988 (Federal Çevre Dairesi, Gürültünün Önüne Geçilmesi '88, Erich Schmidt Yayınevi, Berlin 1988)
- [6] Mau, K.; DGLR Workshop, 2001
- [7] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 16 - Environmental Protection, Volume I - Aircraft Noise, 4th Edition, July 2005
- [7 a] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 16
- [7 b] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 16
- [8] Federal Aviation Administration (FAA), Federal Aviation Regulation (FAR) Part 36 - Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification
- [9] Smith, M.; Aircraft Noise, Cambridge University Press, Cambridge 2004
- [10] Farklı Motorlara Sahip A320
- [11] Airbus
- [12] CAEP Taslağı
- [13] Internet sayfası, <http://www.airliners.net>
- [14] International Civil Aviation Organization (ICAO), "Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations (PANS-OPS)", Band I und II , Doc. 8168/611, 4th Edition, 1993
- [15] Jeppesen Airway Manual, Europe - Mediterranean
- [16] TU Berlin, 2000
- [17] Federal Aviation Administration (FAA), Noise Abatement Departure Profile, FAA Advisory Circular 91-53, 22.07.1993
- [18] International Civil Aviation Organization (ICAO), Annex 10 - Aeronautical Telecommunications, Volume 1, "Radio Navigation Aids", 5th Edition, July 1996
- [18] Mensen, H., Moderne Flugsicherung, Organisation, Verfahren, Technik, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin 1993 (Uçuş Güvenliği, Organizasyon, Prosedür,

Teknik, 2. Baskı, Springer Yayınevi, Berlin 1993)

- [19] Boeing
- [20] International Civil Aviation Organization (ICAO), ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services, Doc. 9082/6, 6th Edition, 2001
- [21] Hochfeld, C. et al., Ökonomische Massnahmen zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Flugverkehrs: Lärmabhängige Landengebühren (FKZ 201 96 107 des Umweltbundesamtes), Öko-Institut, Mai 2004 (Uçuş Trafiğinin Çevre Etkilerinin Azaltımına ilişkin Ekonomik Önlemler: Gürültüye Bağlı İniş Ücretleri (Federal Çevre Dairesinin 201 96 107 sayılı Uçuş Trafiği Ruhsatları) Eko Enstitüsü, Mayıs 2004)
- [22] Avrupa Parlamentosu ve Meclisinin Birliğin Hava Limanlarında Gürültüye Bağlı İşletim Sınırlamaları için Kurallar ve Prosedürler hakkında 26. Mart 2002 tarih ve 2002/30/EC sayılı Direktifi, 28.03.2002 gün ve L 85/40 sayılı Avrupa Birliği Resmi Gazetesi
- [23] International Civil Aviation Organization (ICAO), Assembly Resolution 33-7: Consolidated Statement of Continuing ICAO Policies and Practices related to Environmental Protection, Doc. 9790
- [24] Internet sayfası, <http://www.blastdeflection.com>, Lynnco Blast Deflectors, Inc., 2004
- [25] Internet sayfası <http://www.apsgermany.de>, R&M Airport Protection Systems APS GmbH, 2004
- [26] Laube L.; Lärmschutzeinrichtungen für Triebwerksprobeläufe für Flugzeuge mit geringem Bypass-Verhältnis (Düşük Bypass İlişkisi olan Uçakların Motor Test Sürüşleri için Gürültü Koruma Tertibatları)
- [27] Passiver Schallschutz, Fraport AG, Frankfurt/Main 2001 (Pasif Ses Koruma, Fraport AG (Anonim Şirketi), Frankfurt/Main 2001)
- [28] Internet sayfası, <http://www.siegenia-aubi.de>, Siegenia-AUBI GmbH, 2007
- [29] International Civil Aviation Organization (ICAO), Environmental Technical Manual on the Use of Procedures in the Noise Certification of Aircraft, Doc. 9501, 3rd Edition, 2004
- [30] Federal Aviation Administration (FAA), Estimated Airplane Noise Levels in A-Weighted Decibels, Advisory Circular AC 36- 3 H, 25.04.2002