

BUĞU ÇÖZME PERFORMANISINI ARTTIRAN HAVA KANALI TASARIM İTERASYONLARI

Belkıs Erzincanlı Süsler^{*}, Hakan Altunkayık^{*}, Fatih Enbuk^{*}

^{*} HEXAGON STUDIO, KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada, Hexagon Studio tarafından tasarlanan bir şehirlerarası otobüsünün, ön cam buğu çözme performansının artırılmasına yönelik çalışmalar sunulmuştur. Kötü hava şartlarında aracın ön camında oluşan buğunun en kısa sürede çözülmesini sağlayacak hava kanalı tasarımları iteratif olarak çalışılmıştır. Her bir hava kanalı tasarımında üfleçlerden çıkan havanın hangi hızda ve ne kadar homojen dağıldığı HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) analizleri ve testlerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Üfleçlerden çıkan havanın hız ölçümlerinin yanı sıra en iyi sonucu veren tasarımın performansı mevcuttaki baz hava kanalı ile aynı araç üzerinde ve aynı koşullarda iklimik oda laboratuvarında karşılaştırmalı olarak buğu çözme testine tabi tutulmuştur. Test sonuçları yeni tasarlanan hava kanalının buğu çözme performansında baz hava kanalına göre önemli bir gelişme sağladığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Yolcu Otobüsü, Buğu Çözme, Hava Kanalı, Ön Cam, HAD

PLENUM DESIGN ITERATIONS TO IMPROVE DEMIST PERFORMANCE

ABSTRACT

In this study, the goal is to improve the demist performance of a coach bus designed by Hexagon Studio. Iterative studies have been carried out to design the optimum plenum that helps the mist to dissolve on the windshield as quickly as possible. The flow velocities and distribution through nozzles of each plenum design are investigated by comparing the CFD and test results. In addition to the velocity measurements, the plenum design which gives better results has been subjected to a comparative demist test with the baseline plenum on the same vehicle at the same conditions in a climatic cold room. The test has shown that the new plenum design provides a substantial enhancement in demist performance in comparison to the baseline plenum.

Keywords: Coach, Demist, Plenum, Windshield, CFD

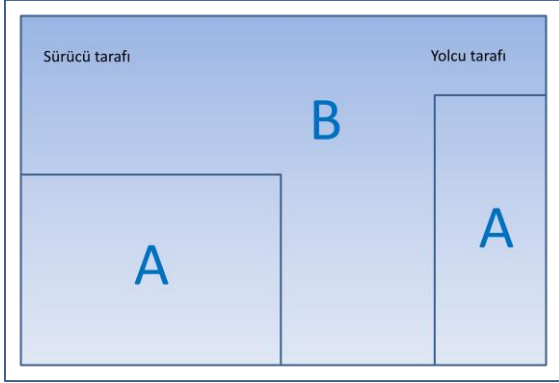
1. GİRİŞ

Havanın içerisinde bulunan su buharı daha soğuk bir yüzeye çarptığında onun üzerinde yoğunlaşarak buğunun oluşmasına neden olur. Araba camlarında oluşan buğu sürüş güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Bu çalışma araç ön camlarında oluşan buğunun en kolay ve hızlı şekilde giderilmesini sağlayacak ön cam üfleme hava kanalı tasarım ve optimizasyonunu içermektedir. Hava kanalının matematik modeli üzerinde HAD analizleri gerçekleştirilmiş ve üretilen prototiple gerçek araç

üzerinde hız ve debi hesaplamaları yapılarak doğrulanmıştır. Hız ölçümlerinin yanı sıra, soğuk odada tam ölçekli bir otobüs üzerinde, buğulanma koşulları sağlanarak buğu çözme testleri yapılmış ve hava kanalından çıkan havanın ön cam buğusunu çözmesi dakika dakika fotoğraflanarak ve video çekerek kaydedilmiştir.

Buğu çözme kriterini belirlemek için ilgili tüm standartlar [1-5] incelenmiş ve ortak olan kriter esas alınmıştır. Buna göre, 10 dakika sonunda birincil önceliğe sahip A bölgesinin %90'ının geri kalan B bölgesinin de

%80'inin çözülmesi gerekmektedir. İlgili standartlar da göz önünde bulundurularak otobüs ön camı için birincil (A bölgesi) ve ikincil (B bölgesi) buğu çözme önceliğine sahip alanlar belirlenmiş ve şekil 1'de gösterilmiştir.



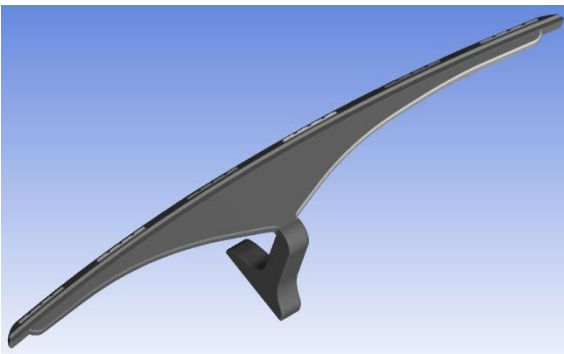
Şekil 1. Otobüs ön camı buğu çözme öncelik alanları

2. HAVA KANALININ MODELLENMESİ ve HAD ANALİZLERİ

Ön cam üfleme hava kanalı datası CATIA V5 R20 ticari yazılımı ile oluşturulmuş ve analiz için HAD analizinde kullanılmak üzere iges formatında yazdırılmıştır.

Hava kanalı tasarımında kanalın özellikle içerisindeki havanın düzgün ve homojen akışına olanak verecek şekilde tasarlanmasına öncelik verildi. Tasarımın istenen seviyede olduğunu kontrol etmek adına bir dizi HAD analizi yapılarak akışın üfleç deliklerinden hangi hızlarda ve homojenlikte çıktığına bakıldı. HAD analizleri sırasında ağ oluşturma işlemi ANSYS ICEM CFD, analizler de ANSYS FLUENT ticari yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

HAD analizi için 3-boyutlu, sıkıştırılmaz, türbülanslı viskoz akışkan modeli kullanılmıştır.

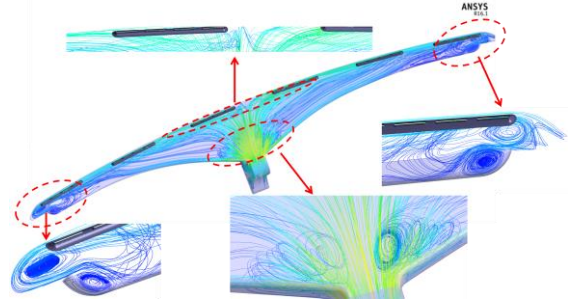


Şekil 2. HAD analizinde kullanılmak üzere hazırlanan 3-boyutlu hava kanalı tasarımı

Hava kanalı üzerindeki modifikasyonlara bağlı olarak 3 farklı analiz yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

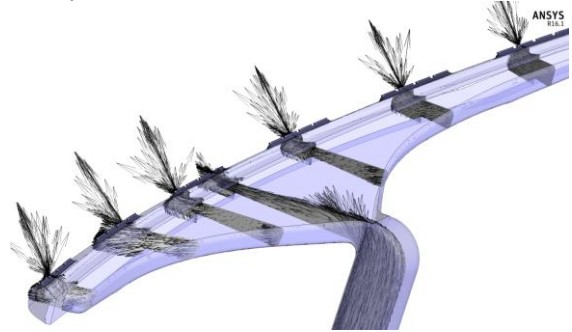
2.1 İterasyon 1

İlk analiz şekil 2'de gösterilen hava kanalı modeli üzerinde gerçekleştirilmiştir. Analizde kararlı hal, sıkıştırılmaz ve izotermal akış kabulü yapılmıştır. Türbülans modeli olarak k-ε modeli kullanılmış ve tüm denklemler için ikinci dereceden ayrıklaştırma kullanılmıştır. Sınır şartı olarak giriş hızı defroster ünitesinden çıkan hava debisi kullanılarak hesaplanmıştır.

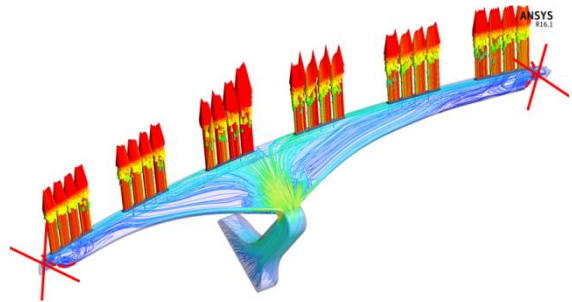


Şekil 3. HAD analizi sonrası data görüntüleme sırasında görünen sirkülasyon bölgeleri

Tasarlanan ilk hava kanalında sağ ve sol uçlarda büyük sirkülasyon bölgeleri oluşmaktadır. Bu da akışta direnç meydana getirmekte ve üfleçlerden çıkan hava miktarını etkilemektedir. Şekil 4'te hava kanalının değişik kesitlerindeki akışın vektörel gösterimi verilmiştir. Her bir üfleçten çıkan havanın hızları da şekil 5'te gösterilmiştir. Bu analizden yola çıkılarak hava kanalının sağ ve sol uçlarının budanarak kısaltılması önerilmiştir.

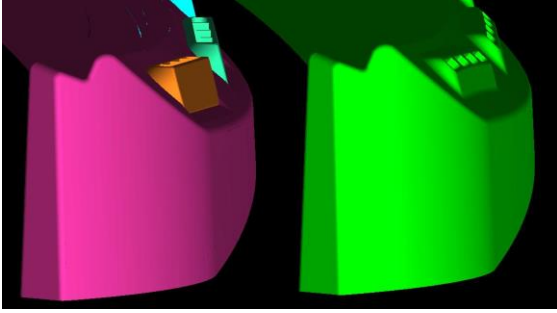


Şekil 4. Hava kanalının değişik kesitlerindeki akışın vektörel gösterimi



Şekil 5. İterasyon 1'de üfleçlerden ölçülen hava hızları

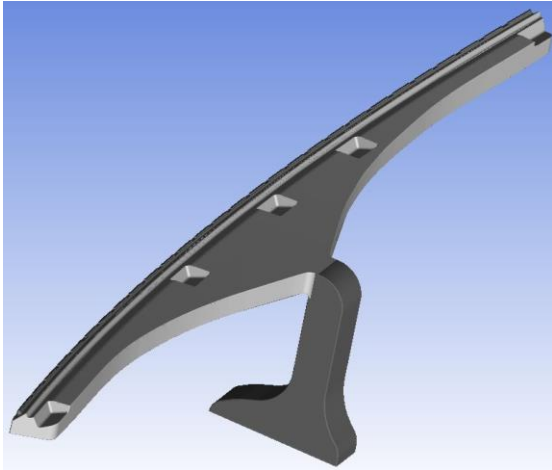
Bu tasarımda baz hava kanalına göre üfleçlerin çıkışından ölçülen hava hızları artmasına rağmen ön cam ile olan etkileşimi incelendiğinde üfleçlerin açısının değiştirilmesi önerilmiştir. Şekil 6'da hava kanalına daha önce uygulanan açılara göre üfleçlerin aldığı konumlar görülmektedir. Daha önce yapılan hava kanalı tasarımlarındaki açılar göz önünde bulundurulduğunda açının önceki iki açı değerinin arasında bir değer olması uygun bulunmuştur.



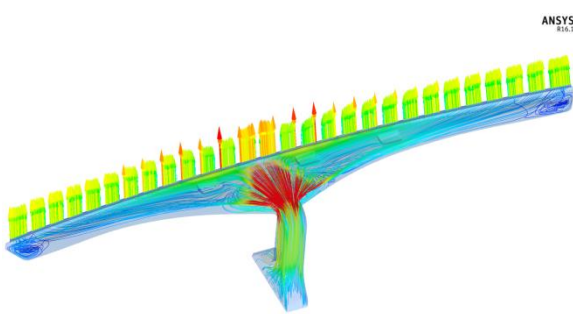
Şekil 6. Farklı açılara sahip üfleç yapıları

2.2 İterasyon 2

İterasyon 2'de hava kanalının uçları budanmış ve sıralı üfleç yapısı uygulanmıştır. Ayrıca üfleçlerin açısı da optimize edilmiştir. Şekil 6'da iterasyon 2'ye ait hava kanalı gösterilmektedir.



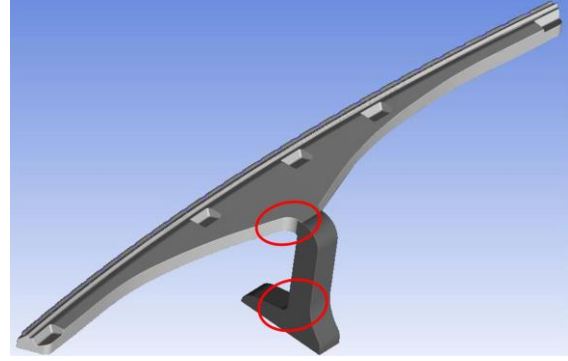
Şekil 7. Revize edilmiş hava kanalı (iterasyon 2)



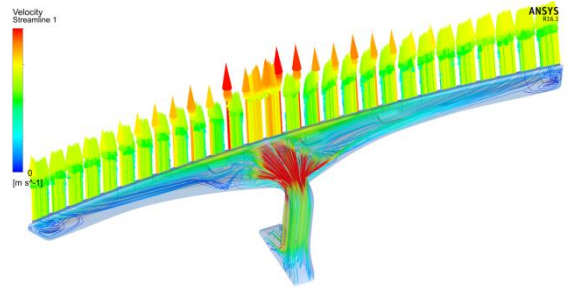
Şekil 8. İterasyon 2'de üfleçlerden ölçülen hava hızları

2.3 İterasyon 3

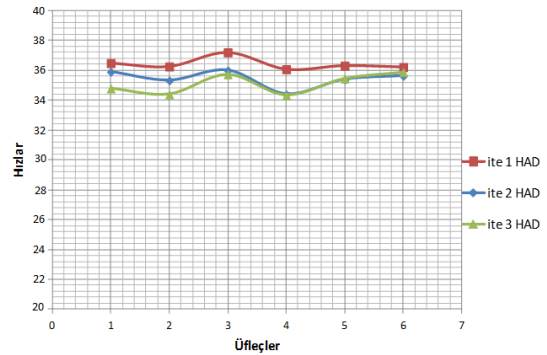
İterasyon 3'de tasarlanan hava kanalının araca adaptasyonu için gerekli bazı minör değişiklikler yapılmıştır. Bunlardan biri hava kanalı gövde kısmındaki simetrisinin bozulması şeklindedir. HAD sonuçları bu minör değişikliğin önceki tasarıma göre çok fark yaratmadığını göstermiştir.



Şekil 9. Revize edilmiş hava kanalı (iterasyon 3)



Şekil 10. İterasyon 3'te üfleçlerden ölçülen hava hızları

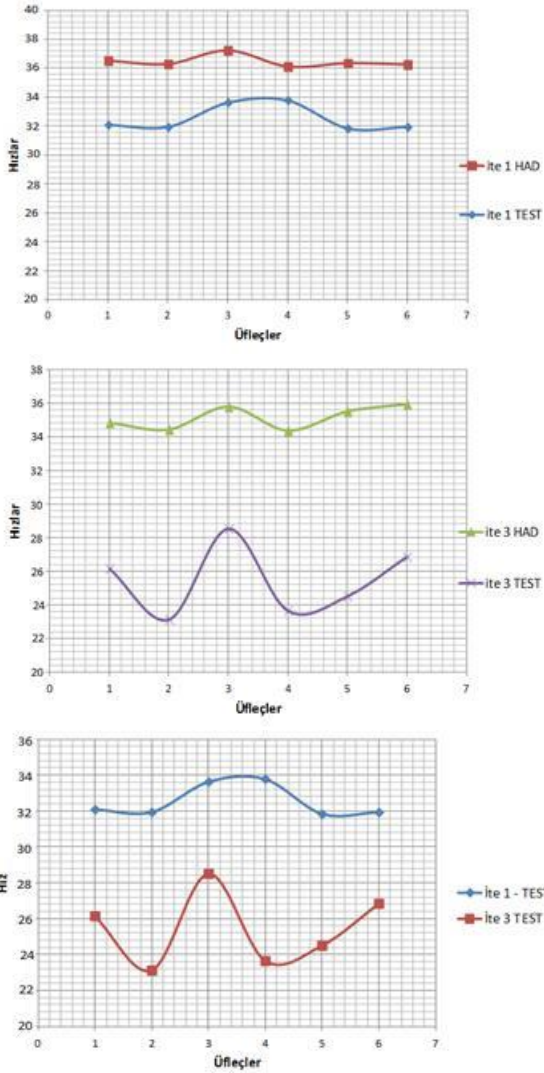


Şekil 11. HAD analizi sonuçlarına göre her üç tasarıma ait hızların karşılaştırılması

3. HAD ANALİZİ SONUÇLARININ TEST İLE VALİDASYONU

HAD analiz sonuçlarını valide etmek için en iyi (iterasyon 1) ve en kötü sonuçları (iterasyon 3) veren iki hava kanalı tasarımına ait modeller atölyede üretilmiş ve uygun son seviye bir araç üzerinde sıcak tel anemometresi kullanılarak her iki hava kanalının

üfleçlerinin çıkışlarından hız ölçümleri alınmıştır. İterasyon 1 ve 3 için HAD analizi ve test sonuçlarının karşılaştırılması şekil 12’de verilmiştir. Her iki iterasyon sonuçlarına bakınca test ve HAD analizi sonuçlarında bir miktar fark olmasına rağmen trendin aynı olduğu görülmektedir. HAD ve test sonuçları arasındaki bu farkın test ölçümlerinin hassasiyetinden ve sıcak tel anemometresinin kalibrasyon hatasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



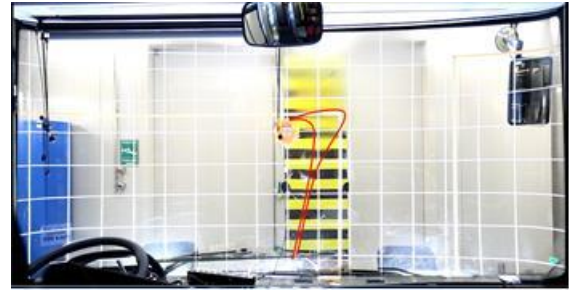
Şekil 12. HAD analizi ile hesaplanan hızların testte ölçülen hızlarla karşılaştırılması

HAD analizleri ve testlere dayanarak hızların en yüksek olduğu iterasyon 1 üzerinde iyileştirmeler yapıldı ve araca adaptasyonu için gerekli iterasyon 3’deki gibi minör revizyonlar uygulandı. Yeni oluşan tasarıma iterasyon 4 adı verildi ve şekil 13’te gösterilen prototipi ürettirildi.

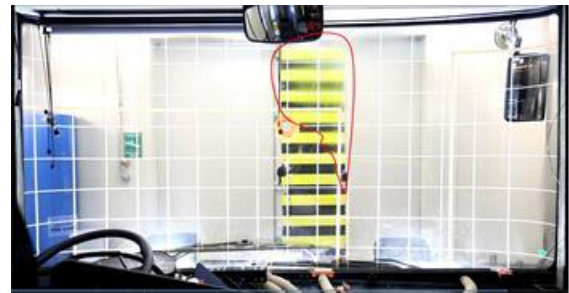
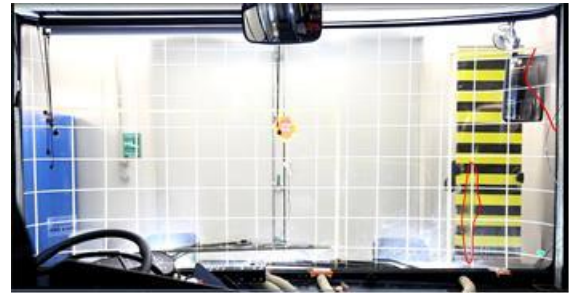


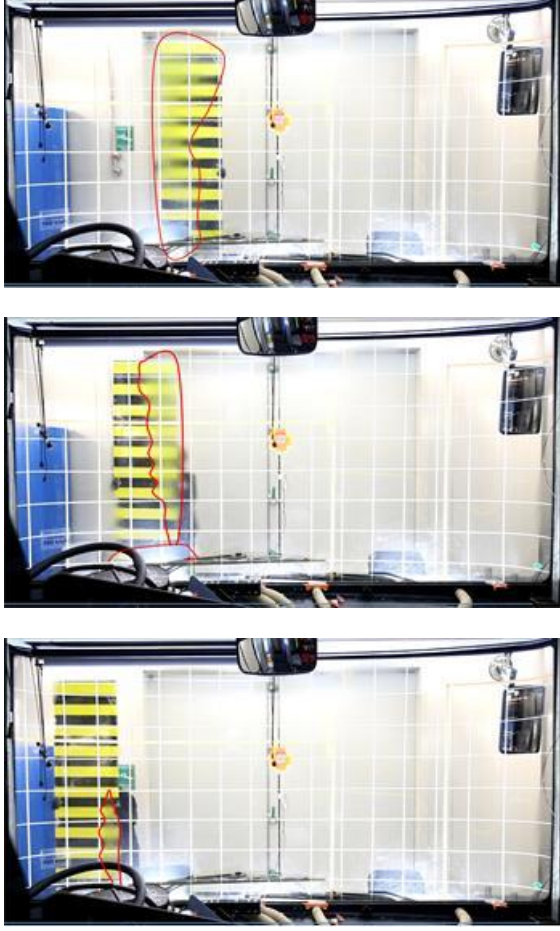
Şekil 13. Atölye şartlarında üretilmiş prototip hava kanalı

Projenin aciliyeti nedeniyle HAD analizi yapılmadan bu yeni üretilen hava kanalı (iterasyon 4) ile aracın buğu çözme sisteminin kabiliyetinin performans testi aracılığıyla belirlenmesi için soğuk odada buğu çözme testi planlandı. Tüm orta ve ağır ticari araç gurupları için ön cam buğu çözme performansını her zaman aynı koşullarda test edebilmeyi mümkün kılmak için mevcut standartlar göz önünde bulundurularak bir test prosedürü hazırlandı ve test bu prosedüre göre gerçekleştirildi. Testte standartlarda belirtildiği üzere 10 dakikanın sonunda ön camda birincil önceliğe sahip A bölgesinde buğunun %90’ının, ikincil önceliğe sahip B bölgesinde ise %80’inin çözülmesi kriterinin sağlanması hedeflenmiştir. Testte son tasarlanan hava kanalı ve baz hava kanalı aynı şartlarda test edilmiş ve 10’ar dakikalık videolarla buğunun çözülmesi görüntülenmiştir.



Şekil 14. Yeni tasarlanan hava kanalı ile 10 dk sonunda ön camda çözülen ve çözülmeyen (kırmızı) bölgeler





Şekil 15. Baz hava kanalı ile 10 dk sonunda ön camda çözülen ve çözülmeyen (kırmızı) bölgeler

Şekil 14 ve 15'ten de anlaşılacağı üzere 10 dakikanın sonunda yeni tasarlanan hava kanalı ile buğu çözme testi sonrasında cam üzerinde sadece küçük bir bölgede az miktarda buğunun kaldığı görülmüştür. Oysa aynı sürenin sonunda baz hava kanalı ile yapılan test sonucu özellikle kritik bölgeler içerisinde birçok bölgede buğunun kaldığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada iterasyon 1 ile başlanan ve iterasyon 3'e kadar incelenen defroster hava kanalı tasarımları içinden hem test hem de HAD hesapları ile hava hızlarının iterasyon 1'de en yüksek değerleri aldığı görülmüştür. İterasyon 1 üzerinde bazı revizyonlar yapılarak iterasyon 4 adı verilen yeni bir hava kanalı tasarlanmış ve şartlandırılmış soğuk odada aynı şartlarda aynı araç üzerinde eski seviye hava kanalı ile karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Yeni tasarlanan hava kanalı (iterasyon 4) ile 9 dakikanın sonunda A bölgesinin neredeyse tamamının (%98'inin), B bölgesinin de yaklaşık %85'inin çözüldüğü görülmüştür. Böylece, buğu çözme standartlarında belirtilen kriter de sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. SAE International Surface Vehicle Recommended Practice(2000), “Windshield Defrosting Systems Test Procedure and Performance Requirements-Trucks, Buses, and Multipurpose Vehicles” SAE Standard J381, Rev.
2. SAE International Surface Vehicle Recommended Practice(2003), “Passenger Car Windshield Defrosting Systems,” SAE Standard J902, Rev.
3. AUTOMOTIVE INDUSTRY STANDARDS COMMITTEE (2008), “Automotive Vehicles – Performance requirements of Demisting Systems of Glazed Surfaces (Windscreen) of Motor Vehicles” AIS-084.
4. AUSTRALIAN DESIGN RULE 15(1984), “Demisting of Windscreens”.
5. Directive No. 78/317/EEC, “Council Directive 78/317/EEC of 21 December 1977 on the approximation of the laws of the Member States relating to the defrosting and demisting systems of glazed surfaces of motor vehicles”.
6. ANSYS FLUENT Users Guide from ANSYS, Inc.
7. AbdulNour, B.S., (1999), “CFD Prediction of Automotive Windshield Defrost Pattern”, SAE 011203.