



Ürün Tasarımında Sonlu Hacimler Yöntemini Kullanmak-Fan'dan Yüzey Temizleme Cihazına

Selçuk KEÇEL

*Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı
kecel@gazi.edu.tr*

Abdullah TOĞAY

*Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı
atogay@gazi.edu.tr*

ÖZET

Çalışma yüksek binalarda yüzey temizliği hedefindeki bir cihaz tasarımı örneğinden "gelişimsel tasarım" süreçlerini ve ürün üzerinden ortaya çıkan sonuçları açıklamaktadır. Günümüzde yüksek binalarda cam temizliği çalışanlar tarafından binalara halatlar yardımıyla asılarak elle gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sırasında çevresel rüzgâr hızlarına bağlı olarak çalışanların hayati tehlikelerle karşılaştıkları durumlar sıklıkla yaşanmaktadır. Çalışmada fan modeline bağlı kalınarak yüksek emiş kapasiteli bir cihaz oluşturmak amacıyla, yenilikçi bir emiş ağız tasarımı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) metodu kullanılarak yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir. Böylece yüksek çevresel rüzgâr hızlarında başarıyla çalışabilecek bir temizlik robotu için, emiş kapasiteleri belli olan fanların yüksek momentum oluşturarak cam yüzeyinde vakumlama işlemini daha sağlıklı yapabilmesine olanak sağlayacak emiş ağız (davlumbaz) tasarımı geliştirilmiştir. Bu kapsamda 3000-4500 rpm kapasiteli fan modeline göre farklı emiş ağızına sahip kanal modelleri HAD metoduyla incelenmiştir. Tasarım kararları alınırken HAD metodundan elde edilen verilere göre form değişikliğine gidilmiş, optimal ürün tasarımı gerçekleştirilmiş ve verim artışı sağlanmıştır. Ayrıca ürüne ilişkin teknik çıktıların yanında kullanılan gelişimsel tasarım yaklaşımının süreç üzerindeki etkileri de vurgulanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gelişimsel tasarım, tasarım Kararları, endüstriyel ürün

ABSTRACT

The study highlights the " evolutionary design " processes and the results of the product through the example of a device design at the target of surface cleaning at high buildings. In today's high buildings glass cleaning is carried out manually by the employees with the help of building ropes. During this process, there are frequent



situations in which employees are exposed to vital danger due to environmental wind speeds. An innovative suction nozzle design has been developed and implemented using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method in order to create a high suction capacity device while adhering to the fan model in operation. Thus, for a cleaning robot that can operate successfully at high environmental wind speeds, a suction hood design has been developed that allows the fans with high suction capacities to generate a high momentum and thus make the vacuuming process healthier on the glass surface. In this context, channel models with different suction mouths according to 3000-4500 rpm capacity fan model have been examined by HAD method. When design decisions were made, form changes were made according to the data obtained from CFD method, optimal product design was realized and productivity was increased. It also tried to emphasize the process-related effects of the evolutionary design approach used alongside the technical output of the product.

Keywords: Evolutionary design, design decisions, industrial product

1. GİRİŞ

Bu asrın ilk çeyreği için "Form Fonksiyonu takip eder" gibi sloganlar, çok yeni kavramlar olarak yer almıştır. II. Dünya Savaşının getirdiği bilimsel yaklaşımlar, tüm bilimleri olduğu gibi yapma, çevre ve nesne tasarımını da etkilemiş, düşünme sistemini değiştirmiştir. Tasarlama ürünlerinin oluşturması sırasında gelecek problemlerine eğilme fikri önem kazanarak, yeni metotlar ve tekniklerle çalışma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Çeşitli bilim dallarında tasarlama ürünlerini ilgilendiren uzmanlık konularında oldukça büyük ilerlemeler kaydedilmiş ve kaydedilmeye devam etmektedir. Özellikle malzeme bilminde, elektronik mühendisliğinde, bilişim teknolojilerinde ve hesaplamalı tasarım alanında görülen gelişmeler tasarımın tümüyle değişmesine neden olmuştur. Farklı alanlarda meydana gelen bilimsel gelişmelerin tasarıma yansıtılması gerekmektedir. (Bayazıt, 2013)

Genel olarak bakıldığında ürün tasarımında; güvenlik, kalite, emniyet, dayanıklılık, kolay bakım, statü, marka, performans, estetik-moda, ek özellikler, çevreyle uyum, raf ömrü, kolay kurulma, ambalaj, kanuni standartlara uygunluk gibi kriterler dikkate alınır ve bunların çözümü farklı metotlarla gerçekleştirilebilir (Roozenburget. al., 1996).

Bu kriterler için tasarım yaparken, değişik disiplinlerden gelen kişilerin ve çok sayıdaki değişik etkenin birbiriyle içi içe bulunduğu karmaşık bir düzene ihtiyaç bulunmaktadır. İşte bu nedenle, ürün tasarımında kullanılabilecek birçok yöntemin halen gelişmeye devam ettiği görülmektedir. Hiç kuşkusuz, yeni bir ürün tasarımında sonucun başarısını



garanti edebilen bir yöntemin araştırılmasının ve belirlenebilmesinin ne kadar önemli olduğu çok açıktır (Küçükerman,1996).

Ürün tasarımı, insan deneyimine, yaratıcı düşünceye ve ilgili bilgiye dayanan, hedefe yönelik problem çözme etkinliğidir; Yaratıcılığı ve inovasyon araçlarını, dayanıklı ürün geliştirme için aksiyomatik tasarım metodolojisi ile bütünleştirerek yapılmalıdır (Goel ve Singh, 1998). Tasarım artık sadece tasarımcı merkezli değildir. Bilgi teknolojilerinin sağladığı katkı ile süreçler modellemeden simülasyona kadar çok sayıda aşamada farklılaşmaktadır. Buna bağlı olarak tasarım süreçleri içerisindeki bileşenlerin ağırlık merkezi de değişmiştir. Geleneksel tasarım süreci tanımına bakıldığında doğrusal bir model öne çıkmaktadır.

Tasarım adına yapılan ortak gözlem temelde 3 adımdan oluşmasıdır: (i) Analiz, problemin parçalara bölünmesi, (ii) Sentez, parçaların yeni yöntemlerle bir araya getirilmesi, (iii) Değerlendirme, yeni düzenlemeyi uygulamaya koyarak sonuçları test etme (Jones, 1992) (Özer ve Turgay,2016). Çok sayıda kaynakta farklı isimlendirilen aşamalar olmakla birlikte süreç temelde problem tespiti ile başlayan ve değerlendirme ile son bulan bir yapıdadır. Ancak özellikle simülasyon becerilerinin artışı tasarım süreci içerisindeki iterasyonları etkilemekte ve değerlendirme süreci çok sayıda tekrar eden bir bileşen olarak sürece yayılabilmektedir. (Goeland Singh,1998).

Günümüzde enformasyon ve iletişim teknolojileriyle birlikte; tasarım programlarının parametrik hale gelmesi ve analiz sistemlerinin CAD altyapısına adaptasyonu ile yeni tasarım ortam ve araçları ortaya çıkmıştır. Endüstri Ürünleri Tasarımı eğitimi ve uygulamalarında sıklıkla kullanılan bu ortam ve araçları tasarım düşüncesine ve pratiğine etkisi ise uzun süredir tartışılmaktadır. Bu tartışma içinde yer alan söylemlere ilave olarak, CAD ve FEM ilişkisi yordanarak amaca hizmet edecek bir ürün geliştirilmesinde hem tasarımcı kimliği hem de teknik altyapıya uygun parametrelerin değerlendirilmesi ürünün realist bir kimliğe bürünmesine katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda tasarım kararları verilirken tasarımcının kullanıcı ihtiyaçları genelinde çizdiği sınırlara ilave olarak, çalışma özellikleri ve dış etmenler de ürünün şekillendirilmesine büyük oranda katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte Ürün tasarımı sürecine teknik boyutun ilave edilmesi ise tasarımdan sonraki süreçte uygulayıcıların verdiği kararlarla bağlı olarak tasarımın yeniden şekillendirilmesine sebep olmaktadır.

Ürün tasarımı alanında Gelişimsel tasarımın örneğini oluşturmayı hedeflediğimiz bu çalışmada, CAD programları (Fusion) ile Sonlu hacimler yöntemine göre çalışan (ANSYS-Fluent) programların harmanlanarak iyi bir örnek oluşturmasına çalışılmıştır. Bu çalışma ile yüksek kapasiteli ve çevresel şartlara direnç gösterebilecek bir forma sahip cihaz



tasarımının analiz destekli verilerle geliştirilmesine ilişkin süreci yansıtaçağı düşünölmektedir. Ayrıca basitten karmaşıya doğru gidilecek bir tasarım sürecinde teknik parametrelerin sınırlılıkları ile tasarım kararları arasındaki ilişkiyi hesaplamalı olarak ortaya koyabilecek bir döngü de açıklanmaya çalışılacaktır.

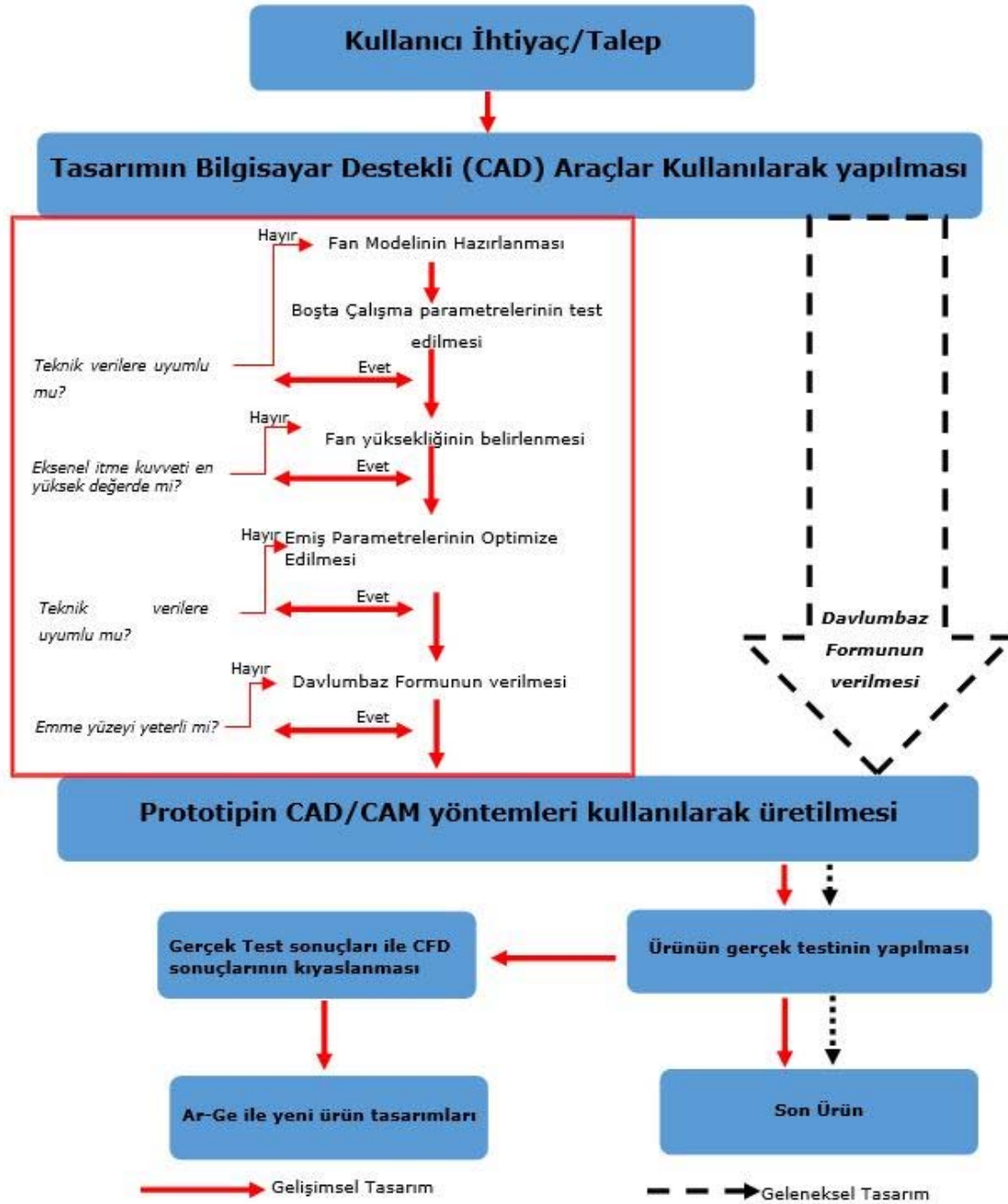
2. TASARIM ve MODELLEME

Tasarım farklı parametrelerin sürece dâhil edilmesi veya ön plana çıkarılmasıyla karakterize edilmektedir. Örnekleme gerekirse; "çevresel tasarım" (*environmental design*) yaygın olarak çevresel parametreleri göz önünde bulunduran bir sürecin adı iken "kullanıcı gereksinimleri temelli tasarım" (*user needs-based design*) (Cherulnik, 1993) birey-kullanıcı ve davranışsal unsurlara vurgu yapmakta. Kullanıcının tasarım ve karar süreçlerine dahil olduğu "katılımcı tasarım" (*participatory design*) veya "işbirlikçi tasarım" (*collaborative design*) (Sanoff, 2000), yine kullanıcının programlamaya dahil olduğu ürün veya yazılım tasarımlarını da içeren "kapsamlı tasarım" (*inclusivedesign*) (Clarkson et al., 2003) ya da özellikle büyük ölçekli tasarımların etaplara bölünerek tasarlanması ve uygulanması, bir sonraki aşamanın bir öncekinin başarısına göre tekrar biçimlenmesini öneren "gelişimsel tasarım" (*evolutionary design*) (Sommer, 1974) bu yaklaşım farklılıklarından bazılarıdır. Bu çalışma kapsamında gelişimsel metod denenerek, süreç döngüsel olarak açıklanmıştır.

2.1. Tasarım Döngüsü

Bu çalışma çerçevesinde "gelişimsel tasarım" örneğine gidilmiş, süreç parçaların bir araya getirilerek her aşamada kontrol ve parametrelerin değerlendirilmesi ile daha iyi noktalara çıkarılması hedeflenerek tamamlanmıştır. Bununla birlikte süreçte, kullanıcı ihtiyaçlarının bilimsel araştırma verileriyle tanımlandığı, çalışma koşul ve sınırlılıklarının tasarım kararlarına veri oluşturduğu, yanıtları ve kararları analiz sonuçlarına göre kullanıcı-tasarımcının verdiği, tasarımcının tasarım eylemine rehberlik ettiği, çevre ve davranış araştırmaları bilgisinden tam olarak yararlanıldığı, etkilerin sıklıkla geri bildirimlerle değerlendirildiği bir yapı kastedilmektedir.

Gelişimsel tasarım sürecinde bir önceki basamakta elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve sonucunda alınan kararların etkisi sonraki adımın temeline kaynaklık etmektedir. Bu açıdan tasarımcı zihninde canlanan tüm form süreçleri doğru ekseninde ele alınmakta ve cevaplar üzerinde tartışma yapılarak ürüne konu olan tüm aşamalar gözden geçirilmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen gelişimsel tasarım süreci ve geleneksel tasarım süreçlerine ve farklılıklarına ilişkin şematik görünüm Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Ürüne alt gelişimsel ve klasik tasarım süreci

2.2. Ürün tasarımına ait temel kriterler

Yüzey temizleme cihazı;

- Cam yüzeyde hareket edeceği teker yarıçapı 10 cm olacağından, emiş ağız ile cam yüzey arasındaki 10cm'lik mesafeden etkin bir emiş gücüne sahip olmalı,
- Yüksek binalarda çalışma özelliklerinden dolayı sürtünme katsayısı düşük olmalı,
- Yüksek binalardaki rüzgâr direncine karşılık savrulmayı engellemek için, yüzeye iyi yapışma sağlayacak eksenel itme kuvvet değeri yüksek olmalı,



- d. İki adet karşılıklı emiş ağzına sahip olacak cihazın cam yüzey üzerinde homojen bir temizleme alanı oluşturmalı,

şeklinde belirtilen kriterler için tasarım süreci işletilmiştir. Bu kriterlere bakıldığında tasarım ve modelleme süreçlerinin detaylı analizlerle doğrulanması gerekmektedir. Davlumbaz modelinin tasarım sürecine ilişkin gelişimsel tasarım aşamaları aşağıda detaylandırılmıştır.

2.3. Bilgisayar Destekli Çizim ve Sonlu Elemanlar Çözüm Modelleri

Yüzey temizleme cihazı tasarımında Şekil 1'de verilen şemada belirtilen gelişimsel tasarım süreci işletilmiştir. Bu süreçte geometri ile ilişkili yapılan form çalışmaları Autodesk Fusion programında yapılmıştır. Bu aşamadan sonra hazırlanan modeller ".step" uzantısıyla ANSYS modülüne aktarılmıştır.

ANSYS-Fluent modülü akış simülasyonlarının ve temel parametrelerin belirlenerek çalışma koşullarının uygulanarak sonuçların üretildiği Sonlu Hacimler Yöntemine göre çalışan bir programdır. Akış simülasyonları, geometrik modelin oluşturulması, düğümleme işlemlerinin gerçekleştirilmesi, sınır şartları ve çözümleme modülü ile sonuçların incelenmesi bakımından dört aşamalı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, Gelişimsel Tasarım sürecinde belirtilen her aşamada, Fusion programında katı model olarak hazırlanmış geometriler, çeşitli komutlar ile akış hacmine dönüştürülerek çözüme uygun hale getirilmiştir.

İkinci aşamada akış hacmi oluşturulan tüm modeller için ANSYS-Meshing modülü kullanılarak düğümleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm modellerde sayısal çözümleme en doğru sonuca ulaşmak için önemli olan sayısal ağ modülü üç boyutlu olarak kurulmuştur. Sayısal çözümde yakınsama açısından önemli olan düğümlerin kalitesine bakıldığında Skewness değerinin 0'a yaklaştıkça kalitesinin yükseldiği 1'e yaklaştıkça kötüleştiği bilinmektedir (ANSYS,2011). Bu çalışmada oluşturulan tüm çözüm işlemlerinde ele alınan düğümlerin Skewness değerlerinin %90'a yakın bölümün düğüm kalitesi 0.5 değerinin altında tutulmuştur.

Üçüncü aşamada, Sınır şartları ve çözümleme işlemlerinin gerçekleştirildiği ANSYS-Fluent programı kullanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemine göre çalışan bu programda k- ϵ türbülans modeli kullanılmış, dönüş işlemleri Cell zone bölgelerinde oluşturulmuş, hava emilen kanalların giriş-çıkış sınırları Pressure-Outlet olarak tanımlanmış, yakınsama parametreleri 10^{-6} düzeyine indirgenmiş ve elde edilen çözümler raporlama kısmından alınmıştır.

Dördüncü ve son aşamada ise elde edilen çözümler ve sayısal değerler ANSYS-CFDPostmodülünden elde edilen görsellerle desteklenmiştir. Bu çalışma kapsamında tüm modeller bu döngüde istenilen verimli çalışma parametreleri belirleninceye kadar tekrarlı çözümlenme işlemlerinden geçirilmiştir.

3. BULGU VE YORUMLAR

3.1.Fan Modelinin Hazırlanması

Yüksek binalarda gerçekleştirilecek cam yüzey temizleme işlemleri için geliştirilen cihazda, fanların emiş gücü ile dönüşe bağlı oluşan aksel itme kuvvetlerinin yüksek olması can ve mal güvenliği açısından olumlu sonuçlar verecektir. Bu doğrultuda seçilen fan modeline ait görünüm ve değerler Şekil2'de verilmiştir.



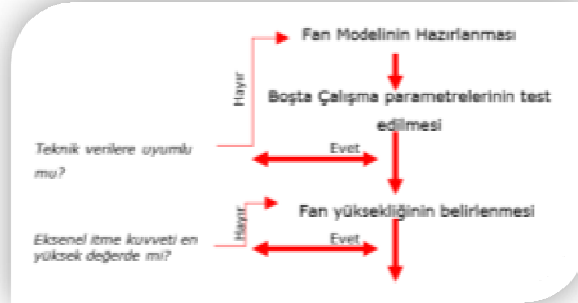
Şekil 2. Fan modeli ve modele ait teknik değerler

Gelişimsel tasarım döngüsünde fan teknik özellikleri değişmeyen temel kriter olarak ele alınmaktadır. Bu aşamada cihaz yapısı oluşturulurken, tasarımcının ya geleneksel metotlara göre düşünce bağlamında geliştirdiği form üzerinden devam edilecek ya da CAD/FEM ilişkisinde elde edilen aşamalı bulgular doğrultusunda gelişimsel metoda ilişkin bir çalışma yapılacaktır. Bu noktadan sonra form kararı elde edilen hesaplama değerleri ile değerlendirilerek yeniden gözden geçirilecektir.

3.2.Boşta çalışma parametrelerinin test edilmesi ve Fan konumunun belirlenmesi

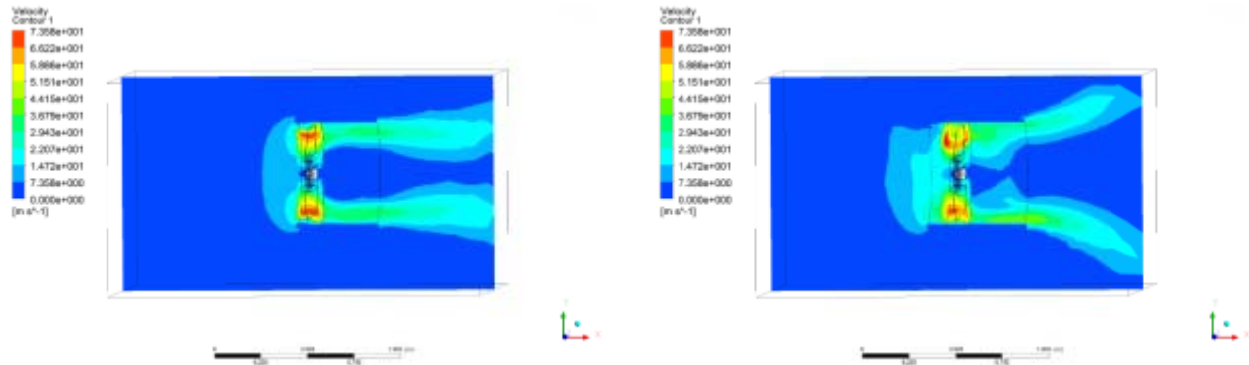
Gelişimsel tasarımın en önemli ayağı bu noktadan itibaren başlamaktadır. Eğer elde edilen değerlerin teknik verilere uyum sağladığı gözlenirse, bundan sonra geliştirilecek

her düşüncenin etkisi net bir biçimde "daha verimli" veya "daha zayıf" olarak adlandırılabilir. Bu yüzden tasarım kararlarına ait etkiler "olumlu" kabul edilip bir sonraki aşamaya ya da "olumsuz" kabul edilip bir önceki aşamaya dönülecektir (Şekil 3).



Şekil 3. Parametrelerin test edilme döngüsü

Tasarıma ait temel parametrelerde hava hızı, tork, pervane çevresel hızı ve eksenel itme kuvveti esas alınmıştır. Bununla birlikte pervane geometrisine ait akış analiz sonuçlarında temel değerlendirmeler bu değişkenler üzerinden yapılmıştır. Bu değerler doğrultusunda yapılan analizlerde fana ait elde edilen akış analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.

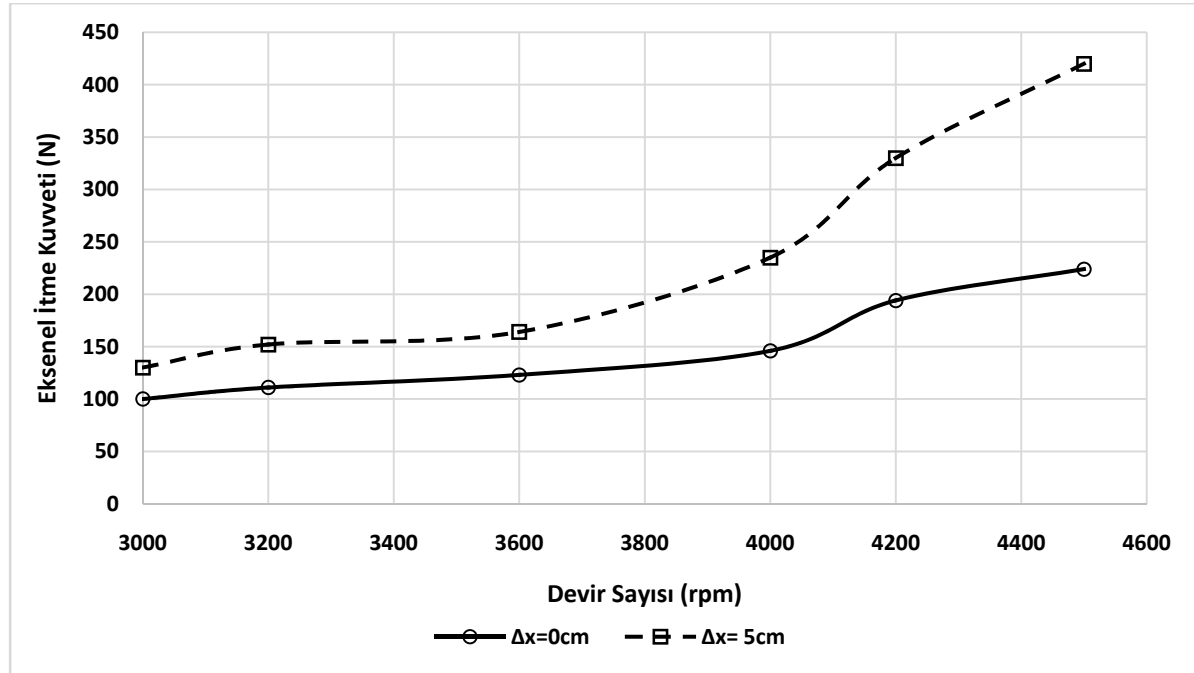


Şekil 4. Δ_x değerine bağlı hız dağılımları

Emiş ağız tasarımına başlanmadan önce teknik özellikleri bilinen fana ait boşta çalışma parametreleri öncelikle pervanenin $\Delta_x=0$ ve $\Delta_x=5$ cm mesafesine göre incelenmiştir. Bu inceleme sonunda davlumbaz içinde yer alacak fanın konumlandırılmasına karar verilerek, optimum devir sayısı için hem tahliye hızı hem de eksenel itme kuvvetlerinin değeri tespit edilecektir.

Şekil 5'te $\Delta_x=0$ ve $\Delta_x=5$ cm mesafelerine göre CFD çözümünden elde edilen eksenel itme kuvvetleri verilmiştir. Fan konumuna göre ortaya çıkan hız değerlerine bakıldığında, 3000 rpm için merkezde çevresel hızın 78m/s değerine kadar çıktığı görülmektedir. Bununla birlikte $\Delta_x=0$ mesafesinde fan karakteristiğinin çıkışta daha düz bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. $\Delta_x=5$ cm mesafesinde ise emilecek havanın kanatlara gelmeden önce 10cm

mesafede kanala girdiği, çıkışta eğrisel bir hız gradyanı oluşturduğu ayrıca emiş etki alanının daha fazla olduğu görülmüştür.(Şekil 3.)



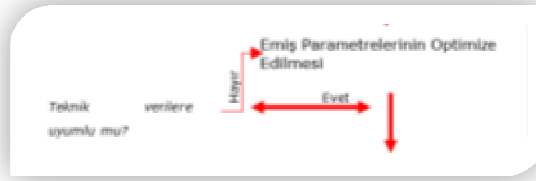
Şekil 5. Δ_x ve devir sayısına bağlı eksenel itme kuvvet değerleri

Şekil 5'te verilen eksenel kuvvet değerlerine bakıldığında Fan'a ait teknik değerler ile CFD sonuçlarının $\Delta_x=0$ mesafesi için 4500 rpm değeri için uyumlu olurken, $\Delta_x=5$ cm mesafesinde aynı değer 3900rpm düzeyinde sağlandığı görülmektedir. Ayrıca Fan konumunun $\Delta_x=5$ cm mesafeli içe yerleştirilmesi durumunda fan eksenine uygulanan itme kuvvetlerinin $\Delta_x=0$ durumuna göre tüm devir sayılarında daha yüksek çıktığı görülmektedir. Buna göre tasarıma başlarken fan konumlandırmasında doğru değer $\Delta_x=5$ cm konumunda yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu noktada Şekil 3'te verilen test edilme döngüsünde temel çalışma parametrelerinin doğruluğu onaylanmış ve "cihaz performansının gelişimini arttıracak fan konumunun 5 cm geride olması gerektiği" fikri tasarımcıya iletilerek sonraki aşamaya geçilmiştir. Dolayısıyla klasik tasarım sürecinde tasarımcının öngöremeyeceği fan konumu CAD/FEM metotları ile ilişkilendirilerek desteklenmiştir.

3.3. Davlumbaz emiş ağzının eksen konumlandırılması

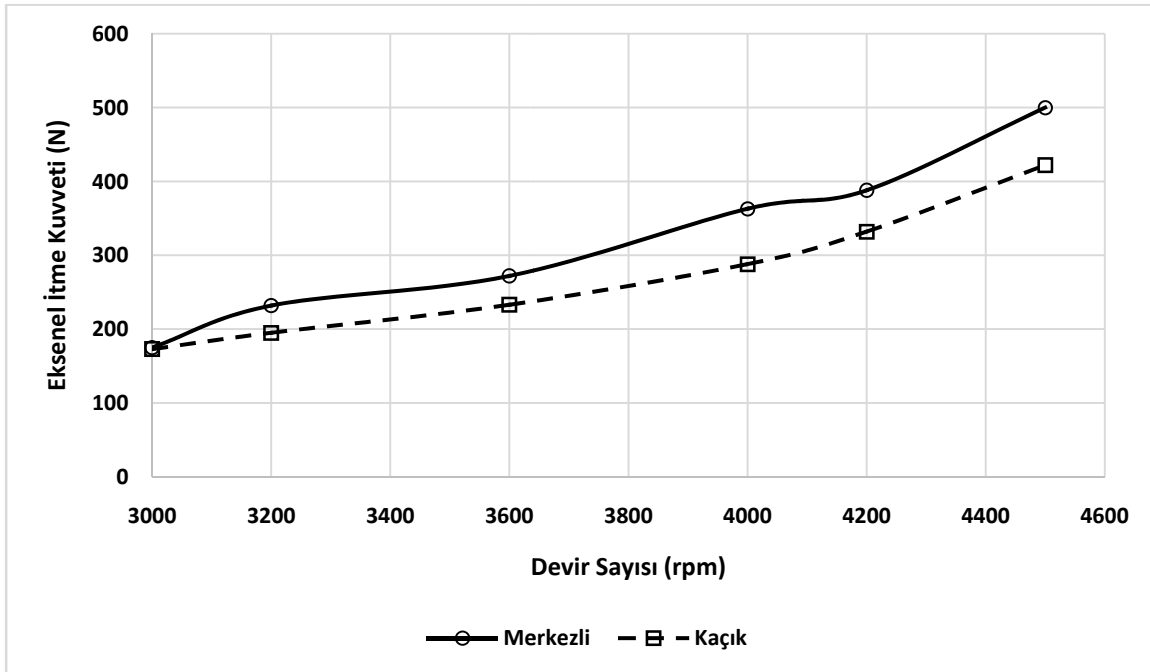
Gelişimsel tasarım periyodunda "emiş ağzı eksen ile davlumbaz yüksekliğinin belirlenerek optimize edilmesi" tasarımda karar verme süreçleri içinde en değerli verilere ulaşıldığı ve form kararlarının verilmesine en fazla katkının sağlandığı süreci oluşturmaktadır.



Şekil 6. Emiş Parametrelerin test edilme döngüsü

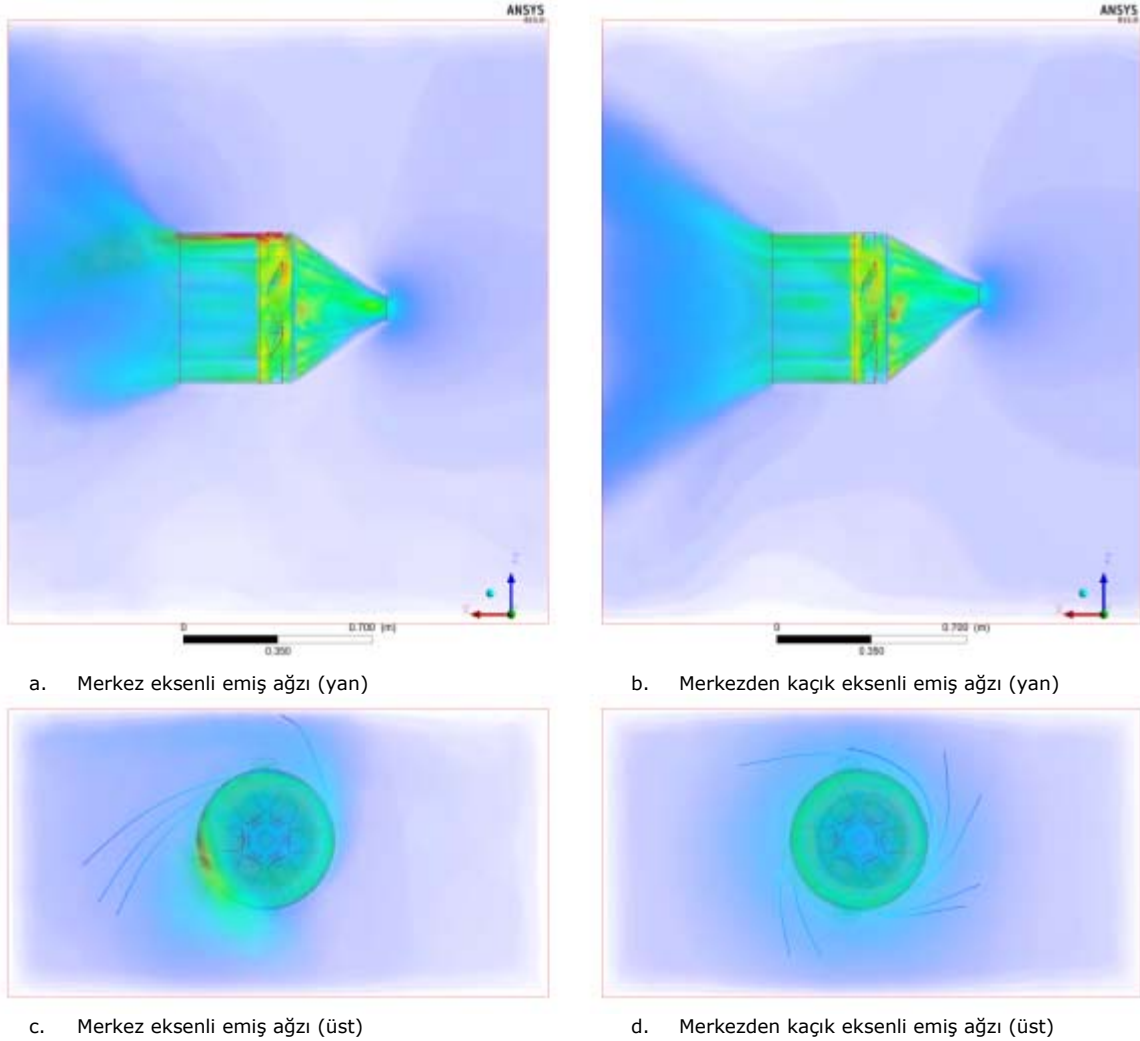
Gelişimsel tasarım sürecinin "emiş parametrelerinin optimizasyonu" olarak ifade edilen basamağında eksen konumlandırmasının etkisi aksel kuvvet parametresine bağlı olarak incelenecek olup, ortaya çıkan akış karakteristiği ise davlumbaz formuna doğrudan etki edecektir. Bununla birlikte FEM metodundan alınan verilerin tasarımcıya önemli göstergeler sunacağı aşikardır. Bu kapsamda emiş ağı akseline ait bulguların, tasarımcıya form değişikliğine ilişkin örnekleme yapması da beklenmektedir. Yine tasarım kararlarına ait etkisine bakıldığında "pozitif" kabul edilip bir sonraki aşamaya geçilecek ya da "olumsuz" kabul edilip bir önceki aşamaya geri dönecektir (Şekil 6).

Davlumbaz için emiş ağı konumlandırması yapılırken iki adet karşılıklı olarak yerleşecek fanların yüzeyi homojen temizleyecek biçimde yerleştirilmesi istenmektedir. Bu bağlamda yapılan CFD analizlerinde emiş ağı hem merkeze hem de merkezden 5 cm kenara kaydırılarak konumlandırılmış ve aksel itme değerleri hesaplanarak yorumlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Merkezi ve merkezden kaçık emiş ağı tasarımının devir sayısına göre aksel itme kuvvet değerleri

Şekil 7'ye bakıldığında merkezi olarak konumlandırılan emiş ağzının devir sayısına bağlı olarak eksenden kaçık emiş ağzına göre daha yüksek aksel itme kuvveti oluşturduğu görülmektedir. Bu noktada tasarıma yön verilirken emiş alanı homojenliği, hız değerleri ve girdap oluşumları dikkate alınmalıdır. Çünkü yüksek devir sayılarında oluşan girdap sayılarındaki artış cihazın titreşimli çalışmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte emiş ağzlarının iki fan için karşılıklı olarak yer alması durumunda ise homojen emiş alanının oluşması yüzey temizleme cihazı için ayrıca önem taşımaktadır. Bu bağlamda merkezi ve merkezden kaçık emiş ağzları için yapılan CFD analizleri sonuçları Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Emiş ağzı konumlandırılmasında elde edilen hız dağılımları

Elde edilen sonuçlara bakıldığında Şekil 8.a ve 8.c'de merkez eksenli emiş ağzına ait hız dağılımları görülmektedir. Bu dağılımda emiş ağzında ve pervane sonrasında oluşan hız dağılımlarının yeterince homojen olmadığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte 8.b'de verilen dağılıma göre fan çıkışlarından itibaren hızın değişkenlik gösterdiği, emilen havanın dengesiz olarak atıldığı buna sebep olarak ileri sürülen girdap akımlarının etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca bu girdap akımlarının ilave titreşimler oluşturacağı da göz ardı

edilmemelidir. Şekil 8.b ve 8.d'de yer alan dağılımlarda havanın emilmesi ve atılması sırasında daha stabil bir akış dağılımı ortaya çıkmıştır.

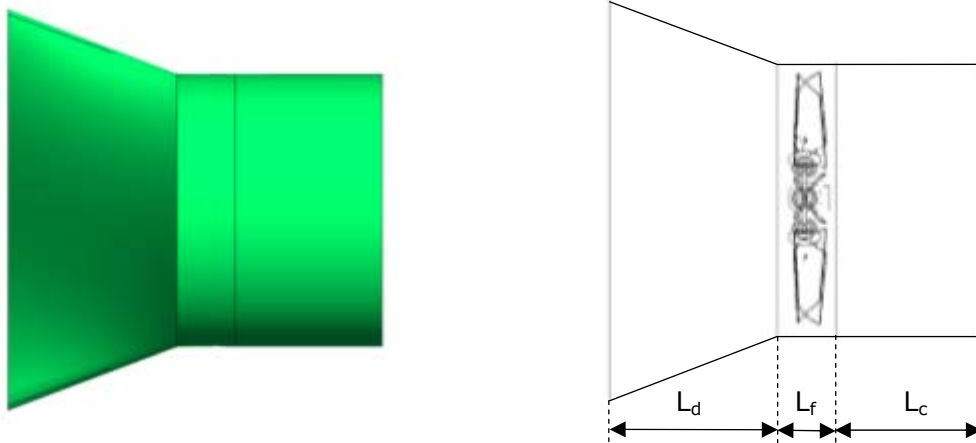
FEM metodunun tasarımcıya sunmuş olduğu öneriler şu şekilde özetlenebilir.

- Merkez eksenli emiş ağızı daha yüksek itme kuvveti sağlamaktadır. Bu da cam yüzeye yaklaşma ve vakumlama etkisini arttırmaktadır.
- Merkez eksenli emiş ağızı daha fazla girdap akımı oluşturmakta ve makine titreşiminin artmasına sebep olmaktadır.
- Eksenden kaçık emiş ağızı daha homojen bir emiş alanı sağlamaktadır. Bu özellik yüzey temizliğinde verimi arttırmaktadır.

Bu açıdan tasarıma temizlenecek yüzey üzerinde yeterince emiş alanı oluşması durumunda, merkezden kaçık eksenli emiş ağzının aksel itme kuvvetleri daha düşük olmasına rağmen tercih edilmesi gerektiği kararına varılacaktır (Şekil 5).

3.4.Davlumbaz yüksekliğinin optimize edilmesi

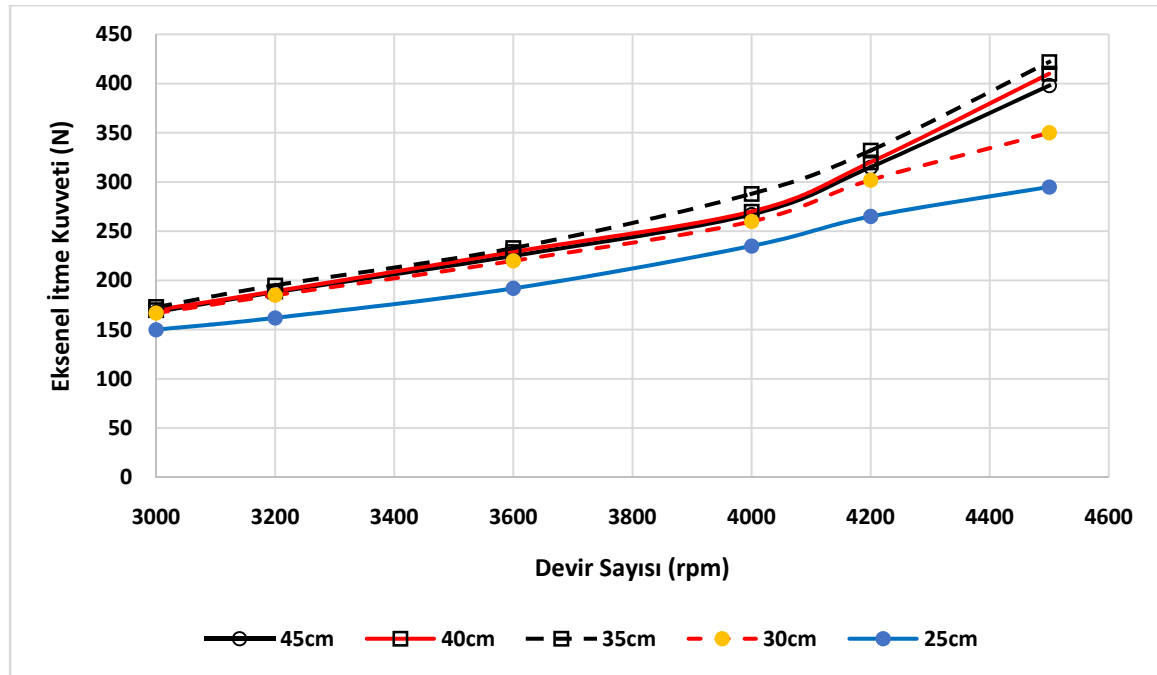
Yüzey temizleme cihazında, yüksek binaların dış cephelerinde çalışma özelliğinden dolayı rüzgâra karşı oluşacak sürtünme direncinin minimum olması gerekmektedir. Bu bağlamda hem yüzey temizliğinin yapılması hem de emiş ağızı yüksekliğinin olabildiğince az olması temel tasarım parametrelerini doğrudan etkilemektedir. Davlumbaz yapısına ait olması gereken uzunluklar davlumbaz, fan ve çıkış yükseklikleri Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Davlumbaz, fan ve çıkış bölümleri

Öncelikle davlumbaz yüksekliği için fan çıkış noktası ile emiş ağızı arasındaki mesafe $L_d=45\text{cm}$, $L_f=15\text{cm}$ ve $L_c=30\text{cm}$ toplamı (L_t) 90 cm olarak belirlenmiştir. Fan ve çıkış yüksekliklerine ilişkin değerler sabit kalırken modeller davlumbaz yüksekliğine (L_d) göre oluşturulmuştur. Davlumbaz yüksekliğinde ise 35cm ve 45cm olmak üzere iki ayrı model

üzerinde çalışılmıştır. İki ayrı model için devir sayısına bağlı aksenal itiş kuvvetleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 10. Davlumbaz yüksekliğine bağlı aksenal itmekuvvetleri

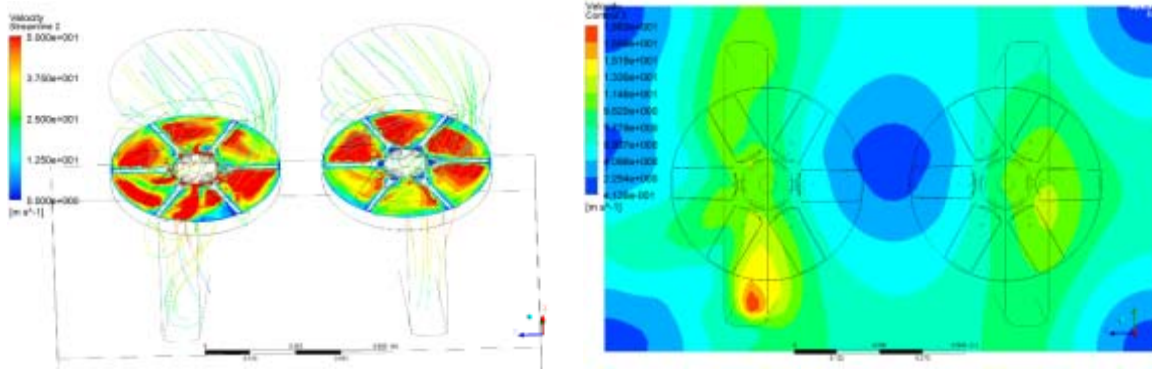
Şekil 10'da verilen grafiğe bakıldığında aksenal kuvvet değerlerinin 25 cm ve 45 cm yükseklik mesafeleri arasında devir sayısına bağlı olarak paralel bir eğilim ortaya çıktığı görülmektedir. Buna rağmen davlumbaz yüksekliğinin 35 cm olduğu durumda aksenal kuvvet değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

Tasarım kararları açısından FEM yönteminden elde edilen bulgulara bakılarak,

- Davlumbaz yüksekliğinin olabilecek en az seviyeye inmesi ise yüzey temizleme cihazında sürtünme (c_d) katsayısının düşmesine de sebep olmaktadır.
- Sürtünme katsayısının düşmesi ile daha yüksek rüzgâr hızlarında çalışabilecek bir tasarıma gidildiği sonucu da çıkarılmaktadır.

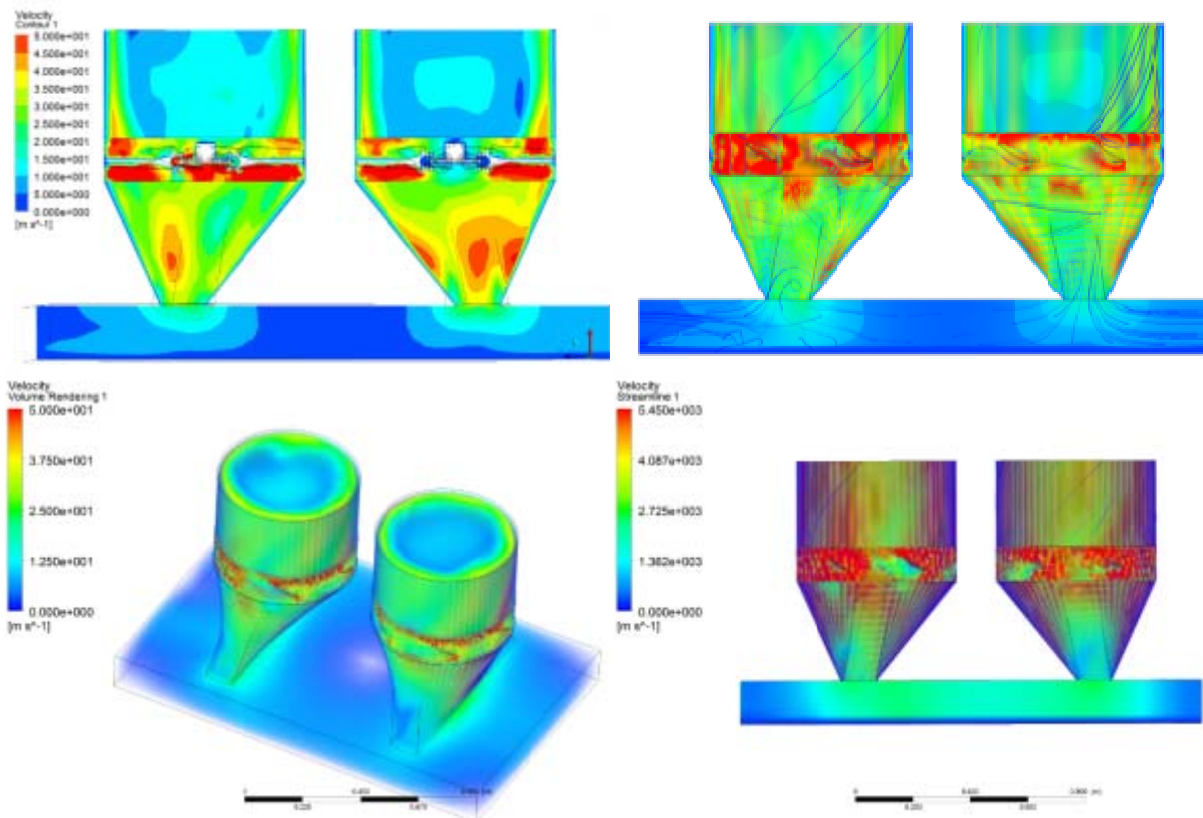
3.5. Yüzey temizleme cihazı

Ürün tasarımında fan ile başlanan tasarım ayağının çeşitli formlar ile birleştirilmesi ve analiz sonuçlarının teknik değerler ile karşılaştırılması sonrasında ortaya yüzey temizleme cihazına ilişkin görüntüler Şekil 11.'de verilmiştir.



Şekil 11. Yüzey temizleme cihazına ait akış analiz görselleri

Fan'a ait verilen teknik değerlerde hava hızının 24.4 m/s olarak ifade edildiği ve bu değerın tasarlanan davlumbaz yapısı ile birlikte 27-30 m/s aralığına çekildiği de Şekil 10'da görülmektedir. Merkezi eksenden kaçık olan emiş ağzının homojen bir emiş alanı oluşturması sebebiyle tasarım sürecinde bu fikrin gerçekleştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.



Şekil 12. Yüzey temizleme cihazında 3000 rpm değerinde oluşan hız değerleri

Şekil 12'de yüzey temizleme cihazında emiş ağzının alt kısmından alınan havanın sade fan kabiliyetleri ile oluşturduğu emme hareketine ve hız değişimine ilişkin görünüm yer almaktadır. Fan dönüş eksenine bağlı olarak tekerlek seviyesinden itibaren 10 cm



yükseklik için emiş alanının homojen bir görünüm sergilediği ve bununla birlikte havanın fanlarla temasından sonra rahatlıkla tahliye edilebildiği görülmektedir. Böylece önceki bölümde de ifade edildiği gibi cihazın daha az titreşimle çalışması ve yüksek rüzgâr dirençleri için kararlı bir yapıya sahip olması da bu tasarımın özgün olma yönündeki eğilimini göstermektedir. Ayrıca eksenden kaçıklık dolayısıyla oluşan iki emiş ağız arasındaki bölgede fırça ile temizleme özelliği devreye alınarak yüzeylerde gerçek bir temizlik oluşturulması sağlanabilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma gelişimsel tasarım örneğine göre kurgulanmıştır. Tasarım aşamalarında verilen kararlara Sonlu Hacimler Yönteminden elde edilen hesaplama verilerinin dâhil edilmesiyle ortaya çıkan ürün olgusunun gelişimi ise aşamalı olarak gösterilmiştir. Bu bağlamda Klasik tasarım döngüsüne ilave olarak bu yöntemden elde edilen bulguların önerilere dönüştürülerek, tasarım kararlarına önemli katkılar sağladığı ortaya çıkarılmıştır. Tasarımcının form fikrine başlarken aklından geçirdiği her aşama için hem temel çalışma parametreleri hem de fiziksel olguların meydana getirdiği değişimler data ve görsellerle desteklenmiş, böylece tasarıma ait kararlarda önemli destek mekanizması oluşturulmuştur. Bu bağlamda işletilen süreç, tasarım süreçlerinin içerisinde karar destek mekanizmaları ile desteklenmesinin etkilerine ilişkin bir örnek olarak değerlendirilmiştir.

Ürün tasarımı konseptinde özellikle çevresel şartlar ve çalışma koşullarındaki hassasiyet göz önüne alındığında önemli bulgular sunan bu yöntemlerin sürece katılması zaman, maliyet ve verim gibi kavramların tasarımcının lehine dönüşmesine sebep olmaktadır. Örnek üzerinden değerlendirildiğinde sürece katılan analiz metodları ile sistemin bütün olarak testi, gerekli revizyonların denenmesi ve optimizasyonu yönünde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, güçlü bir tasarımcı kimliği oluşturmak ve farklı alanlarda kullanılan geçerliliği yüksek programları ürün tasarımına aktarmak, ürüne yönelik gelecek eleştirilerin azalmasına ve yüksek performanslı ürünlerin tasarım sürecinde kendiliğinden ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu çerçevede tasarımcı kimliği içerisinde gelişen teknolojilerin sunduğu ve kolaylaşan boyutları ile analiz sistemlerinin yer bulmasına ilişkin imkanlar artmaktadır. Uygulama içerisinde kullanılan Sonlu Hacimler Metodunun ürün tasarımı programlarına adaptasyonu ile tümevarım sürecine dönüşebilecek akışkan etkileşimli tüm ürün tasarımlarında kullanımının fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

5. TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan ürünün hak sahibi T HUB firmasıdır. T HUB'atümsüreçle ilgili katkılarından dolayı teşekkür ederiz.



KAYNAKÇA

- ANSYS, (2011) "FluentTheory Guide", Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg USA, ss.257-260.
- Bayazıt, N. (2004) "Tasarlama Kuramları ve Metotları", Birsen Yayınevi, İstanbul, ss.1-71.
- Cherulnik, (1993)"Applications of Environment-BehaviorResearch", Cambridge UniversityPress, Cambridge NY, ss.4.
- Clarkson J.,Coleman R., KeatesS. Lebbon C.(2003)"Inclusive Design: Design fortheWholePopulation", SpringerInc.
- Ersoy Z. (2010) "Mimari Tasarımda "Kullanıcı Odaklı" Süreçler", Mimarlık Dergisi, 351.
- Jones,J.C. (1992) "Design Methods",Van NostrandReinhold, New York.
- Goel, Singh (1998) "Creativityandinnovation in durableproductdevelopment", Computers&IndustrialEngineering, 35 (1-2), ss. 5-8.
- RoozenburgNFM.,Eekels J. (1996) "Product Design: Fundamentals andMethods", John Wiley&sons Ltd., England.
- Küçükerman, Ö. (1996) "Endüstri Tasarımı, Endüstri İçin Ürün Tasarımında Yaratıcılık", Yem Yayın, İstanbul, ss.15-22.
- Özer D.G., Turgay, O. (2016) "Yaratıcılık ve Oyun Kavramlarının Bilgisayar Destekli Tasarım Sürecinde İncelenmesi", Online Journal of Art and Design 4(3) ss.71-89.
- Sanoff H. (2000)"CommunityParticipationMethods in Design and Planning", John Wiley&Sons, Inc., New York.
- Sommer, R. (1974) "TightSpaces: Hard Architecture and How toHumanizeIt", EnglewoodCliffs, NJ Prentice-Hall.