AVAS (ACOUSTIC VEHICLE ALERTING SYSTEM)

Hazırlayan
Fatih Furkan BARUT Yapısal Analiz Mühendisi

Tarih: 30/01/2024

“Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)” elektrikli ve hibrit taşıtlara uyarlanan yayaları uyarmak için entegre edilen bir ses sistemidir. Özellikle düşük hızlarda bu tip araçlar çok sessiz çalıştığı için etrafta bulunan yayalar tarafından fark edilebilmeleri oldukça zordur. Bu sessiz çalışma nedeniyle oluşabilecek kazaların önüne geçmek için farklı ülkelerde farklı regülasyonlar yayınlanmıştır ve elektrikli taşıt üreticileri bu regülasyonlara tabii tutulmaktadır. Actran’ın 2023.2 versiyonu ile birlikte üreticiler, geliştirdikleri uyarım sisteminin (AVAS) regülasyonlara uygun olup olmadığını değerlendirebilir.

1. GİRİŞ

Elektrikli ve hibrit taşıtlar, içten yanmalı bir motora sahip taşıta göre, özellikle 20 km/h hızın altında çok sessiz çalışmaktadır ve yayalar tarafından fark edilebilmeleri oldukça zordur. Dolayısıyla trafik esnasında bir takım kazaların yaşanması olası bir durumdur. Bu konu ile ilgili yayınlanan raporlara göre elektrikli araçların trafikte fark edilememesi ile ilgili bazı kazalar yaşanmıştır. Elektrikli taşıtların sessiz çalışmasından kaynaklı olarak yaşanabilecek kazaların önüne geçmek için farklı ülkelerde farklı regülasyonlar yayınlanmıştır ve uyarım sistemlerinin (AVAS) elektrikli taşıtlarda kullanımına karar verilmiştir.

Uyarım sistemleri (AVAS) tarafından üretilen ses seviyesi, taşıt hızına ve gaz pedalının konumuna göre değişiklik göstermekle birlikte bu sesin üretimi için aktuatör gibi parçalara ihtiyaç duyulmaktadır.

“World Blind Union” ve ABD'deki görme engelli kişilere yönelik diğer kuruluşların girişimlerine dayanarak, 20-30 km/h'in (QRTV) altındaki hızlarda çalışan araçların minimum dış ses seviyesi gerekliliklerini açıklayan uluslararası düzenlemeler geliştirilmiştir. Bu ses seviyesinin limitleri bölgesel olarak farklılık göstermektedir. Örneğin Birleşmiş Milletler 2016 yılından itibaren “ECE 138” regülasyonlarına tabii tutulurken, Amerika bölgesi “FMVSS 141” regülasyonuna tabii tutulmaktadır.

ABD regülasyonlarındaki gereksinimler, özellikle maksimum araç hızı ve yapay olarak üretilen sese yönelik tonalite gereksinimleriyle ilgili olarak ECE düzenlemesinden biraz farklıdır. “UN ECE Reg.138”'in temel ilkeleri AB tarafından 540/20144 yönetmeliğinde uygulanmıştır. Bu yönetmelik, 1 Temmuz 2019'dan sonra üretilen tüm yeni araçların “AVAS”ı içermesi gerektiğini belirtmektedir.

Her iki düzenleme de aynı uluslararası onaylı ses ölçüm yöntemleri olan **ISO 162545** ve **SAE J2889-16**'ya dayanmaktadır.

ECE regülasyonlarına göre uyarım sisteminin (AVAS) oluşturduğu minimum ses seviyesi 10 km/h hızda 50 dB(A), 20 km/h hızda 56 dB(A) olmalıdır (+3 dB(A) güvenlik faktörü bulunmaktadır). Sistemin oluşturacağı sesin seviyesi 75 dB(A)'yı geçmemelidir. Bunun yanında taşıtın geriye doğru hareketi esnasında oluşacak ses seviyesi de aynı yöntem ile ölçülmektedir. Burada taşıt geriye doğru 6 km/h hız ile hareket etmelidir ve oluşacak minimum ses seviyesi 47 dB(A) olmalıdır.

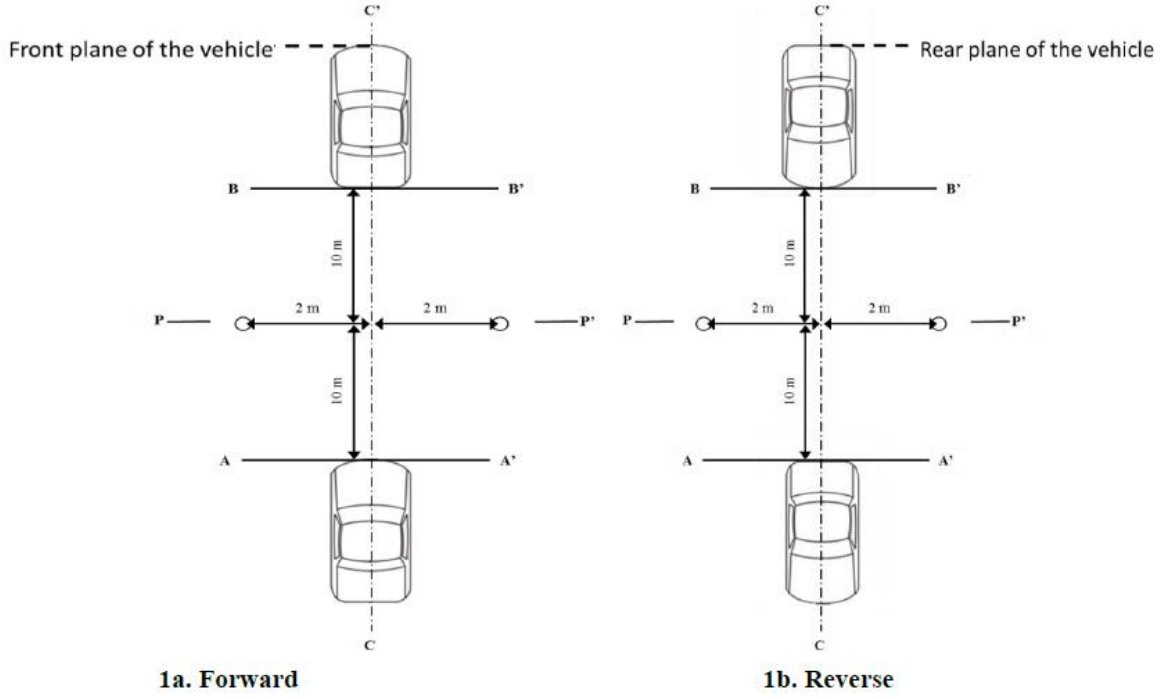
Yine bu standart içerisinde değerlendirmeler gerçekleştirilirken 160 Hz ile 5000 Hz arasında 1/3 octav bandında ölçümler gerçekleştirilmektedir. Düşük frekans bölgesi ve yüksek frekans bölgeleri için ayrı ayrı ölçümler gerçekleştirilebilir. Düşük frekans (500 Hz altı) bölgesinde üretilen sinyaller daha etkili olabilirler fakat ortamda bulunan başka ses kaynakları tarafından maskelenme ihtimali bulunmaktadır.

Ölçümü gerçekleştirecek mikrofonlar sürüş ekseninden 2 metre uzağa konumlandırılmaktadır.

Frequency in Hz		*Constant Speed Test paragraph 3.3.2. (10 km/h)*	*Constant Speed Test paragraph 3.3.2. (20 km/h)*	*Reversing Test paragraph 3.3.3.*
Column 1	*Column 2*	*Column 3*	*Column 4*	*Column 5*
Overall		50	56	47
1/3rd Octave Bands	160	45	50	
	200	44	49	
	250	43	48	
	315	44	49	
	400	45	50	
	500	45	50	
	630	46	51	
	800	46	51	
	1,000	46	51	
	1,250	46	51	
	1,600	44	49	
	2,000	42	47	
	2,500	39	44	
	3,150	36	41	
	4,000	34	39	
	5,000	31	36	

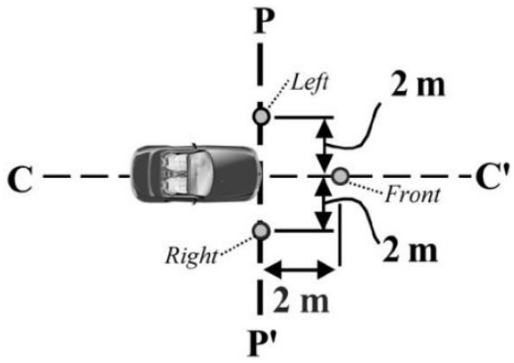
Şekil 1. Minimum Ses Basıncı Seviyesi Gereklilikleri (dBA)

Aracın hızlanması veya yavaşlaması gibi durumları da ölçüme dahil edebilmek için frekans kayması (frequency shift) durumunun göz önüne alınması gerekmektedir. Bu olgunun ölçümlere dahil edilebilmesi için sistemin 5, 10, 15 ve 20 km/h hızlarında oluşturacağı ses basıncı seviyelerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2. ECE 138'e Göre Ölçüm Konuımları

ECE 138'e benzer ölçümler FMVSS 141 içerisinde de yer almaktadır. Bu standart içerisinde de farklı taşıt hızlarına bağlı olarak ölçümler gerçekleştirilmektedir.



Frequency band range, Hz	1/3 octave band center frequency, Hz	Average corrected SPL, dBA	Minimum required SPL, dBA, for selected band	Meets or Exceeds Standard
315-800			**47.0**	☐Yes ☐No
1000-3150			**47.0**	☐Yes ☐No

Calculate the Band sum of the one-third octave bands selected.

$$Band\ Sum = 10\log_{10}\sum_{i=1}^{2} 10^{(SPL_i/10)}$$

BAND SUM = _____ (Must be at least 57 dBA)

Two-band compliance result: Two 1/3 octave bands spanning at least three bands meet the minimum SPLs and band sum requirements for directivity? ☐Yes ☐No

Şekil 3. Durağan Bir Araç İçin Mikrofon Konumları ve Sonuç Değerlendirme (FMVSS 141)

Bu doküman kapsamında bahsedilen regülasyonlar içerisinde bir çok kural bulunmaktadır. Örneğin ortam gürültüsünün (Bacground Noise) ölçümleri ne derecede etkileyebileceği, taşıt hızlarının toleransları, ölçülen değerlerin toleransları ve frekans kayması (frequency shift) gibi konular ile ilgili bilgiler de yer almaktadır.

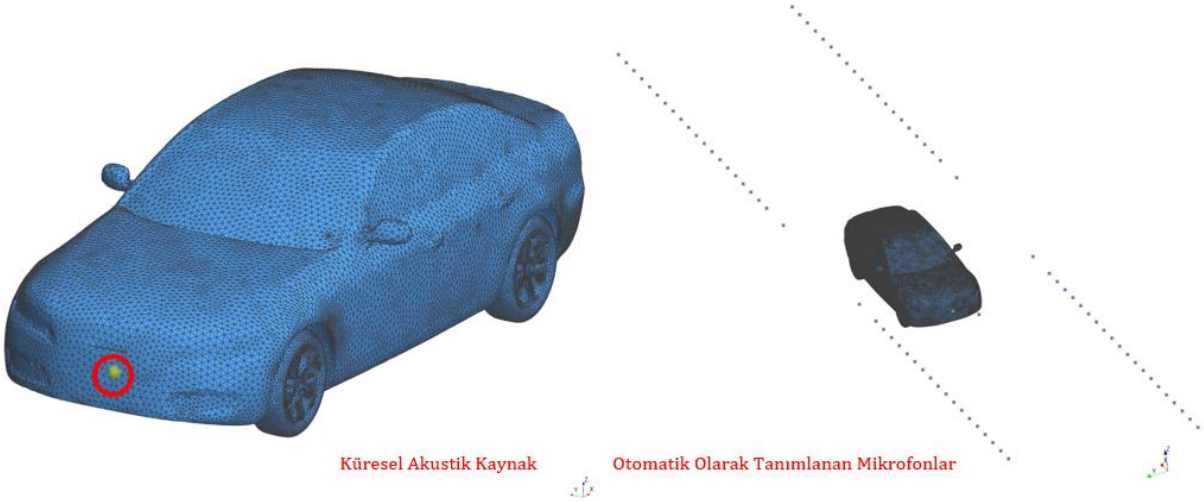
Şekil 4. AVAS Sinyalini Temsil Etmesi İçin Testlerde Kullanılan Örnek Bir Hoparlör

2. AVAS SİMÜLASYONLARI

Her konuda olduğu gibi bu tür sistemlerinde simülasyonlarının, taşıt teste gitmeden önce yapılmasında fayda vardır. Actran'ın 2023.2 versiyonu ile birlikte AVAS ile ilgili simülasyonlar gerçekleştirilebilir ve sistemin regülasyonlara uygun olup olmayacağı konusunda fikir sahibi olunulabilir.

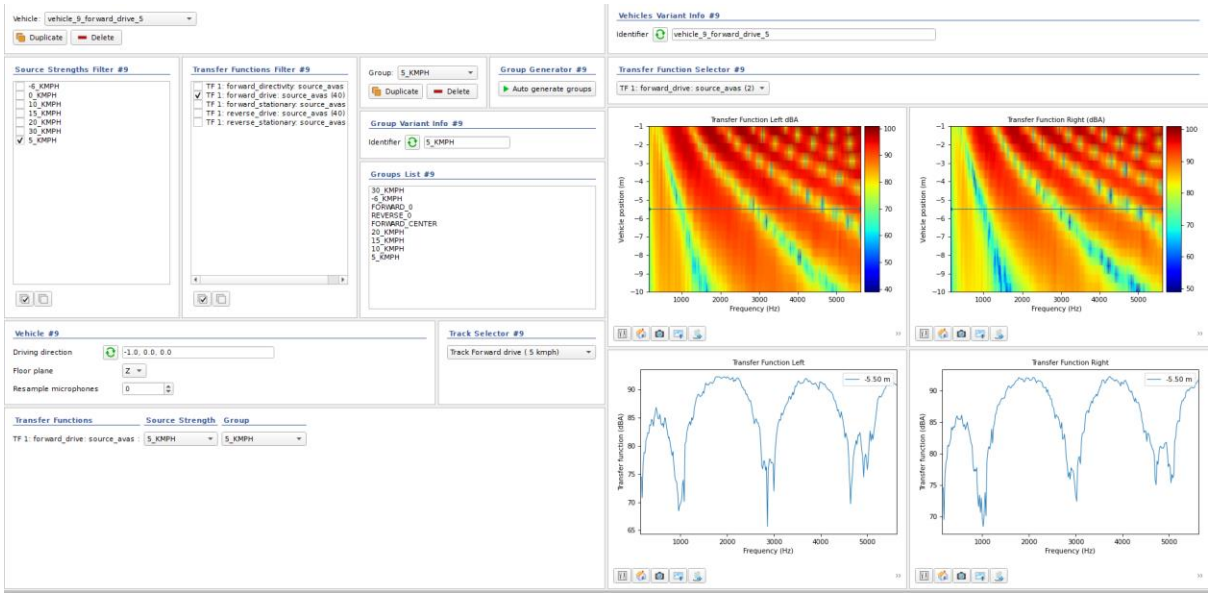
Actran içerisinde simülasyonlar gerçekleştirilirken "Pass-by Noise" uygulamasına benzer bir süreç izlenmektedir.

- ***Taşıta Ait Transfer Fonksiyonunun Elde Edilmesi:*** Taşıta ait transfer fonksiyonu, yazılım içerisinde yer alan adaptif sonlu eleman ağı özellikleri ve gelişmiş çözücü ayarları ile hızlı bir şekilde elde edilmektedir. Bunun yanında AVAS ölçümleri için kullanılacak olan mikrofon konumları da otomatik bir şekilde Actran arayüzü içerisinden tanımlanmaktadır. Transfer fonksiyonu elde edilirken akustik kaynak olarak "Küresel (Spherical) Akustik Kaynak" kullanılabilir.
- ***Taşıt Hızına Bağlı Üretilecek Ses Sinyallerin Belirlenmesi:*** Bu sinyaller gerçek durumda taşıt üzerinden dışarıya yayılacak olan ses basıçlarını içermelidir. Farklı taşıt hızları için farklı sinyaller Actran içerisinde kolaylıkla tanımlanabilir. Bu sinyaller hem test ile hem de Actran içerisinde elde edilebilir. Ayrıca bu datalar taşıt hızına bağlı olmak zorunda değildir, zaman düzleminde yer alan datalarda simülasyonlarda kullanılabilir.
- ***Transfer Fonksiyonun Tanımlanması:*** İlk adımda elde edilen transfer fonksiyonu Actran içerisine aktarılarak, gerçek durumda sistem tarafından oluşturulacak ses sinyalleri ile eşleştirilir.
- ***Sonuçların Değerlendirilmesi:*** Transfer fonksiyonu ve ses sinyalleri eşleştirildikten sonra hem "ECE 138" hem de "FMVSS 141"e göre simülasyon sonuçlarına rahatlıkla ulaşılmaktadır. Actran otomatik olarak hesaplamaları gerçekleştirir ve uyarım sisteminin (AVAS) her bir hız için regülasyonlara uygun olup olmadığını kullanıcıya sunar.



Şekil 5. Akustik Transfer Fonksiyonunun Elde Edilmesi İçin Hazırlanan Model

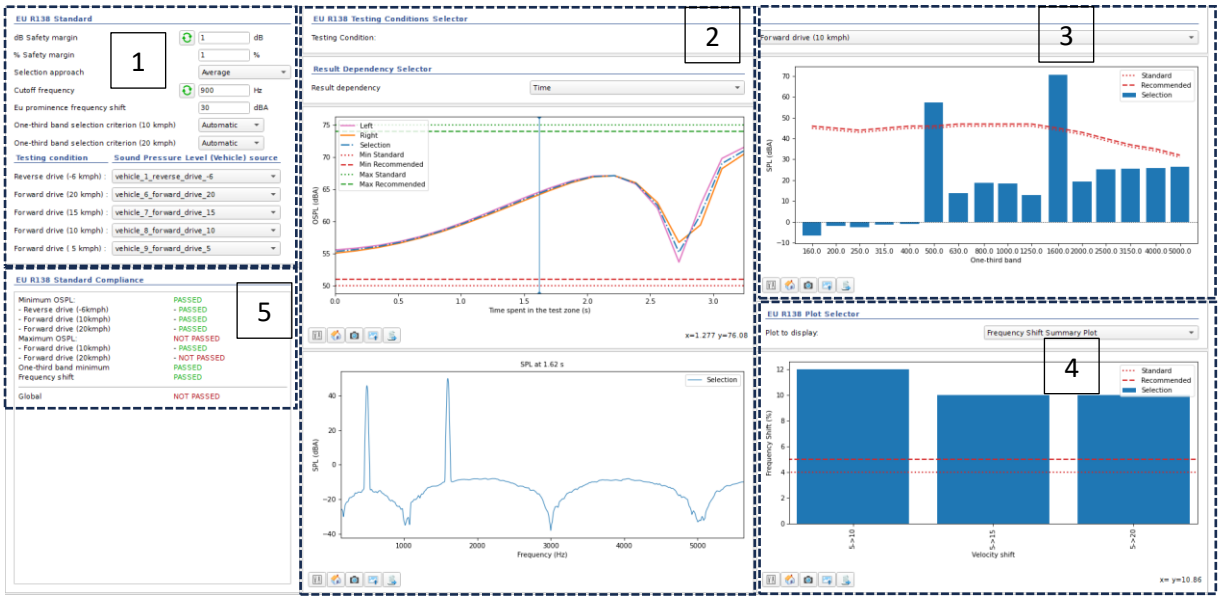
Mikrofon tanımlamalarından da anlaşılabileceği gibi Actran, “Pass-by Noise” simülasyonlarında olduğu gibi AVAS için de “In-Door” yöntemini kullanarak hesaplamalar gerçekleştirmektedir.



Şekil 6. Transfer Fonksyonlarının Akustik Kaynaklar ile Eşleştirilmesi

Actran içerisinde AVAS için bir simülasyon gerçekleştirilirken, yazılım otomatik olarak senaryoları da oluşturmaktadır. Yani kullanıcılar farklı hızlar için tek tek transfer fonksiyonu ve senaryo oluşturmak zorunda değildir. Kullanıcıların Şekil 6’da görülen ekrandan, yalnızca taşıta ait farklı hızlarda sistem tarafından üretilecek olan sinyaller ile Actran tarafından otomatik bir şekilde oluşturulan transfer fonksyonlarını eşleştirmeleri yeterli olmaktadır.

Son olarak Actran Şekil 7'de görüldüğü gibi otomatik bir şekilde hem "ECE 138" hem de "FMVSS 141" regülasyonlarına göre AVAS'ın uygun olup olmadığını değerlendirmektedir. Bu değerlendirmeler gerçekleştirilirken kullanıcılar "Safety Margin ve Frequency Shift" gibi parametreleri düzenleyebilir.



Şekil 7. ECE 138'e Göre Değerlendirme Ekranı

1. Bölüm:

- ***"Safety Margin",*** seçeneği ile regülasyonlarda bulunan limit değerleri değiştirilerek daha güvenli bölgelerde çalışılabilir.
- ***"Selection Approach",*** seçeneği ile ne tür sonuçların hesaplamaya dahil edilebileceği belirlenmektedir. "Average, maximum, minimum, keep independently, minimum of maxima" seçenekleri kullanılabilir durumdadır.
- ***"Cutoff Frequency",*** frekans kaymasının (frequency shift) hesaplanacağı noktayı belirtmek için kullanılır.
- ***"One-Third Band Selection Criterion",*** her bir hız için çalışılacak frekans aralıkları bu alanda belirtilmektedir.

2. Bölüm:

- Zaman ya da konum bilgisine göre taşıt üzerinden ortama yayılan ses basıncı seviyelerinin görüntülendiği bölümdür. Mikrofonlar üzerinden okunan ses basıncı seviyeleri [dB(A)] ve ilgili regülasyonda bulunan limit değerlerin görüntülendiği bölümdür. Actran otomatik bir şekilde bu grafiği oluşturmaktadır.

3. Bölüm:

- Bu bölümde 1/3 octav bandında, taşıt hızına göre ses basıncı seviyeleri [dB(A)] görüntülenmektedir.

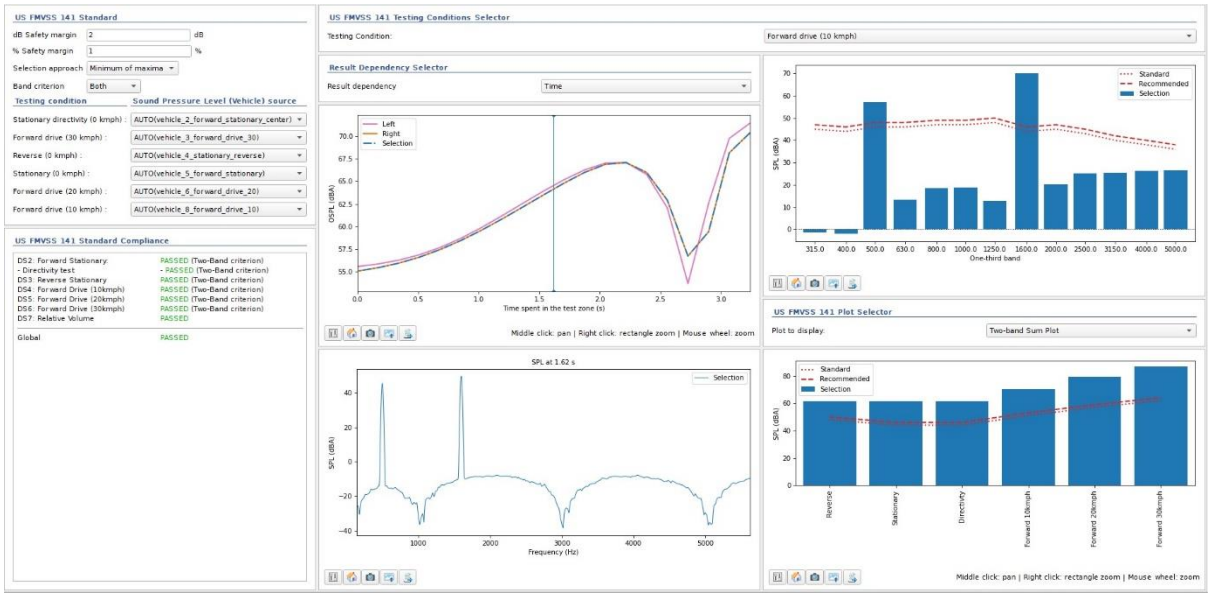
4. Bölüm:

- Taşıt hızına bağlı olarak frekans kaymalarının ve standartlarda yer alan limitlerin görüntülendiği bölümdür

5. Bölüm:

- Bu bölümde otomatik olarak AVAS'ın regülasyonlara uyup uymadığı Actran tarafından değerlendirilir. Şekil 7'de de görüldüğü gibi farklı taşıt hızları için değerlendirmeler gerçekleştirilmektedir. Regülasyonlara uygun olan sistem sinyallerinin karşısında **"PASSED",** regülasyonlara ugun olmayan sinyallerin karşısında ise **"NOT PASSED"** yazısı yazmaktadır.

Aynı arayüz içerisinden Şekil 8'de görüldüğü gibi FMVSS 141 regülasyonu için de değerlendirmeler yapılabilir.



Şekil 8. FMVSS 141'e Göre Değerlendirme Ekranı

6. REFERANSLAR

- LAIB F., SCHMIDT J.A., "Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) Of Electric Cars and its Possible Influenc", 2019, Almanya
- FORINO A.,ECKSTEIN L., VIEHÖFER J., PAMPEL J., "Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) – Regulations, Realization and Sound Design Challenges", *SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst.* 9(3):2016,
- UN Regulation No. 138
- BERGE T.,HAUKLAND F., "Adaptive Acoustic Vehicle Alerting Sound, AVAS, For Electric Vehicles", *2019*
- Actran 2023.2 User's Guide Vol. 1
- Actran 2023.2 User's Guide Vol. 2