

HİDROSTATİK TAHRİKLİ HAVAALANI YER HİZMET ARACI TASARIMI

Burak ALTAN¹, Kadir ÇAVDAR²

¹burak.altan@lt.com.tr LT Endüstriyel Sist. Ltd. Şti. NOSAB, Sedir Caddesi NO:4 Nilüfer, Bursa
²cavdar@uludag.edu.tr Uludağ Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa

ÖZET

Bu bildiride, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SANTEZ programı kapsamında desteklenen ve bir yüksek lisans tez çalışması sonucu ortaya konulan, hidrostatik tahrikli havaalanı merdiven aracının tasarım ve üretim aşamaları verilmekte ve yaşanan tecrübeler aktarılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: tasarım, imalat, hidrostatik tahrik, havaalanı yer hizmet aracı.

ABSTRACT

In this paper, results of the MSc work which is supported under SANTEZ program of the Ministry of Science, Industry and Technology, on a special vehicle with hydrostatic drive for ther airport ground service are described.

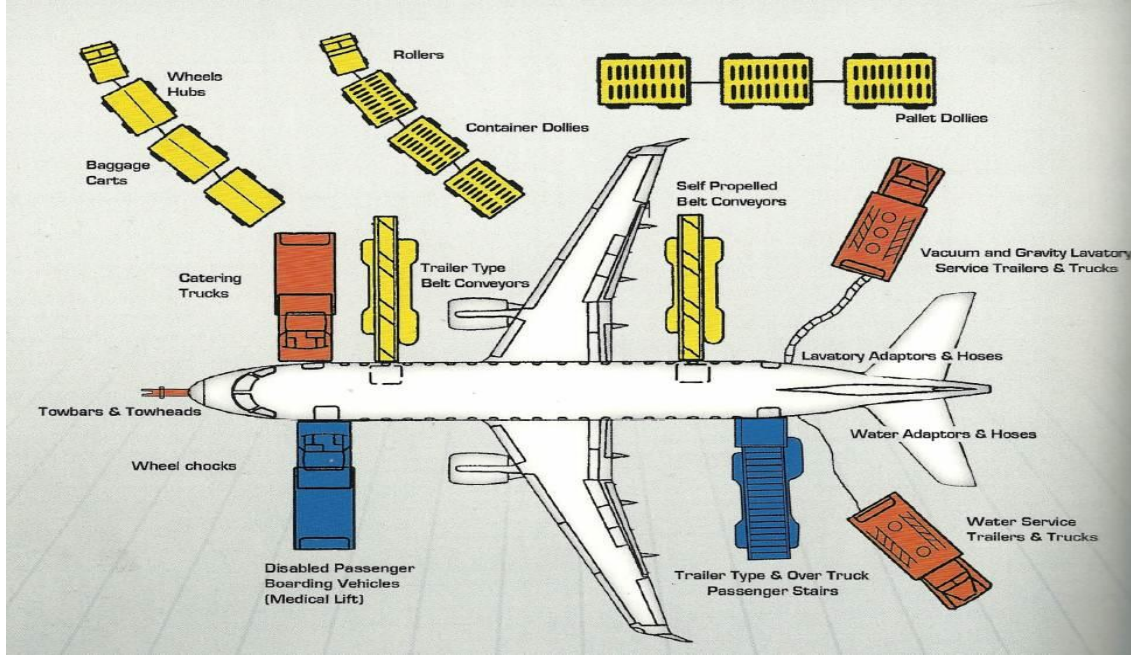
Keywords: design, manufacturing, hydrostatic drive, airport ground service vehicle.

1. GİRİŞ

Günümüzde hava taşımacılığının önemi giderek artmaktadır. Ülkemizde de son beş yıldır konuya özel önem verilmekte ve bir çok yeni havaalanının açılışı yapılmakta ve inşaatları devam etmektedir. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü verilerine göre ülkemizde 46 adet havalimanı bulunmaktadır [1]. Bunların dışında artan hava trafiği nedeniyle ya yeni havalimanları planlanmakta ya da varolanların kapasiteleri arttırılmaktadır.

Her havalimanında yönetmeliklere göre bulunması gereken birçok hizmet aracı mevcuttur. 9.6.2010 tarihinde değişen, Hava Alanları Yer Hizmetleri Yönetmeliği'nin 14. Maddesine istinaden, Yer Hizmetleri Kuruluşlarının (A, B ve C Grubu Çalışma Ruhsatı almış veya alacak kuruluşların) bulundurması gerekli En Az Personel ve Teçhizat Listesi ile Uygulama Esasları belirlenmiştir. Buna göre yer hizmetini sağlayan şirketler, sayısı havaalanının büyüklüğüne göre değişmek üzere; motorlu yolcu merdiveni, çekerli yolcu merdiveni, foseptik aracı, bagaj çekme aracı, yükleme aracı, jeneratör, su ikmal aracı, buz temizleme aracı, ikram yükleme aracı gibi 15 önemli araç ve teçhizatı bulundurmak zorundadırlar [2].

Park halindeki bir uçağa hizmet götüren araçların şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1.'de gösterilen havaalanı yer hizmet araçları imalatı global pazarda oldukça yüksek bir paya sahip bir sektör olup bu amaçla bir çok değişik aracın imali yapılmaktadır. Ülkemizdeki bu alanda imalat çok sınırlı olup araçlar genellikle ithal edilmektedir. Bu sektöre ait yurt içi yeni araç satış cirosunun 2 Milyon Euro civarında olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 1. Tipik Bir Uçağa Hizmet Götüren Yer Hizmet Araçları [3]

2. PROJE ÇALIŞMASI

Proje çalışması kapsamında, tüm dünya havaalanlarında kullanılabilecek yer hizmet araçlarından bir örneğin prototipinin tasarlanıp imal edilmesi amaçlanmıştır. Proje konusu aynı zamanda bir yüksek lisans çalışması olup Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SANTEZ Projeleri kapsamında desteklenmeye değer bulunmuştur. 00575.STZ.2010-1 kodlu proje 1 Temmuz 2010 tarihinde başlayıp 30 Nisan 2012 tarihinde tamamlanmıştır. Proje destek süresi 22 aydır. Proje LT Endüstriyel Sistemler Ltd. Şti.'nin Bursa Nilüfer Organize Sanayi Bölgesinde bulunan imalat tesislerinde hayata geçirilmiştir [3].

Prototipi imal edilen merdiven aracı, üzerindeki konteyner bölmesinde yapılacak değişikliklerle farklı havaalanı yer hizmetlerini görebilecek şekilde esnek olarak tasarlanmıştır.

Havaalanlarında bu amaçla kullanılan araçların büyük bir çoğunluğu hali hazırda seri olarak üretilmekte olan Ford, Isuzu, Mercedes vb. marka kamyonetlerden oluşmaktadır. Bu kamyonetlerin şasisleri modifiye edilerek havaalanlarında ihtiyaç duyulan standartlara uyumlu hale getirilmeye çalışılmaktadır. Uyulması gereken standartların çok üzerinde performans, ağırlık, konfor vb. özellikleriyle bu araçlar verecekleri hizmete oranla oldukça maliyetlidirler. Örneğin havaalanlarında izin verilen azami hız 25 km/h iken bu araçlar maksimum 120 km/h hıza çıkabilecek kapasiteye ve dolayısı ile bu performansa uygun ve aynı oranda maliyetli motor, şanzıman, aks vb. sistemlere sahiptirler. Prototipi tasarlanıp üretilen merdiven aracı, standartlarda belirtilmiş olan özelliklere sahip olup daha verimli ve daha düşük maliyetlidir. Araç; CE, EN, AHM, IATA, SAE, VDE, TSE standartlarına uygun olarak üretilmiştir.

Havaalanı şartlarına uygunluk, yüksek verim, çok düşük hızlarda kesin kontrol gibi proje şartları incelendiğinde projenin hedefi olan merdiven aracının tahrik sisteminin "hidrostatik" olmasına karar verilmiştir. Böylece aracın diğer fonksiyonları (pistonlar vb.) ile de uyumlu bir tahrik sistemi seçilmiştir. Hidrostatik tahrik sisteminin genel mantığında bir dizel motor tarafından sağlanan moment ile tahrik edilen hidrolik pompa aksı tahrik eden hidrolik motorları beslemektedir. Tekerlerden ayrı ayrı hidrolik motor tahriği olabildiği gibi arka aks üzerinde bulunan diferansiyelle bir bağlanan pompa yardımıyla da tahrik mümkündür. Sistemin verimli şekilde çalıştırılması ve güvenli

Standartların dışında çeşitli ülkelerin havacılık kurumlarına ait normlar da elde edilmiş ve projede dikkate alınmıştır [19-21]. Bu normlar:

IATA AHM 910. Basic Requirements for Aircraft Ground Support Equipment.

IATA AHM 913 Basic Safety Requirements for Aircraft Ground Support Equipment.

IATA AHM 915 Standards Controls.

Tekniğin günümüzdeki durumunu belirlemek için çeşitli internet kaynakları üzerinde araştırmalar yapılmış olup proje süresince sonuçlar sürekli güncellenmiştir. Bu amaçla üretici firmaların web sayfaları izlenip gerekli bilgiler bulunup kaydedilmiştir. Yine malzeme seçimi, bazı standart parçaların seçimi gibi işlemlerde de bu kaynaklardan yararlanılmıştır.

Tasarım esnasında 2 ve 3 boyutlu çizim ve modellerin hazırlanmasında Solidworks ve Autocad programları kullanılmıştır. Hesaplamaların esnek ve hızlı şekilde yapılabilmesi için de MS Excel'de hazırlanan hesap programları kullanılmıştır.

Tasarımlarda mukavemet analizleri ve simülasyonlar için ANSYS sonlu elemanlar paket programı kullanılmıştır. Yapılan tasarım ve analiz çalışmalarından örnek resimler Şekil 3-6'da verilmiştir.

2.2 Bulgular

Uçak boyutlarından uçak kapı yükseklikleri incelenmiş ve merdiven açıklık sınırları mümkün olan en fazla sayıda uçağa hizmet verecek şekilde kapalı konumda 2440 mm ve açık konumda 5880 mm yüksekliğe platformu yükseltecek şekilde tasarımların yapılmasına karar verilmiştir.

Aracın aksları için yapılan değerlendirmeler ve araştırmaların ardından Dana firmasının üretimi olan akslar seçilmiş ve Amerika'dan bu akslar temin edilmiştir. Seçilen ön ve arka aks özelliklerine uygun, araç ağırlığını kaldırabilme, aracın yere yakın basit tipte olabilmesi ve ülkemizde rahatça bulunabilecek özelliklere sahip lastik ve jant seçimi 235/85 R 16 tipi olarak değerlendirilmiştir.

Araç ağırlığının 6500 kg, eğim $\sim 8^\circ$ ve lastik sürtünme katsayısının 0,5 olduğu koşullarda tekerleklerdeki gerekli güç bulunarak Perkins 1104D tipi motor seçimi yapılmıştır. Çeşitli ek denemelere izin vermek için prototipte motor gücü hesaplanandan biraz daha fazla olan seçilmiştir. Seçilen motorun performans değerlendirmesi de hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla yapılarak motorun uygun seçildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Şasi kalınlığı kesme kuvveti, eğilme momenti ve emniyet katsayısı verileri çıkartılarak şasi kalınlığının 8 mm seçilmesinin uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şasi bükme U profilden yapılmış ve aralara güçlendirici dikmeler konmuştur. Belirlenen kalınlık kullanılarak şasi ANSYS programı ile analizleri yapılarak 8 mm şasi kalınlığının uygunluğu ve yük altında şaside oluşan yer değiştirme verilerinin uygunluğu görülmüştür.

ANSYS programı ile merdiven taşıyıcı ara akuple şasinin ve yolcu merdiveni taşıyıcı şasinin gerilim ve yer değiştirme verileri uygunluğu kontrol edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre emniyetli boyutlar ortaya konmuş ve bunlar imalatta kullanılmıştır.

Arka tekerleklerdeki yükün 3500 kg, sürtünme katsayısının 0,5 ve diferansiyel çevrim oranının 7,17 olması durumunda diferansiyeldeki gerekli döndürme momenti 837 Nm olarak hesaplanmıştır. Bu döndürme momentine uygun olarak Bosch Rexroth marka A10V071DFR/31R tipi 71cm^3 hidrolik pompa ve Bosch Rexroth marka AA2FM107 tipi hidrolik motor seçimi uygun olarak değerlendirilmiştir.

Dizel motor ile hidrolik pompa arasına konan elastik kavrama ile ilgili yapılan değerlendirmenin ardından Centaflex kavrama seçiminde karar kılınmıştır.

Güvenlik açısından çok önemli olan aracın fren sistemi ile ilgili hesap ve değerlendirmelerin ardından Bosch firmasının ürettiği HydroMax fren ana silindirin seçilmesine karar verilmiştir.

Aracın kabin tasarımında ergonomik yaklaşım kullanılarak Türk insanına ait antropometrik veriler dikkate alınmıştır. Kumanda ve göstergelerin yerleşiminde de ergonomik kriterler ön planda tutulmuştur.

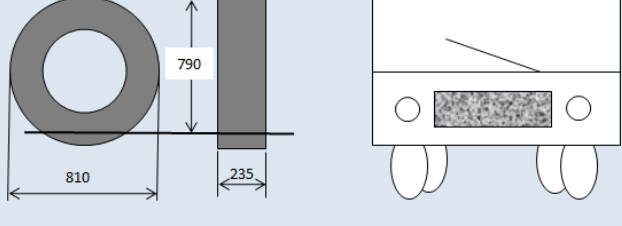
Merdiven basamak sayıları havaalanı şartnameleri ve standartları incelenerek sabit kısım 14 basamak, hareketli kısım 13 basamak olarak seçilmiştir.

Aracın seri imalatı düşünülerek bir parça kodlama sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem aracın tüm parçalarını içerecek şekilde geliştirilmiş ve maliyet hesabında kullanılmıştır. Kodlama sisteminin yapısını anlatan örnek bir gruba ait liste Şekil 7'de verilmiştir.

Projenin sonunda ortaya konan aracın ilk denemeleri trafiğe kapalı alanda gerçekleştirilmiştir. Aracın yürüme organları, hidrolik düzenekleri ve kumandaları başarı ile denenmiştir. Aracın kullanım el kitabı ile bakım talimatları da hazırlanmıştır.

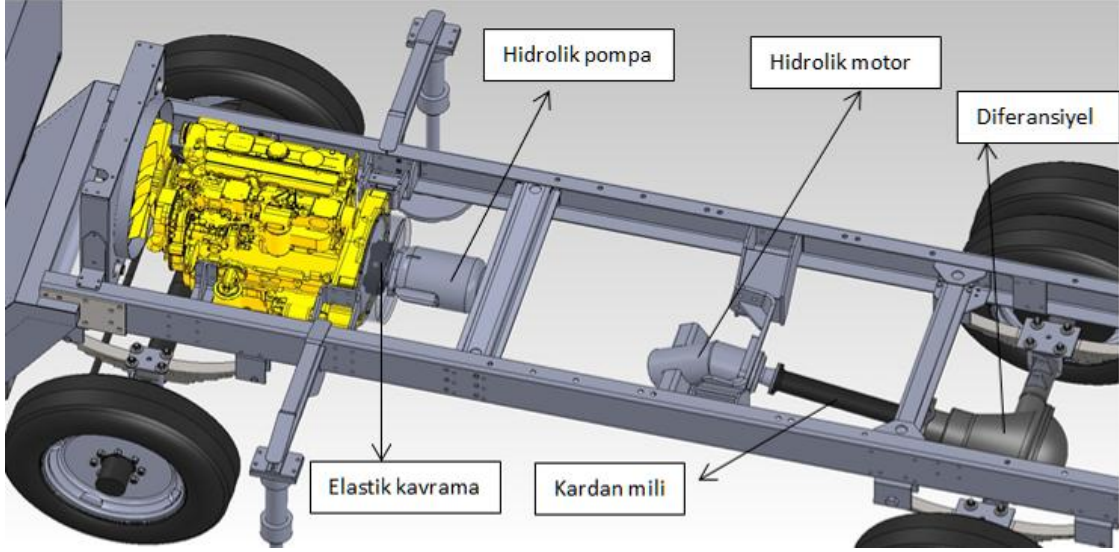
Aracın tüm ekipmanlarının kumandası için bir PLC kontrol sistemi kullanılmıştır. Bitmiş aracın fotoğrafı Şekil 8'de görülmektedir.

LASTİK:
235/85 R16

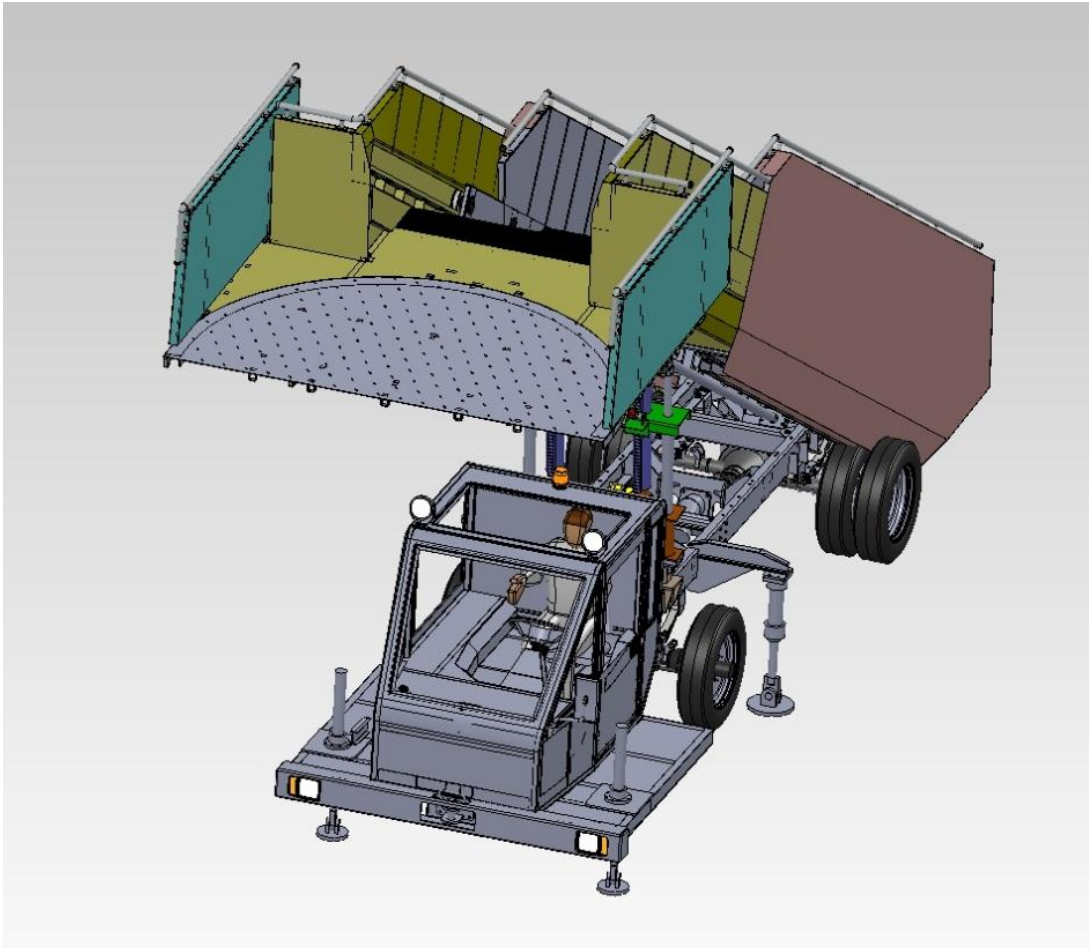


Aracın toplam ağırlığı	G	6500 kg	63765 N
Aracın maksimum hızı (yüksek vites)	V_{maksHG}	32 km/h	8,89 m/s
Aracın maksimum hızı (düşük vites)	V_{maksLG}	15 km/h	4,17 m/sn
yerçekimi ivmesi	g	9,81 m/s ²	
Yol eğim açısı	α	2,862°	5%
Tahrik tekerleği yarıçapı	r	395 mm	0,395 m
yüksek vitede hızlanma süresi	t₃₂	15 sn	
düşük vitede hızlanma süresi	t₁₅	5 sn	
taşıt yüzey alanı	A	8 m ²	
sistem verimi	η	0,9	
yuvarlanma sürtünme katsayısı	f	0,015	
lastik/yol sürtünme katsayısı	μ_s	0,8	0,8...1 (beton)
sürüklenme katsayısı	c_d	0,35	
havanın yoğunluğu	ρ	1,169 kg/m ³	100kPa, 25°C'de
hava hızı	v_{air}	8,89 m/sn	
yuvarlanma direnci	F_r	956,475 N	
eğim direnci	F_q	3188,25 N	
hava direnci	F_{air}	129,31 N	
yüksek vitede ivmelenme	a_{HG}	0,59 m/s ²	
düşük vitede ivmelenme	a_{LG}	0,83 m/s ²	
	F_{HG}	3851,85 N	
	F_{LG}	5416,67 N	
toplam direnç ?	R_{top}	1085,79 N	
Araç toplam kuvveti (HG)	F_{THG}	4937,64 N	
Araç toplam kuvveti (LG)	F_{TLG}	9690,70 N	

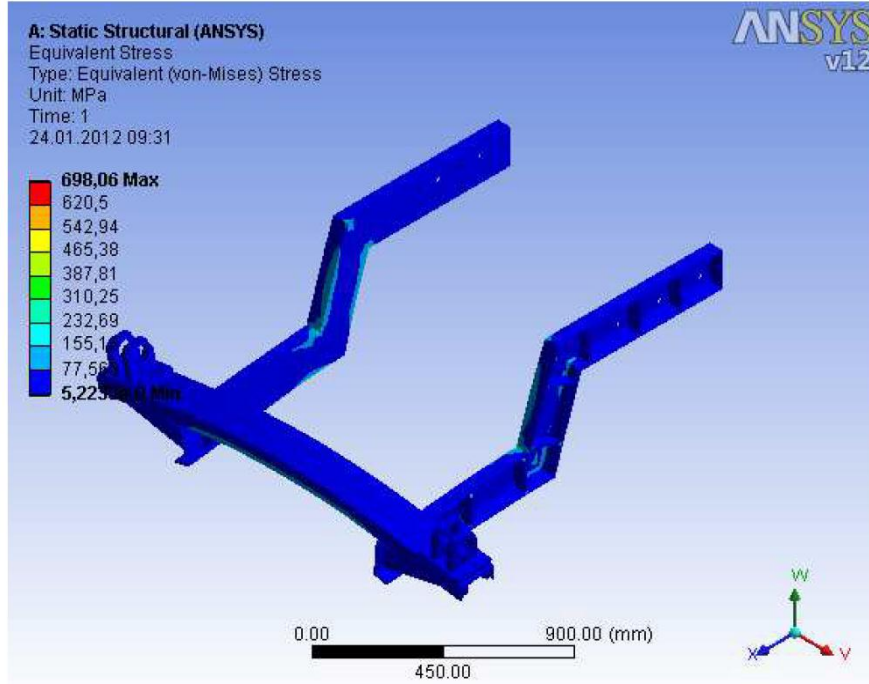
Şekil 3. Aracın Motor Hesaplarından Örnekler [3]



Şekil 4. SolidWorks Programında Tasarımı Yapılan Havaalanı Yer Hizmet Aracı [3]



Şekil 5. SolidWorks Programında Montajı Yapılan Havaalanı Merdiven Aracı [3]



Şekil 6. Taşıyıcı Ara Akuple Şasi Mukavemet Analizi [3]

Sno	Parça Kodu	Müşteri Kodu	Parça Adı	Adeti	Birim	Birim Fiyatı (TL)	KDV	Toplam:	Temin Yeri:
1	04.11.00.20.001.00		Akü				0,00	0,00	
2	04.11.00.20.002.00		Akü Şasi Kablosu				0,00	0,00	
3	04.11.00.20.003.00		Akü Motor Kablosu				0,00	0,00	
4	04.11.00.20.004.00		Arkaya stop lamba(Park,Sinyal,fren,geri vites)	2	Ad.	16,95	3,05	20,00	
5	04.11.00.20.005.00		Far anahtarı	1	Ad.	14,83	2,67	17,50	
6	04.11.00.20.006.00		Ön far	2	Ad.	50,85	9,15	60,00	
7	04.11.00.20.007.00		Far röle	2	Ad.	8,47	1,53	10,00	
8	04.11.00.20.008.00		Çakar lamba (arkaya - lifte)	2	Ad.	21,19	3,81	25,00	
9	04.11.00.20.009.00		Çakar lamba anahtar	1	Ad.	12,71	2,29	15,00	
10	04.11.00.20.010.00		Sinyal flasörü	1	Ad.	16,95	3,05	20,00	
11			Alternatör (Vakumlu)	1	Ad.	211,86	38,14	250,00	
12			Sigorta tablası	2	Ad.	12,71	2,29	15,00	
13			Traktör farı (müfsali)	2	Ad.	21,19	3,81	25,00	
14			Traktör far anahtar	1	Ad.	12,71	2,29	15,00	
15			Akü ana sigorta	1	Ad.	12,71	2,29	15,00	
16			12 V Webasto	1	Ad.	1.186,44	213,56	1.400,00	
17			Kabine tavan lambası	1	Ad.	33,90	6,10	40,00	
18			Akü şalteri	1	Ad.	25,42	4,58	30,00	
19			Sarı ve Yağ ikaz düdüğü	2	Ad.	8,47	1,53	10,00	
20			Sinyal kolu	1	Ad.	29,66	5,34	35,00	
21			Çalışma saati	1	Ad.	59,32	10,68	70,00	
22			Fren müşürü (stoplar için)	1	Ad.	8,47	1,53	10,00	
23			Korna	1	Ad.	12,71	2,29	15,00	
24			Gerilme vites korna	1	Ad.	12,71	2,29	15,00	
25			Dörtlü çakar düğmesi	1	Ad.	16,95	3,05	20,00	
26			Camurluk sinyali	2	Ad.	12,71	2,29	15,00	
27			Mazot göstergesi	1	Ad.	42,37	7,63	50,00	
28			Kablo, Hortum, Kelepçe vs...	1	Ad.	10,00	1,80	10,00	
29			Far ampulü	6	Ad.	10,00	1,80	60,00	
30			Kabin Silgi Motoru	1	Ad.	55,00	9,90	55,00	
31			Kabin Silgi Motor Anahtarı	1	Ad.	25,00	4,50	25,00	

Şekil 7. Parça Kodlama Sistemi Elektrik Ekipman Listesi Görünüşü (Seçilmiş bölüm)

3. SONUÇ

Bu proje ile birlikte ülkemiz, üniversitemiz, proje öğrencisi ve destekleyici firma yeni bir ürün/süreç bilgisini edinmiştir. Mevcut araç teknolojileri, imalat süreçleri uygulanarak sonraki imalatı yapılacak araçlarda imalat süreçlerinin ve tekniklerinde köklü yeniliklerin yapılmasına olanak sağlanmıştır.

Kalite standardizasyonu, imalat süresi, maliyetleri ve hataların iyileştirilmesi yönünde veriler uygulama esnasında elde edilmiştir.

Standartlara ve teknik şartnamelere uygun, tasarımı özgün araçlar imal edilmiştir.

Kullanım alanına motor performansı olarak en uygun, daha çevreci, daha düşük maliyetli ve kullanışlı bir araç üretilmiştir.

Mevcut araçlardan üretim maliyetleri %20 daha düşük, yakıt tüketimi %10 daha düşük, %15 daha hafif, mümkün olduğunca geri dönüşümlü ve çevreci malzemelerin kullanıldığı bir araç üretilmiştir. Araç teknolojilerinde gelişmekte olan hidrostatik, elektrik ve hidrojen kullanımını uygun kılan araçların tasarımı için yardımcı fikirler edinilmiştir.

Üniversite-Sanayi işbirliği konusunda aşama kaydedilerek gelecekte benzer başka projelerin sürdürülmesine olanak verilmiştir.

Seri imalata geçilmesi durumunda bu alanda yıllık 1.500.000 Euro olan ithalatın önüne geçilmesine olanak verecek ve yıllık üretiminin %80'inin ihraç edileceği düşünülürse yıllık 6.500.000 Euro döviz girdisi sağlayan bir ürün ortaya konulmuştur.

Ülkemizde nitelikli iş gücü istihdamının sağlanabileceği bir iş sahası yaratılmıştır. Seri imalata geçmesi durumunda en az 80 yeni nitelikli personel istihdamı yaratacak bir ürün ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak; özgün tasarımı ve ekonomik bir ürünün ortaya konduğu ve ticari olarak ürünün başarılı olacağı düşünülmektedir. Projenin devamı olarak bu araç ve benzeri yer hizmet araçlarının elektrik ile tahrikli olanları düşünölmeye başlanmış olup firma içerisinde sağlanan bilgi birikimi ile bu alanda yakın zamanda bir proje daha üretilecektir.



Şekil 8. Hidrostatik Tahrikli Yolcu Merdiven aracı [3]

TEŞEKKÜR

Yazarlar, "Hidrostatik tahrikli, çok amaçlı havaalanı yer hizmet aracı tasarımı ve prototip imalatı" başlık ve 00575.STZ.2010-1 kodlu projeyi finansal olarak destekleyen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve LT Endüstriyel Sistemler Ltd. Şti.'ye teşekkür ederler.

4. KAYNAKÇA

- [1] <http://www.dhmi.gov.tr/havaalanlari.aspx> (Erişim tarihi: Haziran 2011).
- [2] Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Yer Hizmetleri Kuruluşlarının Bulundurması Gerekli en az Personel ve Teçhizat listesi ile Teçhizat listesini uygulama Esasları Talimatı, Yürürlük tarihi: 08/12/2009, Değişiklik Tarihi: 09/06/2010.
- [3] ALTAN, B., Hidrostatik Tahrikli, Çok Amaçlı Yer Hizmet Aracı Tasarımı ve Prototip İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, (2012).
- [4] KAPLANGI, P., (2008). Hidrostatik Tahrikli Arazi Araçları için Yüksek Verimli Tahrik Sistemleri, s. 99-111, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, İzmir.
- [5] DIN EN 1915-1, Luftfahrt-Bodengeräte - Allgemeine Anforderungen - Teil 1: Grundlegende Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 1915-1:2001+A1:2009.
- [6] CEN/TC 274 - EN 12312-6:2004, Aircraft ground support equipment - Specific requirements- Part 6: De-icers and de-icing/anti-icing equipment.
- [7] EN 12312-12:2002+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 12: Potable water service equipment, Cited in OJ, C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [8] EN 12312-13:2002+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 13: Lavatory service equipment, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [9] EN 12312-15:2006+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 15: Baggage and equipment tractors, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [10] EN 12312-19:2005+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 19: Aircraft jacks, axle jacks and hydraulic tail stanchions, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [11] EN 12312-2:2002+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 2: Catering vehicles, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [12] EN 12312-5:2005+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 5: Aircraft fuelling equipment, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [13] EN 12312-6:2004+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 6: Deicers and deicing/antiicing equipment, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [14] EN 12312-7:2005+A1:2009: Aircraft ground support equipment - Specific requirements - Part 7: Air-craft movement equipment, Cited in OJ C 214 (2009-09-08) 2006/42/EC, 98/37/EC.

- [15] EN 1915-1:2001+A1:2009: Aircraft ground support equipment - General requirements - Part 1: Basic safety requirements, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [16] EN 1915-2:2001+A1:2009: Aircraft ground support equipment - General requirements - Part 2: Stability and strength requirements, calculations and test methods, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [17] EN 1915-3:2004+A1:2009: Aircraft ground support equipment - General requirements - Part 3: Vibration measurement methods and reduction, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [18] EN 1915-4:2004+A1:2009: Aircraft ground support equipment - General requirements - Part 4: Noise measurement methods and reduction, Cited in OJ C 214 (2009-09-08), 2006/42/EC, 98/37/EC.
- [19] IATA AHM 910 Basic Requirements for Aircraft Ground Support Equipment.
- [20] IATA AHM 913 Basic Safety Requirements for Aircraft Ground Support Equipment.
- [21] IATA AHM 915 Standards Controls.