ELMA HASADI İÇİN ÖZELLEŞTİRİLMİŞ BİR MEYVE HASAT PLATFORMU TASARIMI

Yasemin YEŞİLKIR

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELMA HASADI İÇİN ÖZELLEŞTİRİLMİŞ BİR MEYVE HASAT PLATFORMU TASARIMI

Yasemin YEŞİLKIR
0000-0002-7584-0667

Prof. Dr. Selçuk Arslan

YÜKSEK LİSANS
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELMA HASADI İÇİN ÖZELLEŞTİRİLMİŞ BİR MEYVE HASAT PLATFORMU TASARIMI

Yasemin YEŞİLKIR

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ARSLAN

Bu çalışmanın amacı, elma bahçelerinde kullanılmak üzere özelleştirilmiş bir meyve hasat platformu tasarımı yapmaktır. Orta büyüklükteki işletmelerde mevcut bulunan traktör tarafından çekilmesi planlanan bu platform tasarımıyla işçilerin mevcut konumlarından yukarıda bulunan ağaç dallarına ulaşabilmeleri ve dallara yönelim yapabilmeleri mümkün olabilecektir. Bu sayede hasat edilen meyvelerin fiziksel deformasyonlarının önüne geçmek, hasat sürelerini kısaltmak ve hasat işleminde çalışacak işçilerin bu işlemler sırasında yaşayabilecekleri iskelet-kas incinmelerinin önüne geçilebilecektir. Tasarımı yapılan platformun boyu 4250 mm, eni 2500 mm, kapalı iken yerden yüksekliği 1500 mm, açık iken yerden yüksekliği 2600 mm ve iz genişliği 2200 mm'dir. Ortalama bir hasat işçisi, yaklaşık olarak 4500 mm yüksekteki meyveleri toplayabilecektir. Bu platform en fazla 100 kg ağırlığında 4 işçinin aynı anda çalışabilmesine olanak vermektedir. Düşey ve yatay yöndeki platform hareketleri, traktör hidrolik sistemi kullanılarak sağlanmaktadır. Elma bahçelerinin sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri dikkate alınarak belli bir meyve türü için özelleştirilmiş bir tasarıma sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Meyve hasat platformu, hasat verimliliği, yarı mekanize hasat
2021, vii + 46 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A CUSTOMIZED FRUIT HARVEST PLATFORM DESIGN FOR APPLE HARVEST

Yasemin YEŞİLKIR

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ARSLAN

The aim of this study was to design a customized fruit harvesting platform to be used in apple orchards. With this platform design, proposed to be a pull-type for small and medium-sized enterprises, it will be possible for the workers to reach the tree branches and to adjust their orientations according to the branches. In this way, it will be possible to prevent the mechanical damage of the harvested fruits, to shorten the harvest times and to prevent the musco-skeletal injuries that the workers may experience during during harvesting process. The designed platform is 4250 mm long, 2500 mm wide, 1500 mm high from the ground when closed, 2600 mm from the ground when open, and 2200 mm in track width. An average harvester will be able to pick the fruits up to a height of 4500 mm. This platform will allow four workers, each with a maximum mass of 100 kg to work at the same time on the platform. Platform movements in the vertical and horizontal directions are provided by using the tractor hydraulic system. The customized design was made for apple fruit orchards by taking the between row and intra-row distances of apple orchards.

Key words: Fruit harvesting platform, harvesting efficiency, semi mechanical harvesting
2021, vii + 46 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, araştırmalarım sırasında beni destekleyen ve yönlendiren, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum saygıdeğer hocam Prof. Dr. Selçuk ARSLAN'a teşekkürü borç bilirim.

Aklıma takılan her konuda bana kıymetli vaktini ayıran saygıdeğer hocam Prof. Dr. Kemal Sulhi GÜNDOĞDU'ya, rol model aldığım sevgili ablam Dr. Serap YEŞİLKIR BAYDAR'a ve bugünlere gelmemde emeği olan canımın içi diğer aile üyelerime teşekkürlerimi sunuyorum.

Yasemin Yeşilkır
22/11/2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1.GİRİŞ 1
1.1.Genel 1
1.2. Problemin Tanımı 3
1.3. Amaçlar 4
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
2.1. Meyve Hasadı 5
2.2. Hasada Etkiyen Parametreler 6
2.3. Meyve Hasadında Kullanılan Yöntemler 6
2.3.1. Meyvelerin El ile Hasadı 7
2.3.3. Makineli Meyve Hasadı 10
2.3.4. Otonom Hasat Makineleri 12
2.3.5. Platform Desteği ile Hasat 14
3. MATERYAL ve YÖNTEM 16
3.1. Materyal 16
3.2. Yöntem 17
3.2.1. Üst Tablaların Tasarımı 18
3.2.2. Kızakların Boyutlandırılması ve Tasarımı 18
3.2.3. Makasların Boyutlandırılması ve Tasarımı 18
3.2.4. Taşıyıcı Alt Tabla Tasarımı 18
3.2.5. Hidrolik Sistemin Tasarımı 18
3.2.5. Platform Unsurlarının Tasarımı için Faydalanılan Eşitlikler 19
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 22
4.1. Mekanik Sistem Tasarımı 22
4.1.1. Üst Tablaların Tasarımı 22
4.1.2. Kızaklama Mekanizmasının Tasarımı 24
4.1.3. Makas Sisteminin Tasarımı 27
4.1.4. Alt Tablanın Tasarımı 32
4.2. Hidrolik Sistem Tasarımı 35
4.3. Tartışma 40
5. SONUÇ 42
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 46

SIMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
◦	Derece
Pa	Pascal
h	Saat
ha	Hektar
kg	Kilogram
km	Kilometre
N	Newton
s	Saniye
t	Ton
m	Metre
mm	Milimetre

Kısaltmalar	Açıklama
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
FAO	Food and Agriculture Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1	Türkiye'nin Gayrisafi Milli Hasılası içerisinde tarımsal faaliyetlerin paylarının yıllara göre değişimi…….	2
Şekil 1.2	Türkiye'de tarımsal üretim yapılan alanların büyüklüğü ve üretim türlerine göre dağılımları……	2
Şekil 2.1.	Elle hasat uygulamalarına ilişkin görseller a) Elle hasat b) Dala uzanma……...	8
Şekil 2.2.	Hasada yardımcı elemanlar a) Hasat kasası b) Hasat makası…….....	9
Şekil 2.3.	Bir gövde veya ana dal sarsıcının ceviz silkeleme örneği……...	11
Şekil 2.4.	Otonom bir hasat robotu çalışması örneği……..	13
Şekil 2.5.	Bir hasat platformu örneği……	14
Şekil 3.1.	Tasarımı öngörülen hasat platformu……...	16
Şekil 4.1.	Üst tablaya ait üç boyutlu bir çizim……	22
Şekil 4.2.	Üst tablalara eklenen korkuluk……..	23
Şekil 4.3.	Kızak tasarımına ait üstten ve izometrik görüntü……...	24
Şekil 4.4.	Kızak sisteminin alt ve üst tabla arasındaki konumuna ait görsel……...	25
Şekil 4.5.	Üst tabla açık konumda iken üzerindeki yayılı yükün sisteme etkisi……..	26
Şekil 4.6.	Akma mukavemet hesabına ilişkin analiz sonucu……..	26
Şekil 4.7.	Kızakların kaynaklandığı profile ait görsel…….....	27
Şekil 4.8.	Makas sistemindeki mesnetlerin çizimi……..	28
Şekil 4.9.	Makas mesnetlerinin bağlı olduğu platforma ait çizim……..	29
Şekil 4.10.	Makasların bağlı olduğu hareketli bağlantı elemanına ait üç boyutlu bir çizim……...	29
Şekil 4.11.	Bağlantı için çizilen elemanların kaynak alanlarına ilişkin görsel……	30
Şekil 4.12.	Makasla kaldırılan yardımcı platform ve üst tablanın konumu a) Üstten görünüş, b) trimetrik görünüş…….……	31
Şekil 4.13.	Alt kasanın izometrik görüntüsü……	32
Şekil 4.14.	Alt kasanın diğer düzlemlere ait görüntüsü……	33
Şekil 4.15.	Kasanın toplam ağırlığına ilişkin görsel…….	33
Şekil 4.16.	Tasarımda kullanılan traktör tekerleğine ait bir görsel……...	34
Şekil 4.17.	Tasarımda kullanılan orta güçteki bir traktöre ait görsel…….	34
Şekil 4.18.	Hidrolik devre tasarımının şematik görünümü……...	36
Şekil 4.19.	Üst tablayı yukarı itecek olan hidrolik silindir ve piston kolunun görseli...	36
Şekil 4.20.	Hidrolik silindirin sistemdeki konumuna ilişkin bir görüntü……..	38
Şekil 4.21.	Platformun kapalı konumuna ait bir görsel…….....	39
Şekil 4.22.	Platformun yükselmiş ve tablaları açık pozisyondayken bir görsel.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.	Meyvelerde hasat sonrası oluşan kayıpların nedenleri ……	5
Çizelge 2.2.	Hasada etki eden parametreler aşağıda sıralanmıştır ……...	6
Çizelge 2.3.	Hasadın mekanize edilebilirliğine etkiyen faktörler ……...	7
Çizelge 3.1.	Tasarımı yapılan platforma ait bazı temel ölçüler ……	17
Çizelge 4.1.	Farklı tarla koşullarına ait yuvarlanma direnci katsayıları ……...	36

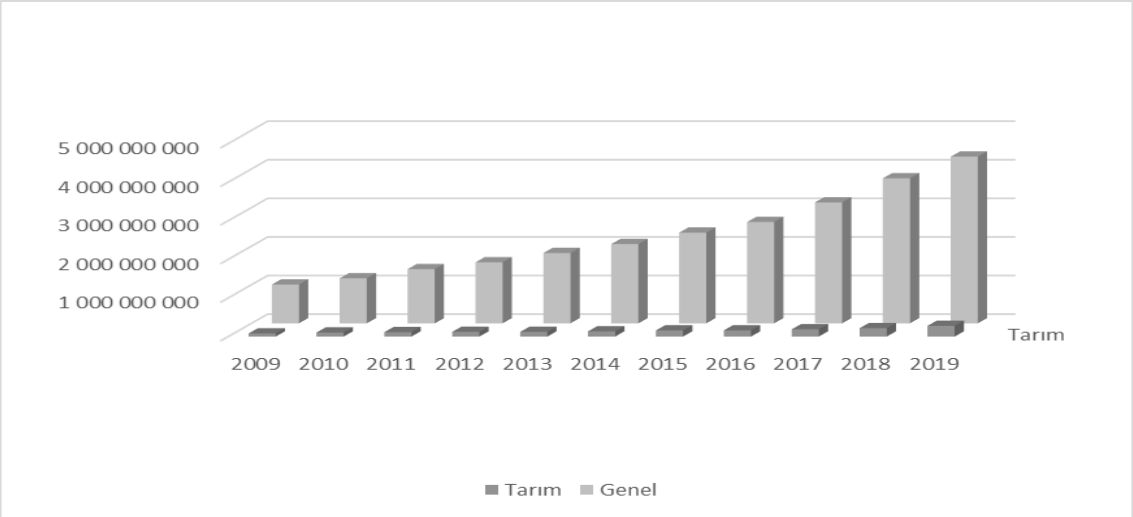
1. GİRİŞ

1.1. Genel

Gıda; yenilebilir, içilebilir, işlenmiş, kısmen işlenmiş veya işlenmemiş her türden maddeyi ifade eder. Sağlıklı ve nitelikli gıdalar arasında ise meyvelerin önemli bir yeri bulunmaktadır. Artan insan nüfusu ile yeterli ve sağlıklı gıdaya erişim de güçleşmektedir. Bu sebeple meyve üretimi her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır (Niyaz, 2012). Üretimi arttırmak için uygun alt yapı ve iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu iş gücü ihtiyacı kimi zaman insan gücü ile kimi zaman ise gelişen teknolojiler sayesinde mekanik iş gücü ile sağlanabilmektedir.

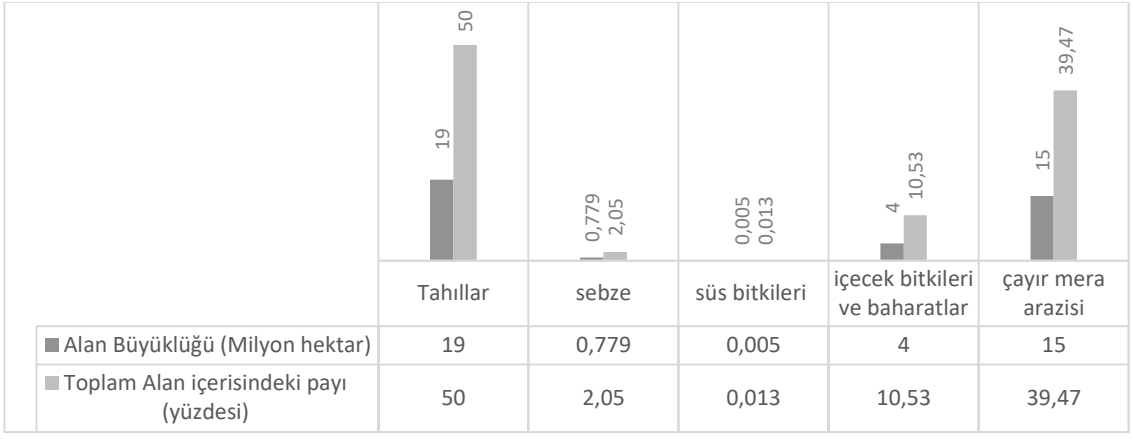
Demir (2019)'in yapmış olduğu çalışmaya göre, Türkiye'de ve dünyada tarımsal üretime duyulan ihtiyaç nüfus artışlarıyla beraber günden güne artmaktadır. Son yıllarda tarım alanlarının işlenememesi ve üretimdeki düşüşler endişe vermektedir. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi de köyden kente göçtür. Kırsal alanlarda yaşayan ve üretim yapan insanlar çeşitli sebeplerle topraklarını bırakarak büyük şehirlerde yaşamaya başlamakta ve geride kalan tarımsal alanlar işlenmeden kalmaktadır. Kırsalda yaşayan nüfusun göçünü engellemek için çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve kazancın üretici açısından daha karlı olabilmesi için yapılması gerekenlerden birisi teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve adapte edilmesidir.

Tarım, insan yaşamının devamlılığı için beslenme ve giyim gibi temel ihtiyaçların hammaddesinin temin edildiği bir sektördür (Özgüven ve ark., 2020). Tarımsal faaliyetlerin artmasıyla insanlığın gelişimi de mümkün olabilmektedir. Yücel (2019) toprağın verimliliğini arttıracak ekim yöntemlerinin, gübre ve ilaç uygulama tekniklerinin, tarım mekanizasyonu ve verimliliği arttırmak için kullanılan hibrit tohum çeşitlerinin nüfusun gıda arzını karşılayabilecek ölçüde üretim yapılabilmesine olanak verebileceğini ifade etmiştir. Tarım tekniğindeki ilerlemeler özellikle de mekanizasyonun artması hem zamandan hem de iş gücünden büyük ölçüde tasarruf ettirmektedir.



Şekil 1.1 Türkiye'nin Gayrisafi Milli Hasılası içerisinde tarımsal faaliyetlerin paylarının yıllara göre değişimi (Anonim, 2021/a'dan değiştirilerek alınmıştır)

Eminoğlu (2016)'ya göre, tarımsal alanda ülkemiz büyük bir üretim potansiyeline sahiptir. İklim ve toprağın üretime elverişli olması sebebiyle tarımsal üretim ekonomimiz için önem arz etmektedir. TÜİK 2021 yılı verilerine göre, 2020 yılında ülkemizde yaklaşık 37,7 milyon hektarlık tarım alanı bulunmaktaydı. Şekil 1.2'den %50'sini tahıl üretimine ayrılan alanlar, %2,05'ini sebze yetiştirilen alanlar, %0,01'ini süs bitkileri yetiştirilen alanlar, %10,53'ünü içecek ve baharat bitkilerinin üretimine ayrılan alanlar, %39,47'sini ise daimi çayır ve mera için ayrılan alanların oluşturduğu görülmektedir (Anonim, 2021/b).



	Tahıllar	sebze	süs bitkileri	içecek bitkileri ve baharatlar	çayır mera arazisi
Alan Büyüklüğü (Milyon hektar)	19	0,779	0,005	4	15
Toplam Alan içerisindeki payı (yüzdesi)	50	2,05	0,013	10,53	39,47

Şekil 1.2 Türkiye'de tarımsal üretim yapılan alanların büyüklüğü ve üretim türlerine göre dağılımları (Anonim, 2021/b'den değiştirilerek alınmıştır)

1.2. Problemin Tanımı

Türkiye meyve üretimi potansiyeli açısından Avrupa'da ve hatta dünyada önemli bir yere sahiptir. Ülkenin coğrafi koşulları düşünüldüğünde her bölgede üretim yapılabildiği görülmektedir (Eminoğlu 2016). FAO 2019 yılı verilerine göre, elma dünya genelindeki meyve üretim toplamının %10'unu oluşturmaktadır, muz ve karpuzdan sonra üçüncü en çok üretilen meyve olduğu için de ayrıca önemlidir (Anonim, 2019). Hem iç ve dış piyasada çok tercih edilmesi hem de önemli bir besin maddesi olması sebebiyle elma üretimine önem verilmelidir.

Zhang ve ark. (2019) hasat esnasında meydana gelen iş gücü ve ürün kayıpların önlenmesi için çalışmalar yapmıştır. Mevsimlik işçiler elma hasadı sırasında üründe meydana gelen morlukların ve diğer fiziksel hasarların önlenmesi için özenli çalışmaktadırlar. İşçiler genellikle elmaları merdivenler ve kovalar kullanarak elleriyle toplamaktadır. El ile hasada ilişkin hareketler; boyun, omuz, sırt, gövde, kas ve iskelet sistemi bozukluklarına neden olma potansiyeline sahiptir. Buna göre mesleki yaralanmaları hafifletmek ve yüksekteki meyvelere ulaşmak için merdivenin alternatifi olabilecek bir araç gerekmektedir. Aynı zamanda tasarlanan araçlar rahatsızlık etkenlerini ortadan kaldıracak ve hasat verimliliğini arttırabilecek fonksiyonlara da sahip olmalıdır.

Elma üretiminde hedeflenen rakamlara ulaşmada hasat işleminin büyük bir payı bulunmaktadır. Uzun süren üretim sürecinin ardından gelen hasadın zamanında ve doğru yöntemle yapılamaması ürün kayıplarına sebep olmaktadır. Elma üretiminin arttırılması ve hasatla oluşan kayıpların önlenebilmesi için yarı mekanize sistemler kullanarak hasat kolaylaştırılabilecektir.

Ruiz-Altisent ve ark. (2004) yaptıkları çalışmalarla meyve ve sebzelerin elle hasat edilmesinin, ürünün nihai fiyatında yüksek bir net pay ile toplam üretim maliyetlerinin %30 ila 60'ını oluşturduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle, hasat işlemlerinin mekanizasyonu, girdi azaltma açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Ülkemizdeki ortalama bir tarımsal işletmede ancak 600 saatlik bir traktör kullanımı olmasıyla karlı bir üretim yapılacağı saptanmıştır. İşletmelerde kullanılan traktörlerin büyüklüğü ve küçüklüğü işletmelere göre değişiklik göstermektedir. Örneklemek gerekirse kuru tarım yapılan bir işletmede çalışan bir traktör yılda ortalama 350 saat kadar kullanılmaktadır

(Yalçın, 1990; Üçgül, 2007). Bu bilgiler ışığında traktörlerden alınan randımanı artırmak için çalışma sürelerini arttırmak gerektiğini ifade edebiliriz. Hasat için traktör ile kombine kullanılabilen makineler üretildiği takdirde traktörün kullanım süresi artacak ve tarımsal üretimin yarı mekanize hasat vasıtasıyla verimi arttırılmış olacaktır.

1.3. Amaçlar

Bu çalışmanın genel amacı, elle yapılan elma hasat işlemini destekleyecek traktörle çekilir tip bir hasat platformu prototipi tasarlamaktır. Bu amaca ulaşmak için hedefler aşağıdaki gibidir;

- Yarı bodur anaca ait bir elma bahçesinden, yapılacak prototip için referans olacak sıra arası ve sıra üzeri mesafe için ölçü almak
- Solidworks 2018 CAD programını kullanarak römork üzerine monte edilmiş bir meyve hasat platformu tasarımı yapmak
- Bu tasarımın üzerindeki yüklerle çalışması halinde emniyetli olup olmayacağının kontrolünü sağlamak
- Prototipin imal edilmesi halinde yaşanabilecek olası problemleri belirleyip tasarımı revize etmek

Bu çalışmada meyve bahçelerinde çalışan dönemlik işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek, hasat sürelerini kısaltarak ürünün kalitesini korumak, hasat edilen ürünün taşıma-iletim işlemini kolaylaştırmak, işletmelerin hasat için ödeyeceği iş gücü maliyetini düşürmek ve işletmede mevcut bulunan traktörü daha etkili bir şekilde kullanmak için traktörle çekilir tip bir hasat platformunun tasarlanması amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Meyve Hasadı

Meyve hasadı, meyve üretim süreci boyunca kullanılan enerjinin en büyük bölümünü oluşturan meşakkatli ve zaman alıcı bir işlemdir. Bitkilerin olgunluk aşamaları türlerine göre değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple de farklı türlerin birbirinden farklı zamanlarda ve farklı yöntemlerle toplanması gerekliliği doğmaktadır.

Özcan (2018)'a göre, gelişimini tamamlayan, belirli büyüklük ve olgunluğa gelen meyvelerde hasat, yeme olumu ve hasat olumu diye adlandırılan iki şekilde yapılabilmektedir. Üçgül (2007), meyve hasadını sadece meyvenin daldan ayrılması gibi düşünülmemesi gerektiğini ifade etmiştir. Buna göre, daldan ayrılan mahsulün toplanması, taşınması, sınıflandırılması, temizlenmesi ve saklanması işlemleri de hasada dahil edilmelidir. Ürünün toplanmasından pazara uzanan süreçte yapılan uygulamalar üretimden elde edilecek kar yüzdesini doğrudan etkilemektedir.

Çizelge 2.1. Meyvelerde hasat sonrası oluşan kayıpların nedenleri (Özcan, 2018'den değiştirilerek alınmıştır)

Hasadın doğru zamanlanamaması	Bahçeden depoya geçen nakliye süreleri
Ürüne göre hasat yapılamaması	Depolarda uygun koşul sağlanamaması
Uygun araçların kullanılmaması	Pazara sunuştaki eksiklikler
Deneyimsiz işgücünün kullanılması	Çok fazla ürünün pazara yığılması
Ürüne uygun ambalajlama yapılamaması	Standardizasyona uygun olmama
Taşımanın ürün isteğine uygun olmaması	Ürünlerin seçmece olarak satılması

Sudheer (2007) hasat sürecinin oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır çünkü meyvelerin yetiştirilmesi son derece uzun, zahmetli ve maliyetlidir. Bu nedenle hasat sürecine etkileyen bütün parametreler doğru bir şekilde ele alınmalıdır. Göz ardı edilen herhangi bir parametre yetiştiricinin zarar etmesine neden olabilmektedir. Mahsulün sıkışmasına, darbe veya titreşim etkisiyle ezilmesine fırsat vermemek adına, doğru yöntemlerle ve doğru zamanda hasat yapılması gerekliliği bulunmaktadır.

2.2. Hasada Etkiyen Parametreler

Meyvelerin hangi yöntem ile ne zaman hasat edileceğine karar vermek için bakılması gereken birtakım kriterler bulunmaktadır. Bunlar özetle hasadı yapılacak meyvenin türü, olgunluk seviyesi, hava koşulları ve pazarın durumudur. Bazı türlerde (erkenci çeşitlerde) yüksek pazar fiyatları sebebiyle kademeli olarak, orta ve geç mevsim türleri için ise tek seferde hasat tercih edilmelidir. Örnek vermek gerekirse sofralık zeytin kullanım amacına göre kademeli hasada uygundur (Karaçalı, 2011).

Çizelge 2.2. Hasada etki eden parametreler aşağıda sıralanmıştır (Özcan, 2018'den değiştirilerek alınmıştır)

Meyve iç ve dış rengi	Meyvenin aroması
Meyve etinin sertlik durumu	Etilen düzeyi
Suda çözünebilen madde miktarı	Daldan kopmaya gösterdiği direnç
Meyvenin içerdiği asit miktarı	Solunum hızındaki değişim
Meyve suyu miktarı	Meyvenin içerdiği nişasta miktarı
Ürünün irilik ve şekilsel durumu	Çekirdekten ayrılma
Dış kabuğun durumu	İçeriğindeki tanen miktarı

2.3. Meyve Hasadında Kullanılan Yöntemler

Sudheer (2007) hasat yönteminin meyveye etkisi üzerine yaptığı çalışmalarda, tercih edilen yöntemin meyvelerin kompozisyonunu ve hasat sonrası ürün kalitesini önemli ölçüde etkileyebildiğini ifade etmiştir. Üründe meydana gelen berelenmeler; su ve C vitamini kaybını hızlandırarak çürümeye neden olan patojenlere karşı duyarlılığın artmasına neden olabilmektedir. Bu zedelenmelerin önüne geçmek için meyve hasadında yaygın olarak el ile hasat veya yarı mekanik hasat tercih edilmektedir.

Meyve hasadında üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; el ile hasat, yarı mekanik hasat ve tam mekanik hasattır. Yarı mekanize sistemlerde çalışanların ve mahsulün taşınması için tasarlanmış araçlar kullanılmaktadır. Tamamen mekanik olarak tasarlanmış sistemlerde ise mahsulün daldan ayrılması ve toplanması işlemleri de bu makineler aracılığıyla yapılmaktadır (Civil, 2009).

Çizelge 2.3. Hasadın mekanize edilebilirliğine etkiyen faktörler (Tunçer ve Özgüven, 1989; Erdoğdu, 2013' den değiştirilerek alınmıştır)

Çok sayıda çeşit oluşu	Çok yıllık bitki oluşu
Farklı dikim planlaması ve budama şekilleri oluşu	Eş zamansız olgunlaşma
Meyvelerin ısıl ve mekanik dayanımlarının düşük oluşu	Makinelerin ilk satın alma maliyetlerinin yüksek oluşu

2.3.1. Meyvelerin El ile Hasadı

Sudheer (2007) gelişmekte olan ülkelerin çoğunda, bıçak ve çeşitli makaslar yardımıyla meyvelerin hasat edilmesinin sık başvurulan bir yöntem olduğunu ifade etmiştir. Meyveler hasat zamanında kolayca zarar görebilirler. Meyvede meydana gelebilecek mekanik hasarlardan kaçınmak için toplama esnasında ürüne özen gösterilmesi gereklidir.

Meyvelerin el ile hasadında işçilerin ağacın alt dallarındaki meyveleri kopartarak toplaması, üst dallarındaki meyveleri toplamak için ise merdiven üzerinde ayağa kalkarak omzunda bulunan torba veya sepete doldurması gerekmektedir. Hasat edilen mahsulün aynı şekilde sepet veya önlüklerden yine daha büyük kasalara taşınması gerekecektir. El ile hasat işlemi yoğun işgücü gerektirdiği için vasıfsız mevsimlik işçilerin çalıştırılmasıyla ekonomik olması sağlanabilmektedir. Büyük ağaçların hasat edilmesi esnasında işçinin ağaca yönelim ve koparma süreleri hasadın %65-85'ini oluşmaktadır. Dallara ulaşabilmek için merdiven kullanılması durumunda ise merdivenin kurulması ve taşınması sırasında geçen süre iş verimini %70-80 oranında azaltmaktadır. Araştırmacılar elle hasadın meydana getirdiği olumsuzlukları düşünerek çalışmalar yapmışlar, fakat geliştirilen araçlarla sağlanacak verim artışı aracın ilk yatırım maliyetlerini karşılamadığı için istenilen sonuca ulaşılamamıştır (Kirişçi ve Tuncer, 1988; Eminoğlu, 2016).

Meyveler taze tüketim amacıyla toplanacaksa el ile hasat edilmesi daha uygun olabilmektedir. Fabrikasyon meyvelerin toplanma süreleri el ile toplamayla uzun zaman alacağı için bunların farklı bir yöntemle toplanması gerekir. El ile hasat süreleri ağaçların yapısal farklılıkları, büyüklük ve küçüklüklerine bağlı olarak değişmekte, 1000/450 h/ha arasında insan emeğine ihtiyaç duyulmaktadır (Tunçer ve Özgüven, 1989; Üçgül, 2007).



(a) (b)

Şekil 2.1. Elle hasat uygulamalarına ilişkin görseller. a) Elle hasat b) Dala uzanma (https://www.freepik.com/, 2021)

Elle hasatta mekanik zedelenmeler daha az olmaktadır, ancak bu yöntemin olumsuz tarafları da söz konusu olabilmektedir. Bunlar;

- Meyvenin uzanma mesafesinde olmayışı,
- Turunçgiller gibi dikenli ya da üzümsü meyvelerin toplama esnasında toplayan kişiye rahatsızlık vermesi,
- Uzanmaya çabalarken iş veriminin düşmesi,
- Meyvelerin ayırt edilebilmesi için gün ışığına ihtiyaç duyulması sebebiyle hasadın günün aydınlık ve bir o kadar sıcak saatlerinde yapılması,
- Taşıma sırasında zedelenmelerin önlenmesi için sert olmayan kenarlara sahip yumuşak kapların tercih edilmesi,
- Bodur bitkilerin hasadı sırasında eğilerek çalışmanın fiziksel rahatsızlık yaratarak uzun süre çalışmaya imkân tanımaması,
- Merdiven üzerinde çalışma esnasında oluşabilecek kazalar olarak sıralanabilir (Kirişçi ve Tuncer, 1988; Eminoğlu, 2016).

2.3.2. Meyve Hasadında Kullanılan Yardımcı Elemanlar

Meyvelerin hasat işlemine yardımcı olan bütün ekipmanlar bu sınıfta incelenebilir. Meyvelerin zarar görmeden ağaçtan toplanması için çeşitli el aletleri kullanılmaktadır. Toplamaya ağacın alt dallarından başlayıp yukarı doğru çıkılmalıdır. Toplayıcıların

maksimum verim alabilmeleri için iki elin de kullanabilir olması gerekmektedir. Bu amaçla; hasat önlükleri, bahçe kasaları, makaslar ve sepetler kullanılmaktadır.

Hasat Makasları: Eminoğlu (2016)'ya göre, bu makaslar özellikle sofralık üzüm ve turunçgil gibi meyvelerin hasadında yardımcı olarak kullanılır. Uçları küt yapıda olan bu makaslar budama makaslarından bu yönüyle ayrılmaktadır. Sap kısmı ise silme kesmesine olanak sağlaması için hafif bölmeli yapıdadır.

Hasat Önlükleri: Bu önlükler genellikle çadır bezinden yapılırlar. Askılar veya kuşak sayesinde işçinin omuzlarına asılabilir ya da beline bağlanır. Önlüğün dolması halinde işçi önlüğü alttan açar ve kasalara yavaşça boşaltır. Hasat önlükleri dayanımı yüksek olan elma ve portakal gibi meyvelerde sıklıkla kullanılmaktadır.

Hasat Sepetleri: Hasat sepetleri; söğüt dalları veya kamıştan örülmüş 5-10 kiloluk sepetlerdir. Sepet, toplama işleminde toplayıcının omzuna asılarak veya bir çengel ile merdiven basamağı yahut ağaç dalına tutturularak iki el ile etkili bir şeklide çalışmaya olanak sağlar. Yeteri kadar toplama sepeti var ise sert çekirdekli meyvelerin kasalara boşaltılmasına gerek olmadan doğruca ambalajlanmaya gönderilmesi zedelenmelerin de önüne geçebilmektedir.

Bahçe Kasaları: Meyvelerin en son bahçede toplandığı kasalardır. Ambalajlanacakları alana taşınmaları da yine bu kasalar yardımıyla yapılır. Bu kasalar standart ölçülerde olup toplanacak ürüne göre değişkenlik gösterebilir.



a)



b)

Şekil 2.2. Hasada yardımcı elemanlar a) Hasat kasası b) Hasat makası (https://www.freepik.com/, 2021)

2.3.3. Makineli Meyve Hasadı

Li ve ark. (2011) mekanik hasat yöntemlerinin 1960'ların başından beri araştırılmaya ve uygulanmaya başlandığını belirtmişlerdir. Coppock, narenciye meyvelerinin ağaca hasar vermeden silkelenerek toplanabileceğini kanıtladıktan sonra mekanik hasat yöntemleri önem kazanmaya başlamıştır. Hatta hasat öncesinde bir çeşit sprey aracılığıyla meyvelerin ağaçtan koparılmasının kolaylaştırılması amaçlanmış, bu işlem için absisyon adı verilen kimyasal bir madde kullanılmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin meyvelerin makine yardımıyla hasat edilmeye dair ilk çalışmaları başlattığı bilinmektedir. Öncelerde bu makineler kablolu ve taşınabilir iken sonraları bu makineler yerlerini kuvvetini atalet etkisinden alan gelişmiş silkeleyicilere bırakmıştır. Traktör ile çekilen ya da kendi yürür olarak üretilen bu tip araçlar birçok meyve türü için kullanım olanağı sağlar (Keçecioğlu, 1975; Yıldız, 2012).

Türkiye'de meyve hasadı çoğunlukla el ile yapılmaktadır, ancak işgücü bulmak giderek zorlaştığından hasatta mekanizasyon zorunlu hale gelmektedir. Hasadın makineler yardımıyla mekanize olarak yapılabilmesi için hasadı yapılacak ürünün bu işleme uygunluğuna bakmak gerekir. Mekanik hasatta bitkinin daldan kopartılması, uygun bir araçla sarsma gücünün arttırılarak sarsma süresinin kısaltılması ve sarsmaya bağlı ezilmelerin önlenmesi konularında da çalışmalar yapılmaktadır. Silkeleme, tutma ve taşıma işlemleri meyve hasadında kullanılan mekanizasyon tekniklerinin en önemli ilkelerindendir (Çetinkaya, 1989; Civil, 2009). Yukarıda bahsedilen mekanik hasat yöntemleri alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

Gövde Sarsıcılar

Yürürer (2006), entansif (yoğun) tarımın gelişmesiyle hasat için kullanılan makinelerin de hızla geliştiğini ifade etmektedir. Gövde sarsıcılar bunun en güzel örneklerindendir. Bu tip sarsıcılar öncekiler gibi ağacın ana dallarını değil ağaç gövdesini tümüyle kavrayarak sarsmaktadır. Bu sistemler dört ana parçadan meydana gelmektedir. Bunlar; kavrayıcı kelepçe, hidrolik aksamlar, branda şeklindeki toplayıcı kısım ve taşıyıcı depo şeklinde özetlenebilir.

Gövde sarsıcılar bakım ve kullanımlarının kolay olmasının yanı sıra özel ağaç biçimlendirmesine ihtiyaç duymazlar, verimlilikleri yüksektir ve ağaçlara verdikleri hasar diğer sarsıcılardan daha düşük orandadır. Bu faydalarının yanında büyük ağaçlarda kullanılmaları halinde hasat veriminin düşecek olması ve ilk satın alma maliyetlerinin yüksek olması olumsuz etkileri olarak ifade edilebilir (Çetinkaya, 1989; Erdoğdu, 2013).



Şekil 2.3. Bir gövde veya ana dal sarsıcının ceviz silkeleme örneği (Ünal, 2005)

Eksantrik Tipli Silkeleyiciler

Ağaç gövde ve dallarının sarsılarak meyvelerinin toplanması için kullanılan eksantrik ve atalet kuvvetli silkeleyiciler halen sıklıkla tercih edilmektedir. Bu tür makinelerde temel olarak dallara ya da gövdeye uygulanan periyodik titreşimlerin etkisiyle meyvelerin dökülmesi amaçlanmıştır. Özetle bu tür makinelerin kullanımıyla bazı meyvelerin hasadı ağacın veya dalların ivmelendirilmesiyle sağlanmış olacaktır (Erdoğan, 1990; Yıldız, 2012).

Küçük Dal ve Yaprak Silkeleyiciler

Kirişçi ve Tuncer (1988)'e göre bu sınıfa giren aletlerin çalışma prensibi küçük dal ve yaprakları yakalamaktır. Daha sonra mekanik olarak ritmik-darbeli havayı veya suyu yakaladıkları küçük dal ve yapraklara yönlendirerek meyveye kuvvetin dolaylı yoldan iletilmesini sağlarlar. Silkeleyicilerin çalışma frekansları 0.6-3.3 Hz'dir. Ağaç altlarına temas etkili makinelerde olduğu gibi giremezler. Bunun bir sonucu olarak bir saat gibi bir süre içerisinde 5-10 adet ağacın hasadı ancak yapılabilmektedir. Ritmik hava darbeli sarsıcılar diğer dal sarsıcılar sınıfına giren aletlerden daha yüksek verimle çalışırlar. Saatte 160–240 km'lik yüksek hava hızına sahiptirler ve çalışma frekansları epey düşüktür (0,8-1,6 Hz). Her ne kadar hasadın yapıldığı yılda verimi arttırsa da hasat sırasında ağacın aldığı hasar sonucu gelecek yılki mahsulden alınacak verimin düşmesine yol açabilir.

Temas Etkili Makineler

Kirişçi ve Tuncer (1988), meyvelerin adeta el ile hasadına benzer şekilde toplanmasına olanak sağlayan bu tip makineler yardımıyla genellikle sofralık meyvelerin hasadının yapıldığını ifade etmişlerdir. Ağacın taç kısmı içerisinde tarama yapan makineler döner mil üzerine dizilmiş parmaklar sayesinde kopartmaya olanak vermektedir. Kopartma ünitesinde bulunan parmakların arasında hasat edilecek olgun meyvelerle beraber ince dallar daha ufak yapılı meyveler, yapraklar ve sürgün dalların geçebileceği kadar aralık bulunmaktadır.

2.3.4. Otonom Hasat Makineleri

Katleen Anne ve ark. (2018), robotik meyve hasadı konusunda çalışmıştır. Buna göre, robotik alanı, yıllardır sürekli olarak ve olağanüstü bir hızla büyümeye devam etmektedir. Bu büyümenin doğal bir sonucu olarak da otonom makineler artık tarım ve çiftçilikte yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmektedir. Tarımsal alanda kullanılan otonom makinelere örnek vermek gerekirse kendi yürür meyve hasat makinesi veya meyve toplayıcılardan bahsedebiliriz. Bu durumdaki meyve hasat makinelerinin amacı, insanların müdahalesi olmadan meyveleri tespit edip toplayabilmektir. Bu tür bir makine, özellikle büyük ölçekli çiftliklerde çok faydalı olmaktadır. Bunun sebebi ise çok daha az işçi çalıştırılabilecek olmasıdır. Bu tür araçların en önemli kısımlarından biri, toplanacak

veya hasat edilecek meyveleri görsel olarak algılayacak kamera ve sensörlere sahip olmalarıdır. Çoğu meyve hasat robotunun tanımlama sistemi, bir kamera veya görüntü işlemede kullanan bilgisayarla görmeye dayanır. Görüntü işleme, farklı kategorilerde kamera önünde ne tür bir meyve olduğunu belirlemek için görüntünün içeriğini çıkartıp, inceler ve bilgisayarla iletişim kurmak için bu görsel kalıpları kullanır. Özellikle meyveler için görsel kalıpları tanımayı kolaylaştıran algoritmalar beraber kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. Otonom bir hasat robotu çalışması örneği (Kathleen Anne ve ark., 2018)

Ruiz Altisent ve ark. (2004), tarımsal hayatı kolaylaştırıyor olsa da teknolojinin birtakım olumsuzluklarını da vurgulamışlardır. Bunlar;

- Hasat edilecek ürünlerin, agronomik, fizyolojik, yapısal özellikler, boyut, şekil ve ayrılma gibi açılardan değişkenlik göstermesi ve tasarımlarının güç olması.
- Bu amaçla üretilen hasat makineleri hasat edilecek ürün için özelleştirilmesine rağmen bir yıl içerisindeki kullanım sürelerinin oldukça düşük olması.
- Meyve ve sebzeler son derece gelişmiş ülkelerde bile elle hasat edilmektedir bu nedenle ekonomiyi ve kaliteyi iyileştirme amacıyla makineleşmeyi başlatmaya çalışırken genellikle işgücü ve istihdam sorunları ortaya çıkabilmektedir.

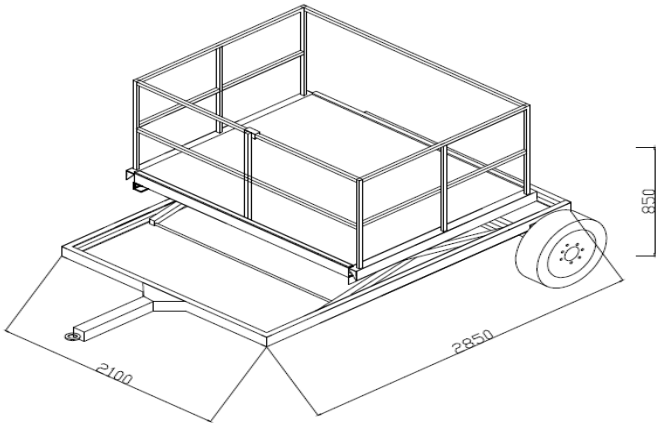
  Meyve ve sebze türlerine ilişkin dikim sistemleri, toprak türü ve sulama ihtiyacı, malzeme taşıma, sınıflandırma, ayırma, işleme ve bunlar gibi faktörlerin varlığı başlı başına önemli bir bilgi birikimi ve tekniğin aynı anda kullanılmasını gerekli

2.3.5. Platform Desteği ile Hasat

Prusia ve ark. (1986), dünyadaki meyve bahçelerinin 1980'li yıllar için çoğunun elle hasat edildiğini bildirmiştir. Manuel hasadın birincil avantajı, insanların çok yönlülüğü ve uyum sağlayabiliyor olmasıdır. Olağanüstü teknolojik ilerlemelere rağmen, bilgisayar kontrollü robotların insanlardaki meyveyi renk, olgunluk, kusurlar, boyut, şekil ve diğer fiziksel ve biyolojik faktörlere dayalı olarak tespit etme ve seçme yeteneğine ulaşabilmesi için yıllar geçmesi gerekmektedir. Bu sebeple yapılan hasat platformu çalışmaları giderek önemli hale gelmekte ve işçilerin daha konforlu ortamlarda çalışmaları amaçlanmaktadır.

Üçgül (2007) Türkiye'de makinalı meyve hasadı için çalışmalar yapılmaya devam edildiğini ve farklı özelliklerde, sınırlı sayıda da olsa, yerli ticari hasat platformları bulunduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, hasat platformu tasarımı ve imalatı konusunda yapılmış olan araştırma çalışmaları da bulunmaktadır. Hasat platformu tasarımında dikkat edilmesi gereken husus özellikle meyve bahçelerinin birbirinden farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafeye sahip olabilecek olmasıdır. Bitkinin ihtiyacı olan dikim koşullarına veya türüne bağlı olarak tasarımlara yön verildiği takdirde hasat platformları ilk yatırım masraflarını karşılayarak yaygın bir kullanım alanı bulabilecektir.

Önceki çalışmalardan bir hasat platformu örneğine Şekil 2.5'te yer verilmiştir. Bu gibi konular üzerinde üniversiteler ve araştırmacılar halen çalışmaya devam etmektedir. Hasat platformlarının tasarımı ve üretimine yönelik çalışmalar her geçen gün gelişmeye devam etmektedir.



Şekil 2.5. Bir hasat platformu örneği (Üçgül, 2007)

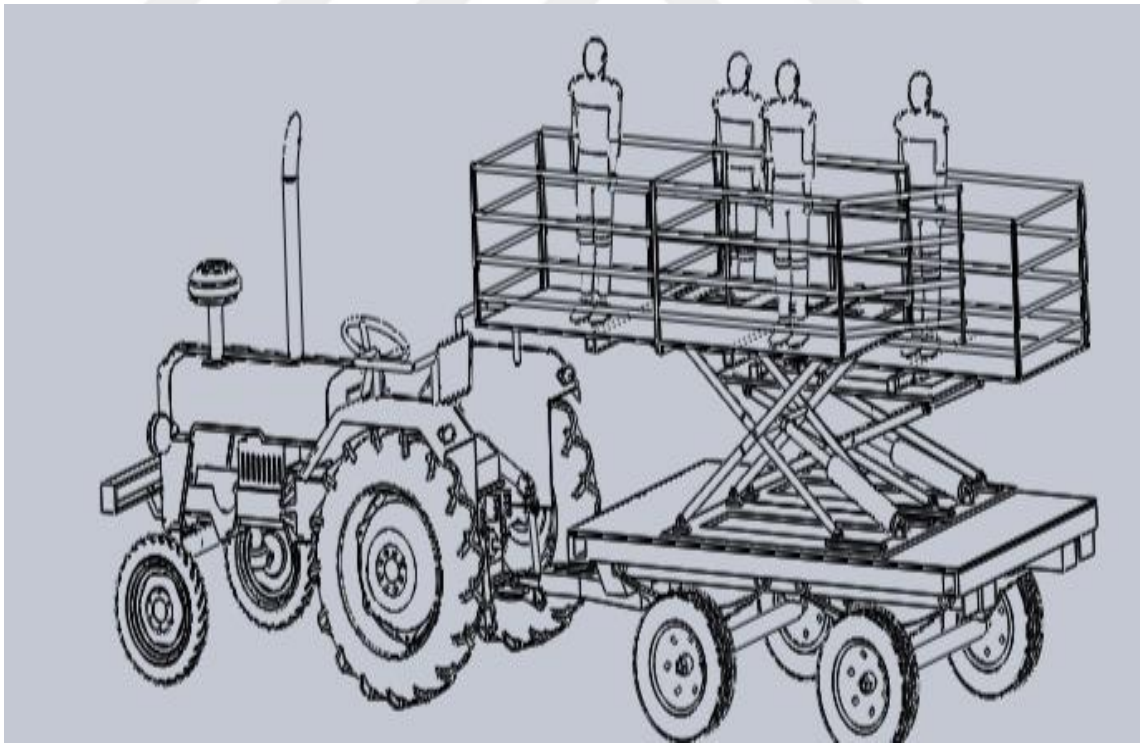
Elma hasat işçilerinin çalışma koşullarını iyileştirmek için yapılmış ve Şekil 2.5'te gösterilen örnekten farklı olarak bu çalışmada bulunan fonksiyonlar onu önceki çalışmalardan ayrılmasına imkân vermektedir. Bu özellikler şunlardır:

- Platformun çalışacağı elma (yarı bodur) bahçesinin özelliklerine göre tasarlanacaktır, bu şekilde tesis edilmiş bahçelere özel olacaktır ve bu koşul için maksimum fayda sağlayacaktır.
- Yükselme ve yönelme (yana kaydırma) hareketlerinin iki ayrı tablada birbirlerinden bağımsız hareket edebilme imkânı vermesi nedeniyle kullanım kolaylığı ve etkinliği tek parçalı platformlara göre artacaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmanın ana materyalini römork üzerine monte edilen ve kapama elma bahçelerinde kullanılmak üzere tasarlanmış bir meyve hasat platformu oluşturmaktadır. Römorkun hareketini küçük veya orta güçlü bir traktörden alması düşünülmüştür. Platform üzerinde çalışacak işçilerin yerden uzanarak veya merdivenler yardımıyla dallara ulaşmaya çalışmaları halinde hasat işlemini gerçekleştirmelerinin zor ve zahmetli olması böyle bir çalışmayı gerekli kılmıştır. Platform; bağlı olduğu traktörden aldığı hidrolik güç sayesinde yükselerek ağacın taç kısımlarına yaklaşıp uzaklaşmayı sağlar. Ayrıca platform sağa ve sola yönelim yaparak ağaca uzanmayı da kolaylaştırmayı amaçlamıştır. Sahip olduğu bu özellikler sayesinde işçilerin daha ergonomik koşullarda çalışmaları mümkün olabilecektir. Şekil 3.1'de tasarımı yapılmak istenen platforma ait bir ön çalışma görseli verilmiştir. Tasarımı yapılacak olan platforma ait öngörülen bazı temel ölçüler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Tasarımı öngörülen hasat platformu

Çizelge 3.1. Tasarımı yapılacak olan platforma ait bazı temel ölçüler

Römorkun eni (mm)	2500
Römorkun boyu (mm)	4250
Platform kapalı iken yerden yüksekliği (mm)	1500
Platform açık iken yerden yüksekliği (mm)	2600
Römorkun iz genişliği (mm)	2200

Şekil 3.1'den görülebileceği gibi üzerinde dört adet işçinin aynı anda güvenli bir durumda çalışabileceği bir sistem düşünülmüştür. Bu koşulu sağlamak amacıyla kafes biçiminde açılır-kapanır kapısı olan bir korkuluk tasarlanmıştır. Platformun aşağı-yukarı ve sağa-sola hareketini sağlamak için traktörün hidrolik güç çıkışından yararlanılacaktır. Hasat platform tasarımının çeki düzeni, hidrolik silindirin çapı kontrol valfleri ve hareketi sağlayan diğer parçaların sahip olması gereken özellikler araştırmanın diğer bölümünü oluşturmaktadır.

3.2. Yöntem

Bu çalışma için öncelikle ihtiyaç duyulacak unsurlar belirlenmiştir. Çalışma için bir elma bahçesinin ölçüleri referans alınmıştır. Elma bahçesi tesisi genellikle anacın cinsine ve dikim tercihlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yer alan bir elma bahçesinden alınan ölçümlere göre bodur (yarı bodur) elma bahçeleri için sıra üzeri 5 m ve sıra arası mesafenin de 5 m olduğu görülmüştür. Ayrıca yaygın kullanılan 4 tonluk çift dingilli bir römorkun ölçüleri de çalışma için referans alınmıştır. Tasarımın netleştirilmesinden önce römorkun üzerine binecek yükü emniyetli bir şekilde taşıyıp taşımayacağı eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. Solidworks programı yardımıyla üç boyutlu bir model hazırlanmış ve bilgisayar ortamındaki bu üç boyutlu model imal edilecekmişçesine kontrolleri sağlanmıştır. Hesaplamalar ve analiz sonuçlarına göre kritik noktalarda kullanılacak malzeme ölçülerinde değişikliğe ihtiyaç duyulan yerlerde değişiklikler yapılmıştır. Tasarlanan modelin istenilen şekilde hareketini sağlamak amacıyla elektrik ve hidrolik donanımlar seçilmiş ve tasarım desteklenmiştir.

Eşitlikler yardımıyla yapılan tasarım alt başlıklar halinde özetlenerek aşağıda kısaca ifade edilmeye çalışılmıştır.

3.2.1. Üst Tablaların Tasarımı

Platformun üzerinde çalışacak kişi sayısı ve hasat edilecek meyvelerin kasalarının toplam kütlesi ortalama bir değer verilerek toplamda 600 kg kabul edilmiştir. Bu ağırlığı taşıma ve kaldırabilme kapasitesine göre üst plakalara bölüşülmesi ve plaka başına düşen 300 kg'ın emniyetli bir şekilde taşınabilmesi için bazı eşitliklerden yararlanılmıştır.

3.2.2. Kızakların Boyutlandırılması ve Tasarımı

Platformdaki sağ ve sola yönelimi mümkün kılabilen kızakların tasarımı için, öncelikle platforma etkiyen kuvvetlerin bulunması sağlanmıştır. Buna ek olarak parçaların dayanım durumları hesaplanarak gerekli boyutlarda karar kılınmıştır. Çizim için seçilen boyutların uygunluğu kontrol edilmiştir.

3.2.3. Makasların Boyutlandırılması ve Tasarımı

Üzerinde taşıyacağı üst tablalar ile işçilerin bulunduğu konumdan yükselebilmeleri için düşünülmüş sistemde bu yükselme hareketi için bir makaslama sisteminin kullanılması uygun bulunmuştur. Hidrolik yardımıyla desteklenen makaslar uygun harekete olanak sağlayabilmişlerdir. Daha sonra bu sistem için ihtiyaç duyulan tüm hesaplamalar eşitlikler yardımıyla yapılarak kullanılacak boyutlar netleştirilmiştir.

3.2.4. Taşıyıcı Alt Tabla Tasarımı

Platformun üzerinde duracağı alt tablanın boyutlandırılması ve çift dingilli standart bir römork görüntüsü verilmesi istenmiştir. Burada önemli olan unsur üzerinde taşıyacağı yükler için yeterli dayanımı sağlayacak ölçülerde bir tabla tasarımı yapmak olmuştur. Daha sonra çeki oku da ilave edilerek tasarım tamamlanmıştır.

3.2.5. Hidrolik Sistemin Tasarımı

Makaslar aracılığıyla sistemin aşağı-yukarı hareket ve kızaklar aracılığıyla sağ ve sola hareket etmesi hidrolik bir sistem ile elde edilmiştir. Aynı zamanda sistem hareketlerinin çalışan işçiler tarafından kontrol edilebilmesi için tasarlanan hidrolik sistem elle kumandalı yön kontrol valfleri ile desteklenmiştir. Hidrolik silindirlerin oluşturması gereken kuvvetler hesaplanarak bulunmuştur. Hidrolik sistemin elemanları standartlara uygun seçilmiştir.

3.2.5. Platform Unsurlarının Tasarımı için Faydalanılan Eşitlikler

Profillere etkiyen kuvvet eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır (Babalık ve Çavdar, 2018).

$$F = m \times g \quad (3.1)$$

F: Kuvvet (N)
m: Kütle (kg)
g: Yerçekimi ivmesi ($9.81\ \mathrm{m/sn^2}$)

Sisteme *x* ekseni doğrultusunda etkiyen kuvvetler eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır (Akçalı, 1998).

$$\sum Fx = 0 \quad (3.2)$$

Fx: Sisteme x ekseninde etkiyen kuvvetler (N)

Sisteme *y* ekseni doğrultusunda etkiyen kuvvetlerin dengede olduğunu hesaplamak için faydalanılan eşitlik 3.3'tür (Akçalı, 1998).

$$\sum Fy = 0 \quad (3.3)$$

Fy: Sisteme y ekseninde etkiyen kuvvetler (N)

Sisteme etkiyen momentlerin denge halindeyken sağlayacağı durum 3.4 ile bulunmuştur (Akçalı, 1998).

$$\sum M = 0 \quad (3.4)$$

M: Moment (Nm)

Sistem unsurları statik durumda iken emniyetli kayma gerilmesi hesabında kullanılan eşitlik 3.5 şu şekildedir (Babalık ve Çavdar, 2018).

$$\tau_e = \frac{\tau}{s} \quad (3.5)$$

τ_e: Emniyetli kayma gerilmesi ($\mathrm{N/m^2}$)
τ: Kayma gerilmesi ($\mathrm{N/m^2}$)
s: Güvenlik katsayısı

Sistem unsurları statik durumda iken emniyetli akma gerilmesi hesabında kullanılan eşitlik 3.6'dır (Babalık ve Çavdar, 2018).

$$\sigma_e = \frac{\sigma}{s} \quad (3.6)$$

σ_e: Emniyetli kayma gerilmesi $\mathrm{N/m^2}$
σ: Kayma gerilmesi ($\mathrm{N/m^2}$)
s: Güvenlik katsayısı

Seçilen malzemeye bağlı olarak oluşacak kesme kuvvetinin neden olduğu kesme gerilmesi hesabı için faydalandığımız eşitlik 3.7 şöyledir (Babalık ve Çavdar, 2018).

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (3.7)$$

τ: Kesme Kuvvetinin neden olduğu kayma gerilmesi ($\mathrm{N/mm^2}$)
F: Kesme kuvveti (N)
A: Toplam kaynak alanı ($\mathrm{mm^2}$)

Sistemde kullanılan kaynak alanı hesabı için eşitlik 3.8' den faydalanılmıştır (Shigley 1986).

$$A = n \times h \times l \quad (3.8)$$

A: Toplam kaynak alanı (mm^2)
n: Sabit
h: Kaynak ağzı genişliği (mm)
l: Kaynak boyutuna bağlı değer (mm)

Hidrolik sistem tasarımında hidrolik pistonun oluşturması istenen kuvveti hesaplamak için faydalanılan eşitlik 3.9'dur (Liljedahl ve ark., 1996).

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.9)$$

P: Basınç (N/m^2)
F: Kuvvet (N)
A: Pistonun etki alanı (m^2)

Sistem unsurlarının seçilen malzemelere göre eğilme momentinin neden olacağı akma gerilmesi hesabında faydalandığımız eşitlik 3.10'dur (Akçalı, 1998).

$$\sigma_w = \frac{M_{max}}{S_c} \quad (3.10)$$

σ_w: Emniyetli kayma gerilmesi (N/m^2)
M_{max}: Kesme kuvveti (N)
S_c: Mukavemet momenti(m^3)

Sistemde kullanılan kaynak noktalarına etkiyen eğilme momentinin oluşturduğu normal gerilme için kullanılan eşitlik 3.11'dir (Shigley 1986).

$$\sigma'' = \frac{M \times y}{I_c} \quad (3.11)$$

σ'': Kaynak gerilmesi (N/mm^2)
M: Moment (Nm)
y: Tarafsız eksene olan mesafe (mm)
I_c: Tarafsız eksene göre atalet momenti (mm^4)

Sistem unsurlarının arasındaki moment ilişkisi için kullanılan eşitlik 3.12'dir (Shigley 1986).

$$M = F \times d \quad (3.12)$$

M: Moment (Nm)
F: Uygulanan kuvvet (N)
d: Kuvvetin moment alınacak noktaya uzaklığı (mm)

Dikdörtgen geometriye sahip kaynağın atalet momenti eşitlik 3.13 ile hesaplanmıştır. (Shigley 1986).

$$I_u = \frac{d^2}{6} \times (3b + d) \quad (3.13)$$

I_u: Dikdörtgen geometrik yapılı kaynağın atalet momenti (mm^4)
b, d: Kaynağın boyutları (mm)

Sisteme etkiyen kuvvetin sebep olduğu normal gerilme hesabında eşitlik 3.14 kullanılmıştır (Babalık ve Çavdar, 2018).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.14)$$

σ: Kuvvetin neden olduğu normal gerilme (N/m^2)
F: Kesme kuvveti (N)
A: Toplam kaynak alanı (m^2)

Hidrolik pistonda meydana gelebilecek burkulmaların hesabında kullanılan eşitlik 3.15' tir (Özcan, 1982).

$$K = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (3.15)$$

K: Burkulma yükü (N)
E: Elastikiyet modulü (N/m^2)
I: Atalet momenti (m^4)
L: Serbest burkulma boyu (m)

Hidrolik sistem tasarımında silindirin maksimum çalışma yükünün hesabı için eşitlik 3.16' dan faydalanılmıştır (Özcan, 1982).

$$F = \frac{K}{S} \quad (3.16)$$

F: Maksimum çalışma yükü (N)
K: Burkulma yükü (N)
S: Emniyet katsayıs

Hidrolik sistem tasarımında seçilen hidrolik silindirin piston hızı hesabı için faydalanılan eşitlik 3.17'dir (Esposito, 1988).

$$Q = A \times V \quad (3.17)$$

Q: Debi (m^3/sn)
A: Piston alanı (m^2)

Traktörün çeki kancasına platform bağlanmasıyla etkiyen atalet momentinin hesaplanması için kullanılan eşitlik 3.18'dir (Sabancı, 1993).

$$N_Ç = \frac{P \times V}{1000} \quad (3.18)$$

$N_Ç$: Traktörün çeki gücü (kW)
P : Traktör çeki kuvveti (N)
V: Traktör ilerleme hızı (m/sn)

Tasarımı tamamlanan platform için gerekli hareket gücünün belirlenmesinde eşitlik 3.19' dan yararlanılmıştır (Sabancı, 1993).

$$N_{hdd} = \frac{G \times f \times V}{1000} \quad (3.19)$$

N_{hdd}: Hareket direnci için gerekli güç (kW)
G: Makinenin ağırlığı (N)
f: Tekerlek yuvarlanma direnci katsayısı
V: Traktör ilerleme hızı

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

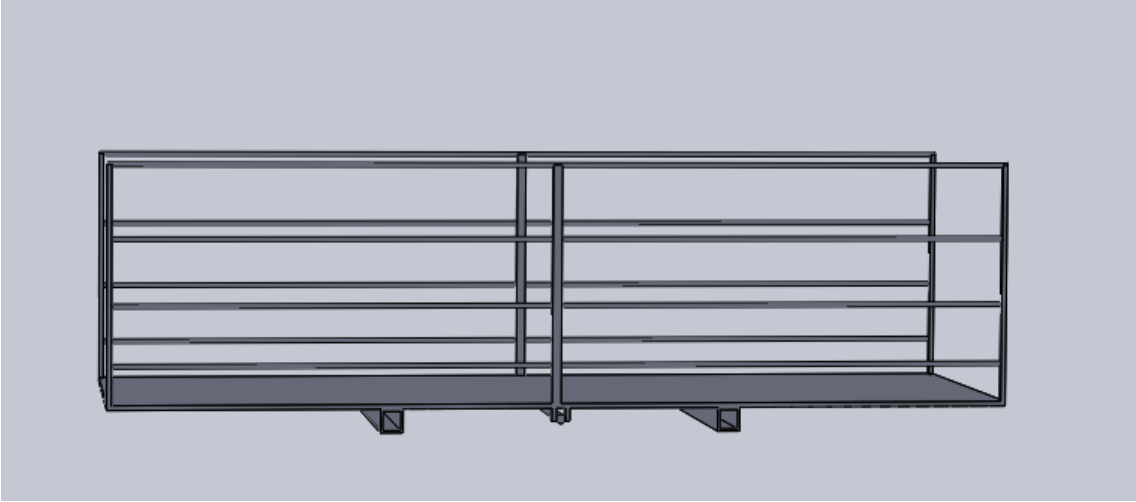
Mühendislik tasarımında en önemli unsur, imal edilmesi planlanan makinenin belirtildiği şekilde ihtiyacı karşılayabilecek özelliklere sahip olmasıdır. Bununla beraber en uygun malzemelerle ergonomik ve ekonomik tasarımın buluşturulması da oldukça önemlidir. Bu çalışmada ihtiyaçlar belirlendikten sonra tasarıma yön verilmiştir. Platform iki ayrı sistem olarak düşünülmüş ve o şekilde tasarlanmıştır. Bunlardan ilki mekanik sistem tasarımı, ikincisi ise hidrolik sistem tasarımı olmuştur. Bu bölümde mekanik ve hidrolik sistemler ayrıntılı bir şekilde iki ana başlık altında incelenecektir.

4.1. Mekanik Sistem Tasarımı

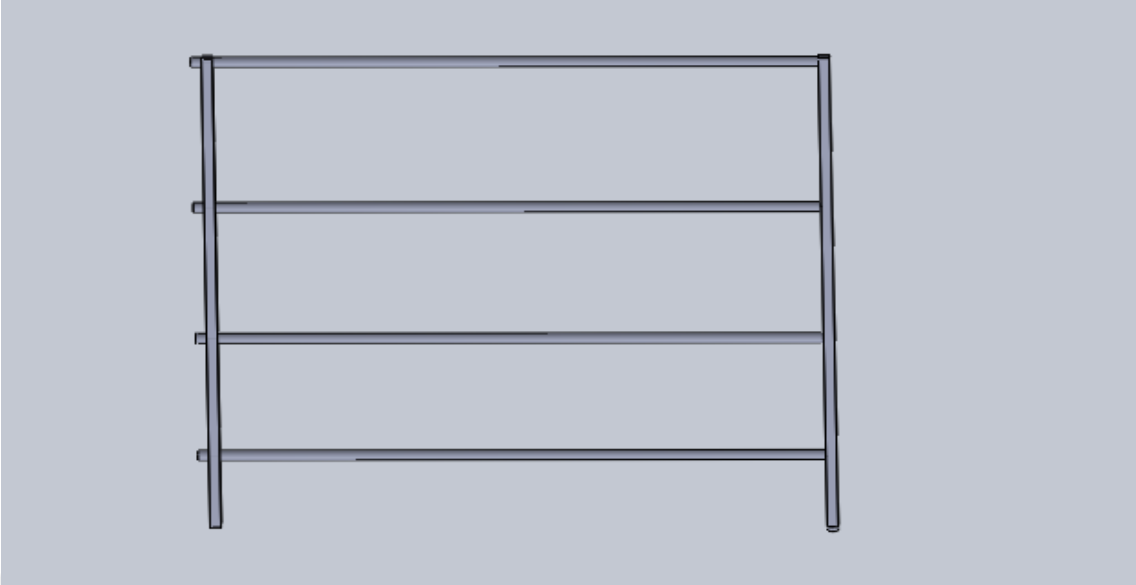
Meyve hasat platformu tasarımı için gerekli fonksiyonlar belirlendikten sonra Solidworks 2018 paket programı yardımıyla çizimlere başlanmıştır. Öncelikli olarak temel unsurlar belirlenerek ihtiyaca uygun parçalar teker teker çizilmiş ve montajda bir araya getirilerek son halini alması sağlanmıştır. Tasarımda tercih edilen malzemeler metal ağırlıklı olup standart profiller tercih edilmiştir.

4.1.1. Üst tablaların tasarımı

Üst tabla ve tablaya eklenen korkuluğa ait modeller Şekil 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir. Tablanın eni 1250 mm, boyu 4000 mm olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.1. Üst tablaya ait üç boyutlu bir çizim



Şekil 4.2. Üst tablalara eklenen korkuluk

Üst tablaların tasarımı için römork ölçüleri dikkate alınmış olup dayanımı daha yüksek olacağı için çelik malzeme tercih edilmiştir. Sağa ve sola hareketin sağlanabilmesi için iki ayrı plakadan oluşan bir tasarım yapılmıştır. Bu tablalar sayesinde dört adet işçinin eş zamanlı çalışmasına olanak sağlanmıştır. Her bir tabla 4000×1250 mm ölçülerindedir. Ortalama 100 kg ağırlığında 2 adet işçinin beraber çalışabilmesi ve 10'ar kg'lık 10 adet meyve kasasını taşıyabilmesi için 4 mm kalınlığında St37 çelik sac tercih edilmiştir.

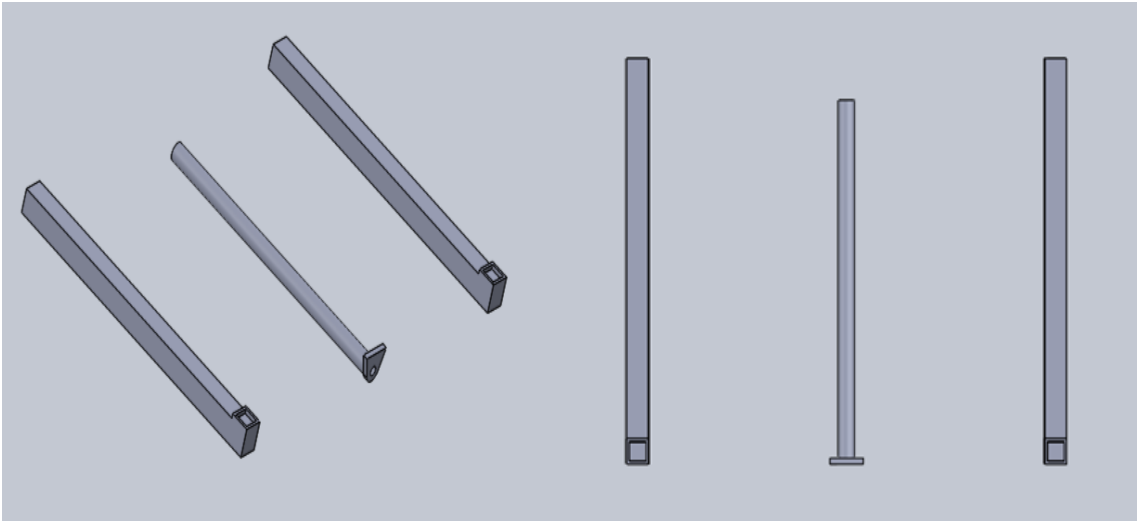
Kullanılan St37 çelik malzemenin akma gerilmesi σ_{ak}=230×10^6 N/m², kesme gerilmesi $\tau = 24 \times 10^6$ N/m² olup malzeme kataloglarından alınmıştır (Babalık ve Çavdar, 2018). Malzemenin statik durumda geliştireceği emniyetli akma ve emniyetli kayma gerilmeleri eşitlik 3.5 ve 3.6 yardımıyla hesaplanarak sırasıyla; $\sigma_e = 76{,}7 \times 10^6$ N/m² ve $\tau_e = 8 \times 10^6$ N/m² bulunmuştur.

Çeliğin özgül kütlesinin 7,85 gr/cm^3 olduğu malzeme kataloglarından alınarak 4 mm kalınlığında ve 4000×1250 mm ölçülerindeki çelik sacın kütlesi 157 kg bulunmuştur. En fazla 100 kg kütleye sahip olduğu varsayılan 2 işçi ve 100 kg'lık (10'ar adet 10 kg'lık) meyve kasaları da hesaplanarak kaynak için seçilen kutu profillere binmesi düşünülen yük (4483 N) hesaplanmıştır, ancak bu değer daha emniyetli çalışması istendiği için 4500

N’ a yuvarlanmıştır. Eşitlik 3.7 yardımıyla seçilen kutu profilin ölçüleri için kaynak edilmesi gereken alan 562,5 mm² bulunmuştur. Seçilen kutu profiller yeterli kaynak alanını verebildiği için emniyetli çalıştığı onanarak tasarıma devam edilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi son olarak işçilerin daha güvenli çalışabilmeleri amacıyla tasarıma 1000 mm yüksekliğinde, üst tabla ölçülerinde St37 çelik malzemeden korkuluk eklenmiştir.

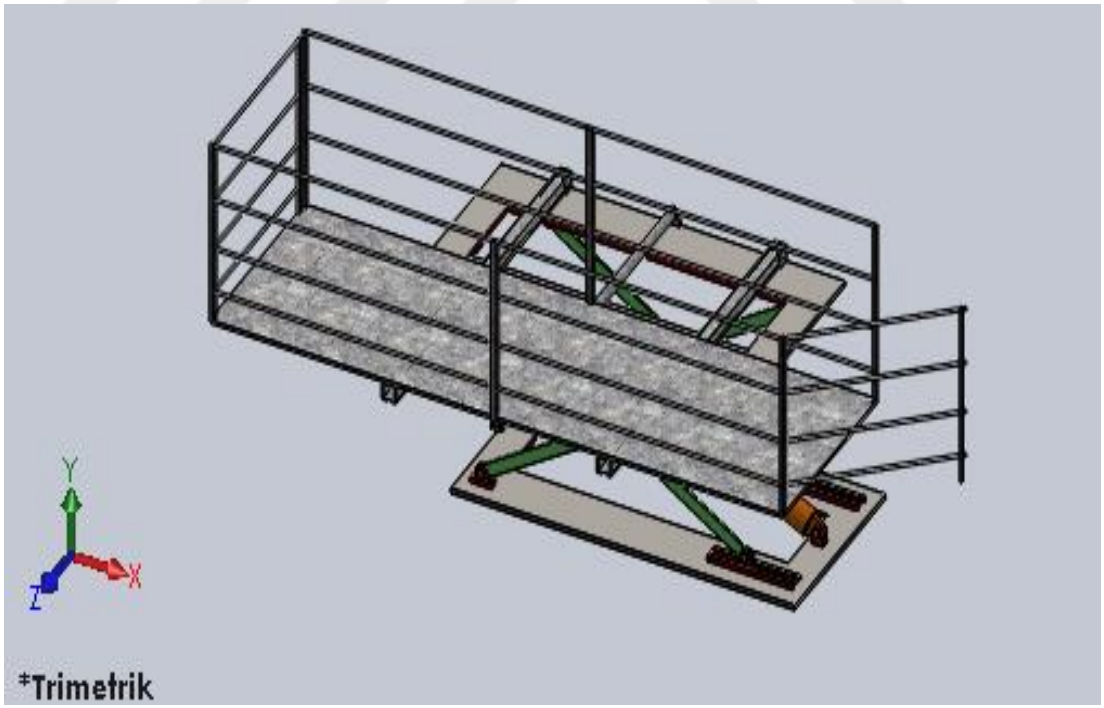
4.1.2. Kızaklama mekanizmasının tasarımı

Platform için kızak sistemi ağaçlara yönelim hareketinin sağlanabilmesi için tasarıma eklenmiştir. Bu sebeple de amacına uygun olması adına referans olarak alınan elma bahçesinin ölçülerine uygun bir tasarım yapılmıştır. Referans elma bahçesinde sıra arası mesafe 5 m ve sıra üzeri mesafe de 5 m ölçülmüştür. Üst tablaların da genişlikleri toplamı 2,5 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Sağdaki tablanın sağa, soldaki tablanın ise sola birer metre açılarak toplamda 4,5 metre genişliğe ulaşması istenmektedir. Ağacın taç genişliği ve işçilerin kol uzunlukları da düşünüldüğünde bu ölçülerde bir bahçe için seçilen mesafe yeterli olabilmektedir. Kızaklar için gerekli hareketin traktörün hidrolik çıkışından alması istendiği için tasarıma bu şekilde yön verilmiştir. Kızak tasarımına ait üstten ve izometrik görüntüler Şekil 4.3’te gösterilmektedir.

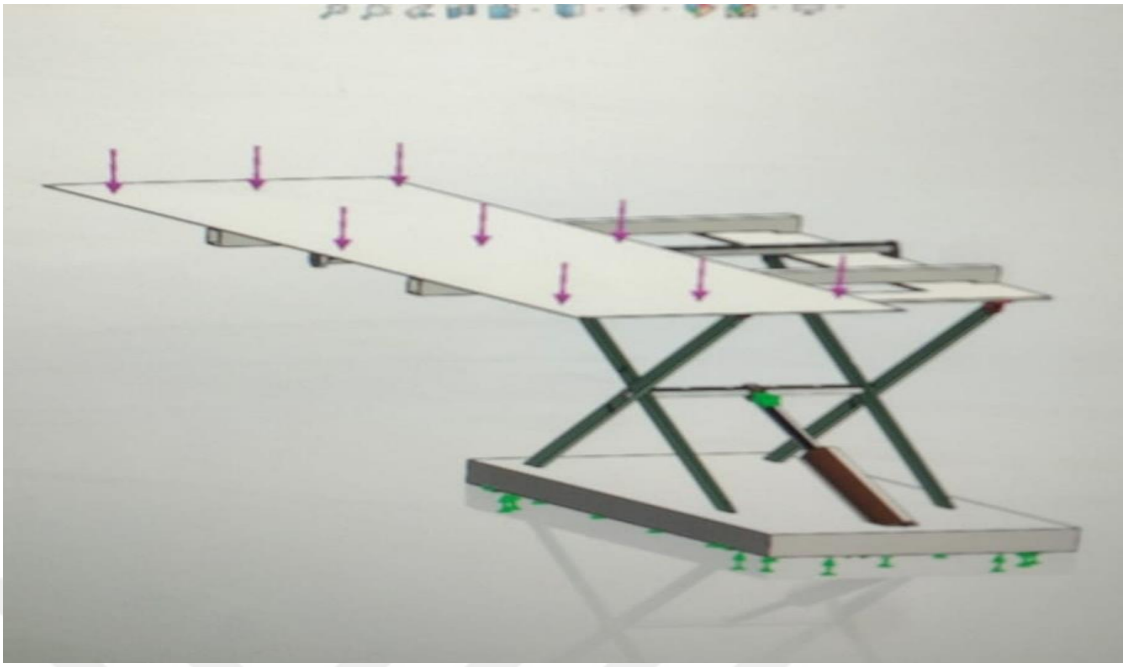


Şekil 4.3. Kızak tasarımına ait üstten ve izometrik görüntü

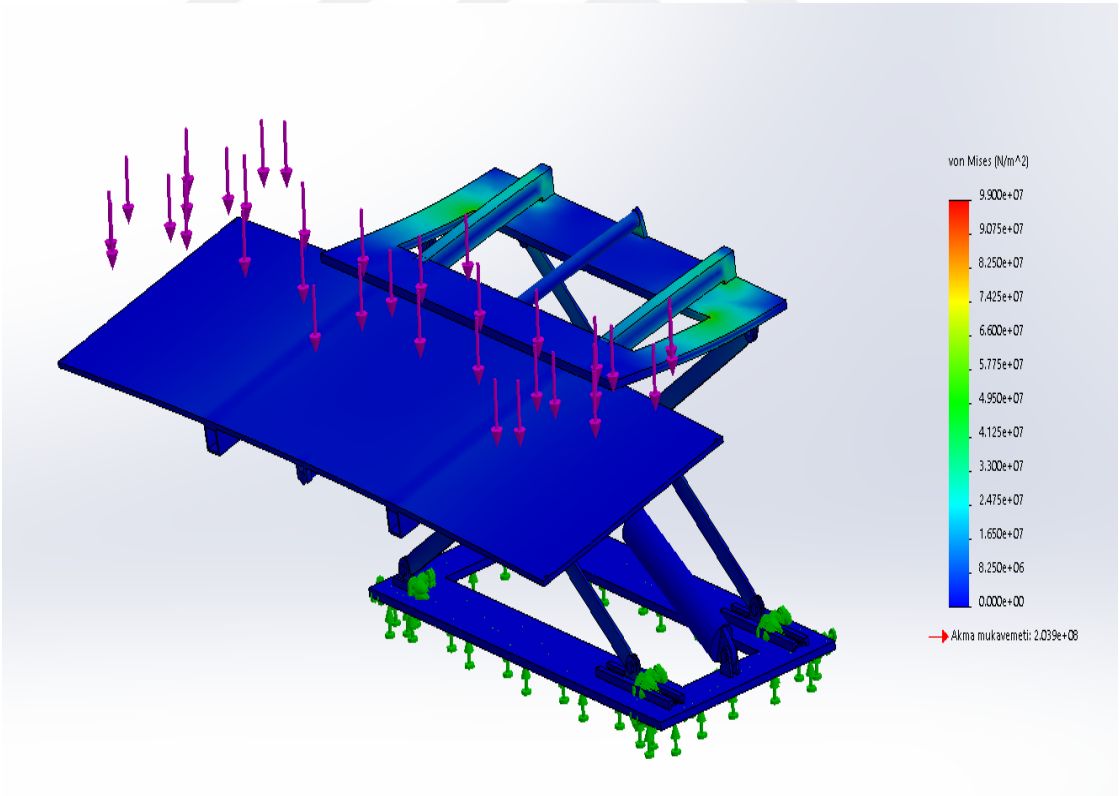
Üst tablalara kaynaklanmış olan kutu profiller ve hidrolik sistem parçası olan silindirin ölçülerine uygun kare profiller ve silindir çizilmiştir. Burada platform kapalıyken profillere etkiyen yayılı yükün emniyetli bir şekilde taşınacağı daha önceki hesaplamalarla belirlenmiştir ancak sistem çalışır vaziyetteyken profillere yatay ve düşey olarak etkiyen yükler toplamının sıfır olması yani sistemin dengede olması (eşitlik 3.2., 3.3. ve 3.4'ten de anlaşılacağı üzere) gerekmektedir. Kızaklar için kullanılan malzeme burkulma ve kırılmaların önlenebilmesi için St37 çelik malzemedir. Üst tablaya kaynaklanan kutu profillerin ölçüleri 100×100×1150 mm'dir, et kalınlıkları ise 20 mm'dir. Bu ölçülerde 2 adet kutu profilin toplam kütlesi (54 kg×2) yaklaşık olarak 110 kg alınmıştır. Kutu profilin içerisine geçecek kare profiller 80×80×1250 mm ölçülerindedir ve toplamı kütlesi (63 kg×2) 130 kg olarak bulunmuştur. Tablanın açık konumunda, üzerinde işçi çalışır vaziyetteyken göstereceği tepkiler Solidworks 2018 programının analiz özelliği kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 4.4 yüksüz durumdaki platformu, Şekil 4.5 ise homojen yayılı yük altındaki gerilme analizinin nasıl tasarlandığını Şekil 4.6 ise akma mukavemet analizine ilişkin sonucu göstermektedir.



Şekil 4.4. Kızak sisteminin alt ve üst tabla arasındaki konumuna ait görsel

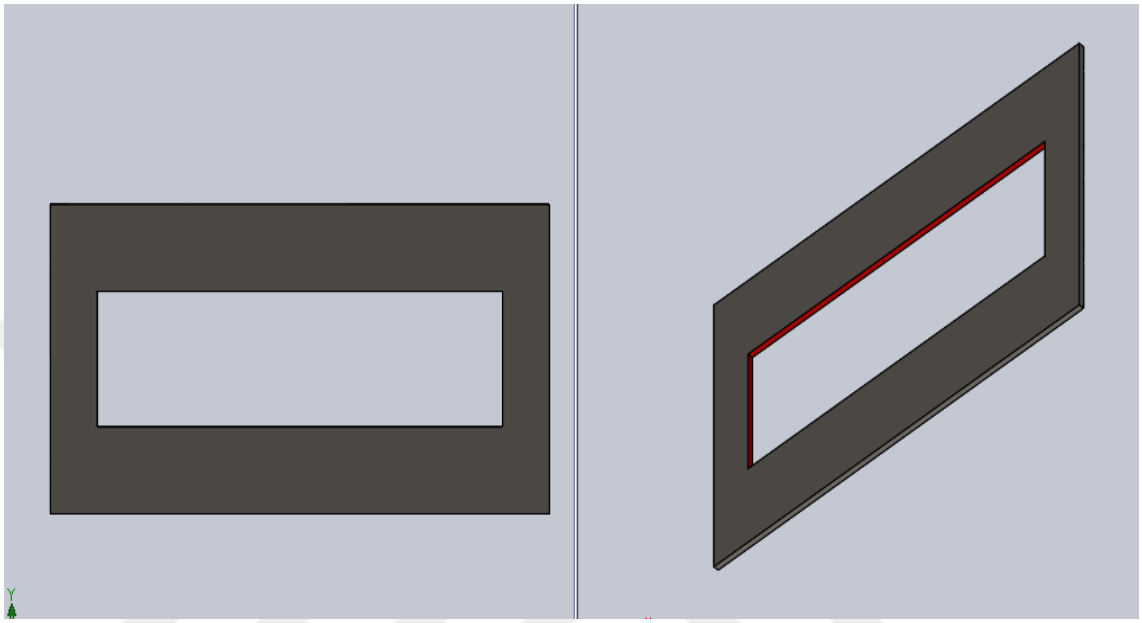


Şekil 4.5. Üst tabla açık konumda iken üzerindeki yayılı yükün sisteme etkisi



Şekil 4.6. Akma mukavemet hesabına ilişkin analiz sonucu

Kızaklar, kızak desteği sağlaması için 3 mm kalınlığında hem sisteme yük bindirmemesi hem de daha az malzeme kullanılabilmesi için Şekil 4.7 ‘da görülen profile kaynaklanmıştır.

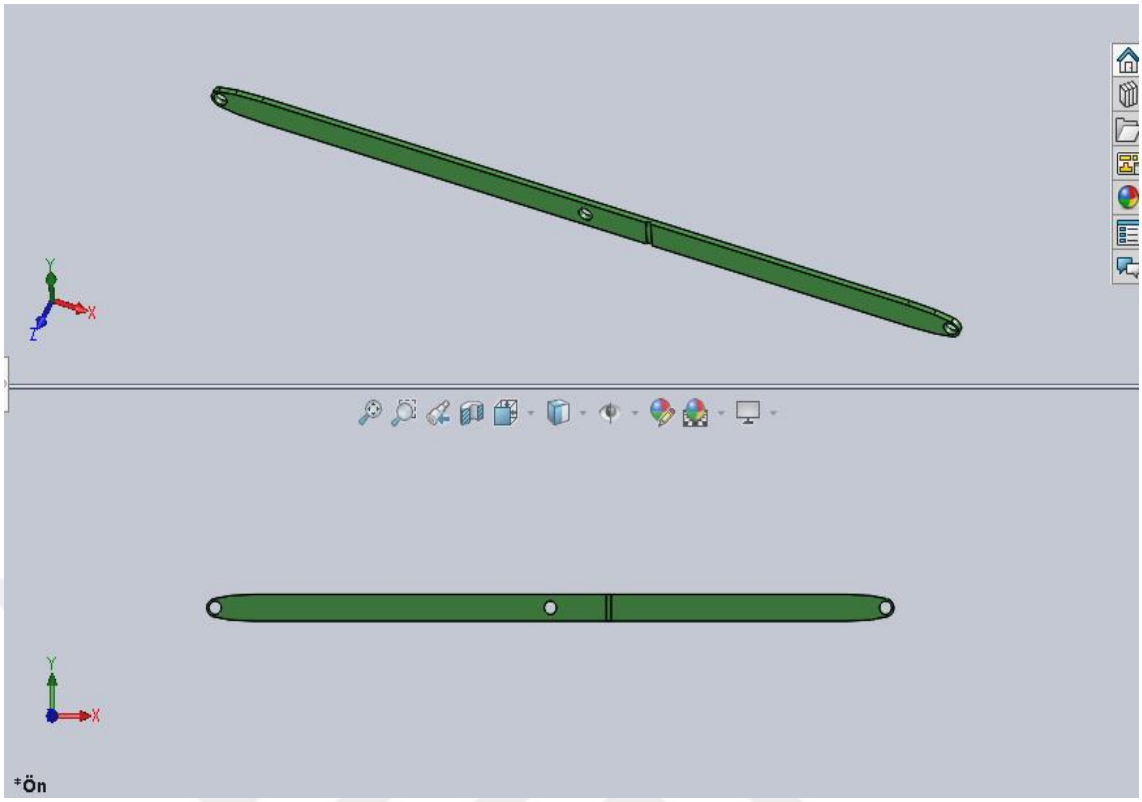


Şekil 4.7. Kızakların kaynaklandığı profile ait görsel

Yukarıda görülen profil 2400×1200 mm ölçülerindedir, profilin içte kalan tarafına uçlardan 450 milimetre mesafede birbirlerine ise 1500 milimetre mesafede olacak şekilde güvenli kaynak noktası tayin edilmiştir. Kaynak alanı her bir profil için 80×80 mm² kısaca toplamda (64×2) 128 cm²’dir.

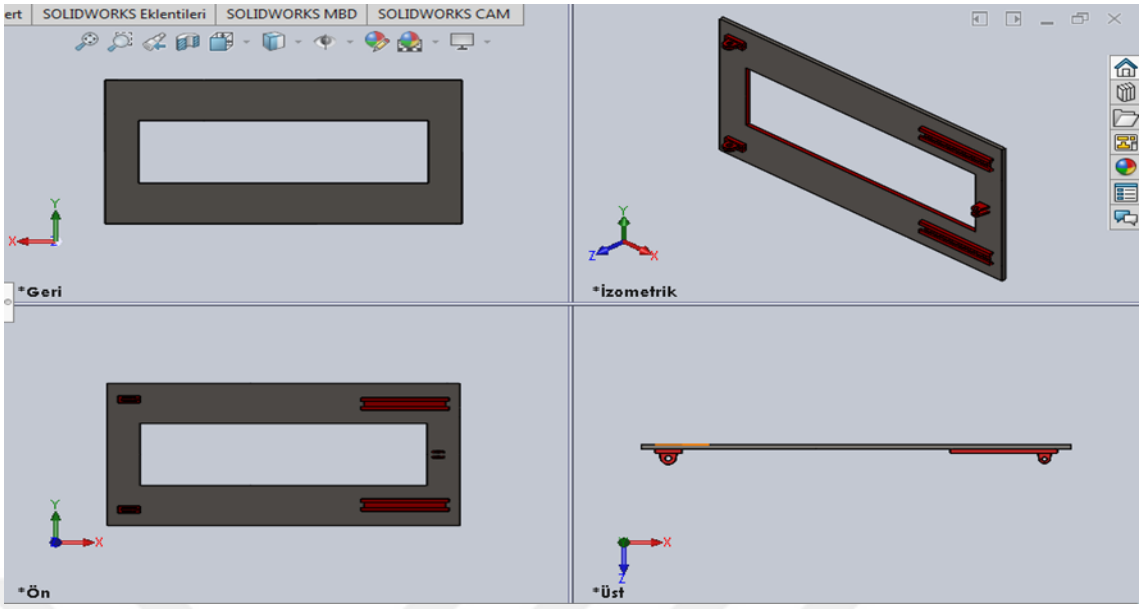
4.1.3. Makas sisteminin tasarımı

Tasarımı planlanan platformda işçilerin bulunduğu yükseklikten daha yukarıda bulunan meyve ağaçlarına uzanmalarını kolaylaştırabilmek için bir fonksiyon eklenmesi gerekmekteydi. Bu sebeple makas sisteminin tasarıma ilave edilmesi bu fonksiyonun sağlanması açısından gerekli olmuştur. Üst tablaların her biri için 4 (toplamda 8 adet) mesnete sahip 2 adet makas sistemi tasarıma ilave edilmiştir (Şekil 4.8). Daha sonra bu mesnetlerin alt ve üst yüzeylerle bağlantısını sağlamak için gereken bağlantılar ve bunlara ilişkin hesaplamalara geçilmiştir. Şekil 4.8.’deki mesnetten 8 adet montajla sisteme eklenmiştir.

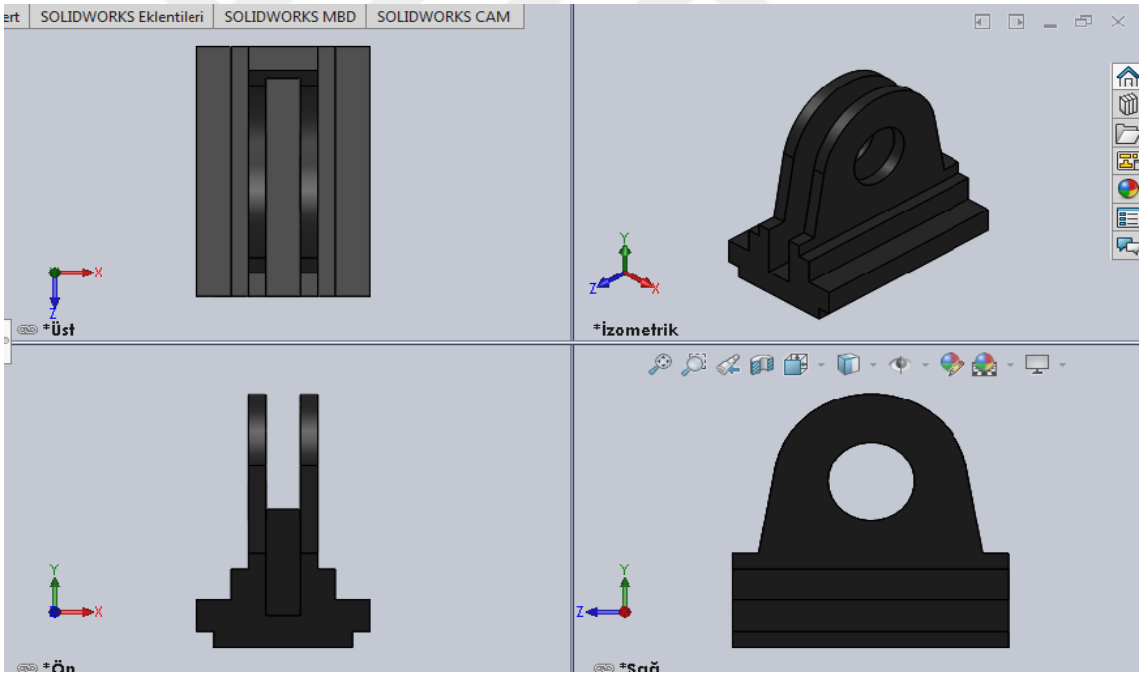


Şekil 4.8. Makas sistemindeki mesnetlerin çizimi

Platformun ihtiyacı olan yüksekliğe çıkabilmesi için öncelikle ulaşması gereken ağaçların tepe noktalarına ait ortalama bir yükseklik belirlenmiştir. Bu noktada sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri ölçülen elma bahçesindeki ağaçların rastgele 10 tanesinin boylarının ortalaması alınmıştır. Yarı bodur olan elma anacı için ortalama taç yüksekliği 3 metre olarak ölçülmüştür. Bu sebeple de platformun tamamen yükselmiş halinin 2,5 metre civarında olması, üzerinde çalışacak işçinin de boyu ve uzanma mesafesi hesaba katılınca yeterli olabilmektedir. Kızak destek profilinin altından kaynaklanan bağlantı elemanlarından (Şekil 4.9) ikisi mesnetlere pim ile sabitlenerek mesnetlerin hareketsiz kalması istenmiştir. Mesnetlere kızaklama hareketini sağlamak için iki adet geçmeli profil kızak destek platformunun altına kaynaklanmıştır. Aynı işlem ters şekilde alt tablayla gerçekleştirilmiş ve hidrolik sistem yardımıyla makas mesnetlerini birbirine bağlayan mile hareket verilmiştir. Platform kapalı konumdayken yerden yüksekliği 1500 mm'dir. Platformu 1000 milimetre kadar yukarı taşımak amacıyla 2000 mm uzunluğa sahip mesnetler tercih edilmiştir. Pim için ayrılan mesafeyle beraber mesnetlerin her biri 2016 mm boy, 75 mm en ve 15 mm et kalınlığına sahiptir. Makasların bağlı olduğu hareketli bağlantı elemanına ait üç boyutlu çizim ise Şekil 4.10'da verilmiştir.



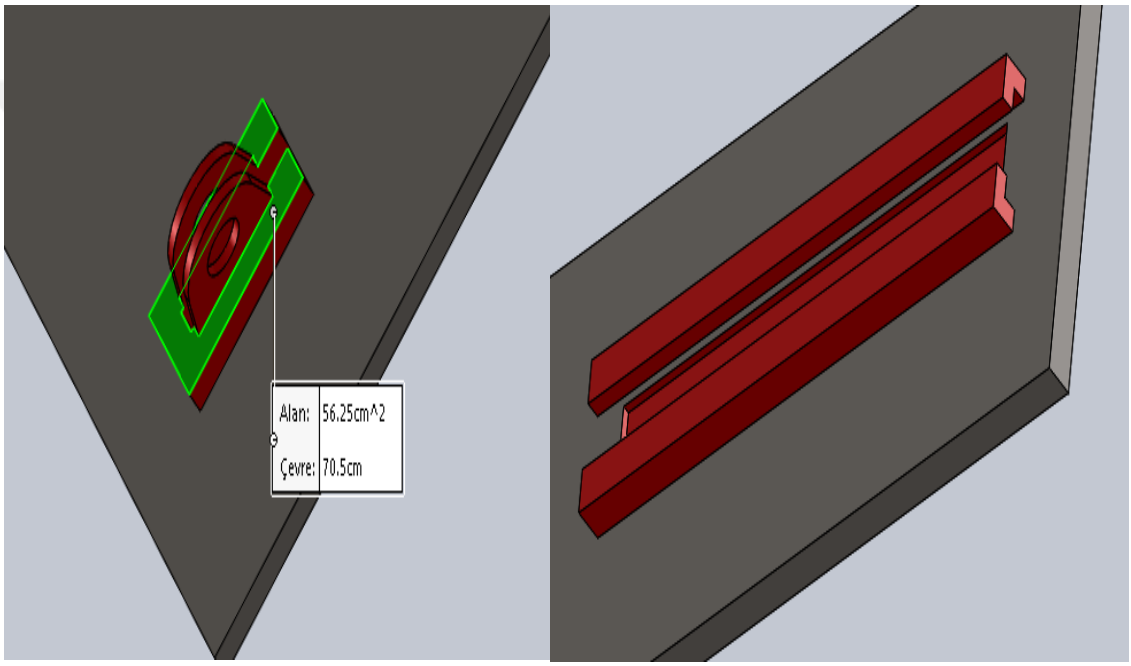
Şekil 4.9. Makas mesnetlerinin bağlı olduğu platforma ait çizim



Şekil 4.10. Makasların bağlı olduğu hareketli bağlantı elemanına ait üç boyutlu çizim

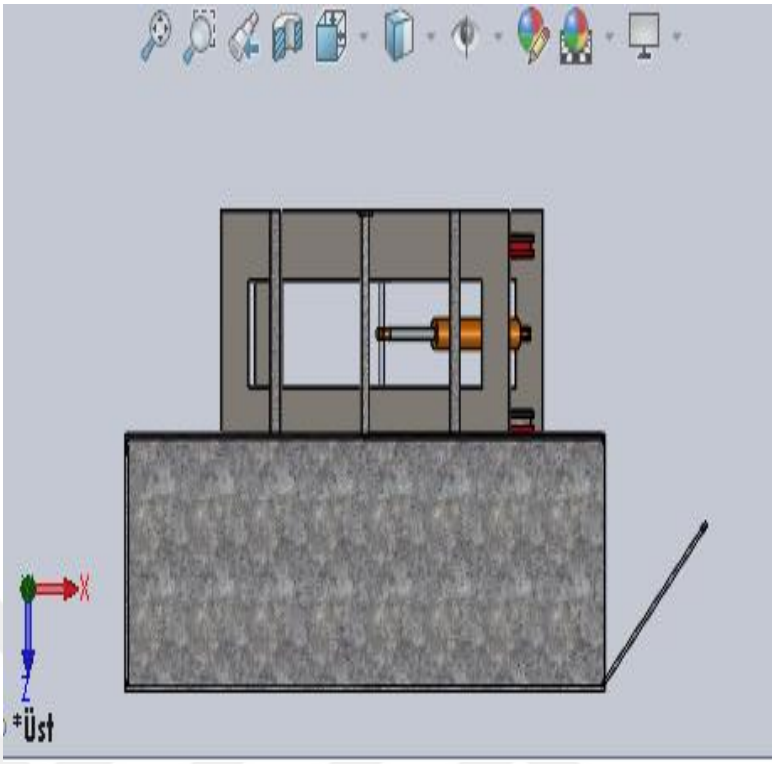
St37 malzemenin düz kaynak edileceği düşünüldüğünde kaynak alanı hesaplaması yapılarak kullanılan St37 çelik malzemenin akma gerilmesi σ_{ak}=230×10^6 N/m², kesme gerilmesi $\tau = 24 \times 10^6$ N/m² idi. Kaynak yapılacak alanın üzerindeki kuvvet eşitlik 3.1

kullanılarak 7276 N bulunmuştur. Bu değer daha emniyetli çalışması için 7500 N'a yuvarlanmıştır. Kaynak edilecek emniyetli alan hesabı için eşitlik 3.7 yardımıyla hesaplanarak 9,37 cm^2 bulunmuş, bu kaynak alanı da 10 cm^2 olarak yuvarlanmıştır. Seçilen profillerin oluşturacağı kaynak alanı ise profiller için belirlenen ölçülere göre hesaplanarak (60×1,5= 90 cm^2'den 4 adet profil, 56,25 cm^2'den de 2 adet profil) 472,5 cm^2 bulunmuş olup emniyetli kaynak alanına sahip olabileceği onanmıştır. Şekil 4.11'de görüldüğü gibi hesaplamalara ek olarak, yazılım ile de kaynak alanı analizi yapılmış ve emniyetli çalıştığı onanmıştır.

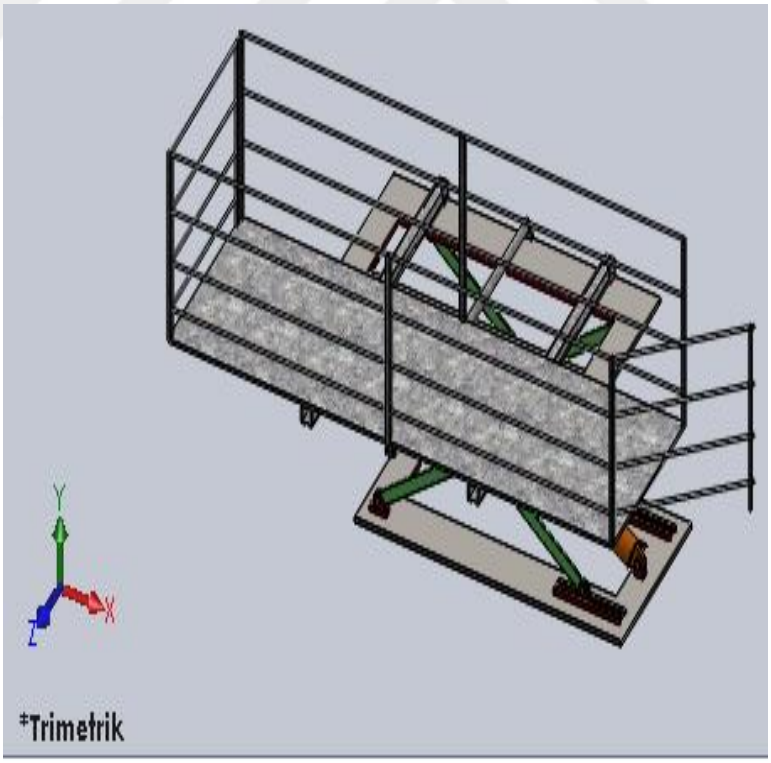


Şekil 4.11. Bağlantı için çizilen elemanların kaynak alanlarına ilişkin görsel

Makas mesnetlerinin bağlı olduğu profilin kütlesi ve kaynak ağırlıklarına ilişkin düzenlemeler yapıldıktan sonra montajlanmak üzere sisteme çağrılmıştır. Platformun hem sağ hem de sol kanadında aynı ölçülere sahip oldukları için toplam iki adet montajlanmıştır. Şekil 4.12'de açıkça görüldüğü gibi üst tabla kızaklar ve kaydırma silindiri yardımıyla bir alt profile kaynaklanmıştır. Aşağıda gördüğünüz üst ve trimetrik görüntü tek bir tarafa ait genel görüntüyü ifade etmek için kullanılan bir görseldir.



(a)

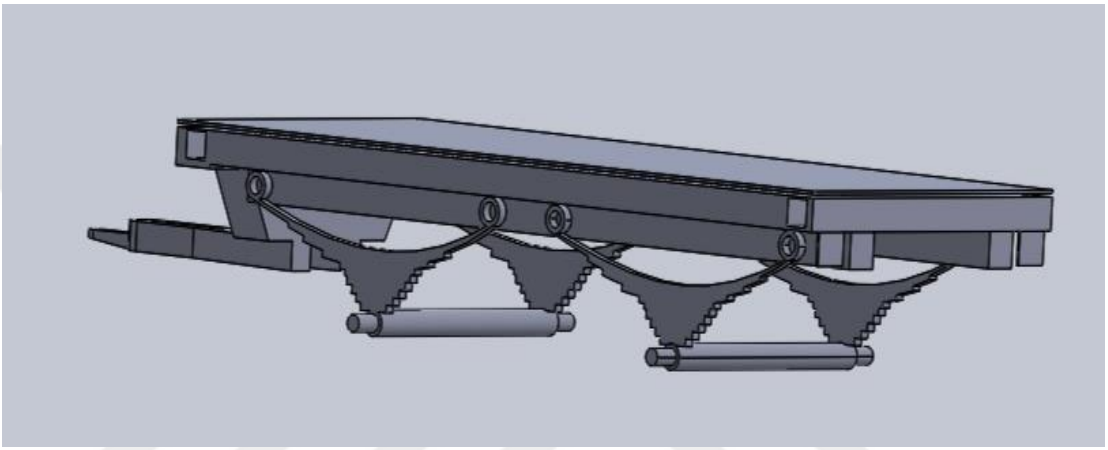


(b)

Şekil 4.12. Makasla kaldırılan yardımcı platform ve üst tablanın konumu. a) Üstten görünüş, b) trimetrik görünüş

4.1.4. Alt Tablanın Tasarımı

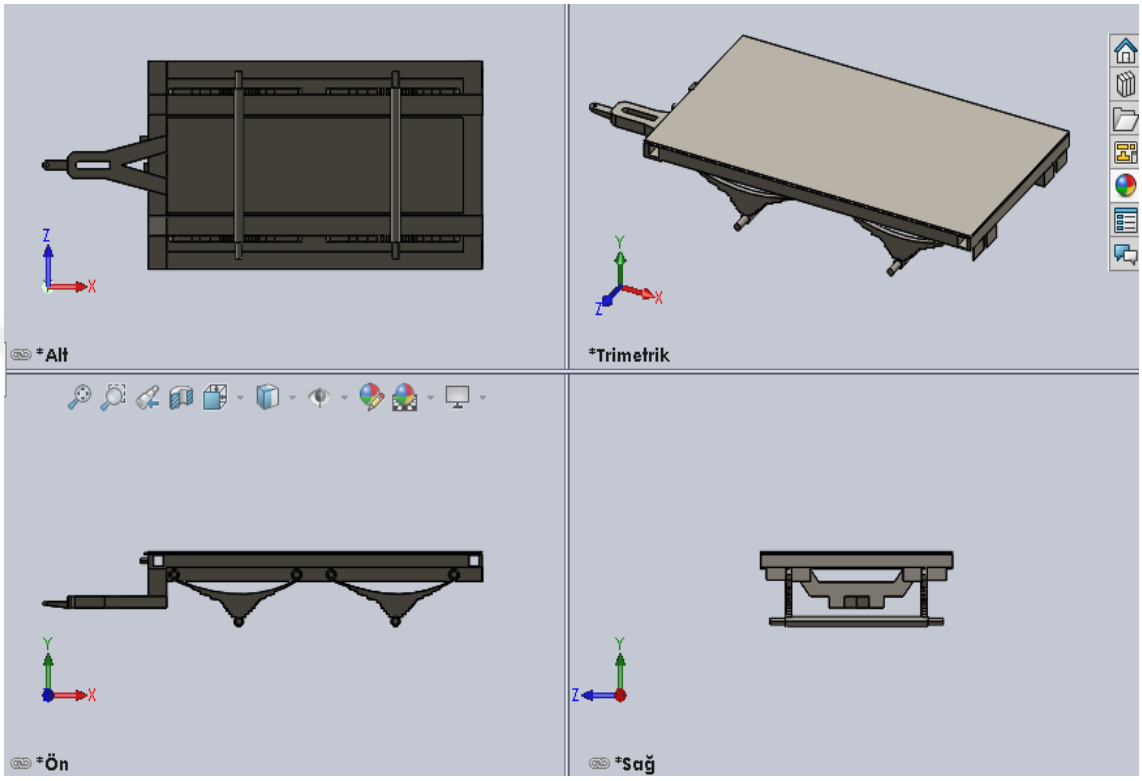
Alt tabla için üzerindeki yükleri taşıması istenen standart çift dingilli römork ölçülerinde bir tasarıma karar verilmiştir. Platformun üzerinde çalışması istenen alt kasaya ait görüntü Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Çift dingilli 4 tonluk bir römorkun ölçüleri referans alınarak 4250×2500 mm ölçülerinde bir kasa çizilmiştir. Normal bir römorkta bulunan kapaklara bu platformda ihtiyaç olmadığı ve fazla yük bindireceği düşünülerek sade bir tasarım yapılmıştır.



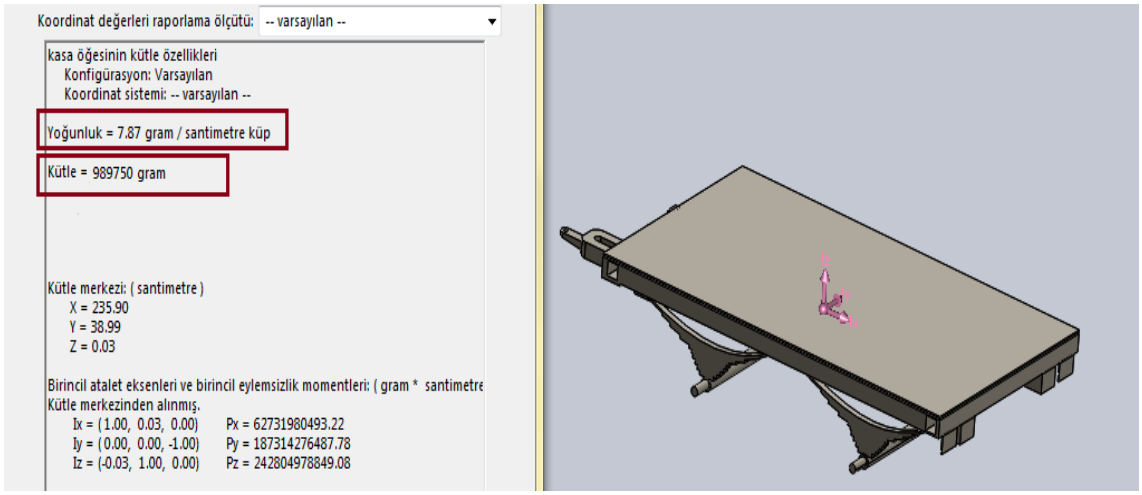
Şekil 4.13. Alt kasanın izometrik görüntüsü

Kasanın en üst kısmında 15,75 mm kalınlığında çelik bir saç bulunmaktadır. Daha sonra altına çizilen tablanın da çok ağır olmaması için içi boşaltılmıştır. Çift dingilli römork gibi dört adet tekerleğe sahip olması istendiği için de 4 adet yaprak yay tasarıma eklenmiştir. Yaprak yaylara binecek yük için hesaplamalar yapılmış ve uygun ölçülerde olduğuna karar verilmiştir. Çalışmada alt kasanın ölçülerinin üst tablalardan uzunluk olarak farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise çeki kancasının da alt kasaya kaynaklanmış olmasıdır. En alt tablanın yüküyle birlikte bütün yükleri tekerlekler taşıyacağı için üzerine düşen kütle kuvvet cinsinden hesaplanarak (28000 N) tekerlek başına taşınması beklenen yük ortalama 7000 N (yaklaşık 700 kg) olarak belirlenmiştir. 4 tonluk taşıma kapasitesine sahip bir römorka ait tekerlerin 1 tonluk yükü emniyetli olarak taşıyacağı düşünüldüğünde tekerlerin yeterli olduğuna karar verilmiştir. Son olarak Solidworks 2018 paket programından montajla tasarlanan kasanın ihtiyacını karşılayabilecek traktör tekerlekleri de tasarıma eklenmiştir.

Alt kasanın diğer düzlemlerde oluşacak görüntüsü ise Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Malzemesi sistemden alaşımlı çelik olarak seçilmiştir ve buna bağlı olarak tüm kasanın sahip olacağı kütle hesaplanmıştır. Yaklaşık 1 ton ağırlığa (989,8 kg) sahip olduğu Şekil 4.15'de görülmektedir.

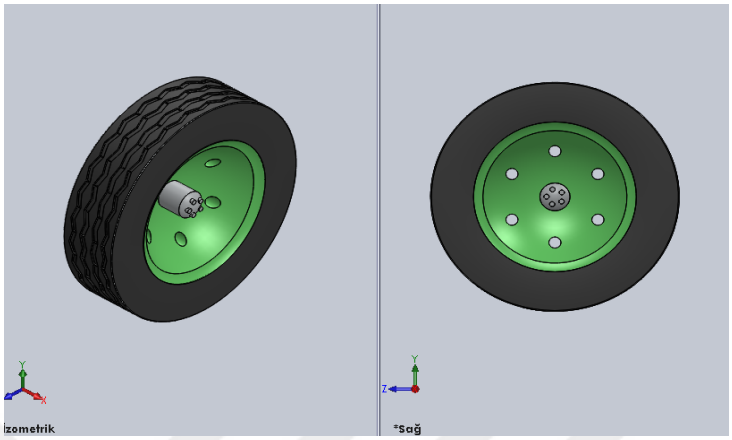


Şekil 4.14. Alt kasanın diğer düzlemlere ait görüntüsü



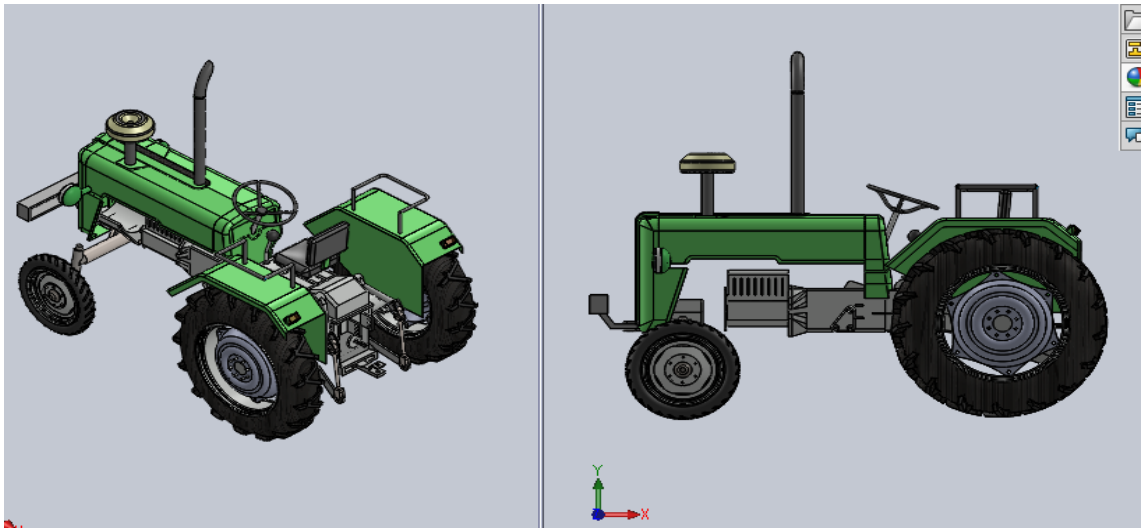
Şekil 4.15. Kasanın toplam ağırlığına ilişkin görsel

Montaja çağrılan tekerleğin çapı 92,5 cm'dir. Bir adet tekerleğin kütlesi ise 55 kg bulunmuştur. Bu ölçülerdeki tekerleklerden 4 adet montajlanmıştır. Tekerleğin görüntüsü Şekil 4.16'da görüldüğü gibidir.



Şekil 4.16. Tasarımda kullanılan traktör tekerleğine ait bir görsel

Şekil 4.17' de alt kasanın çeki oku ile bağlanacağı ortalama bir işletmede kullanılan bir traktör görseli bulunmaktadır. Solidworks 2018 programında mevcut bulunan çizimlerden uygun olanı seçilerek tasarıma eklenmiştir. Böylelikle tasarımın imal edilmesi durumunda sahip olması gereken özellikler ve görüntünün daha iyi ifade edilmesi sağlanabilmiştir.



Şekil 4.17. Tasarımda kullanılan orta güçteki bir traktöre ait görsel

Bu aşamaya kadar tasarlanan unsurların malzemelerine göre kütleleri belirlenerek 18000 N bulunmuştur. Kasanın yaklaşık 1 ton ağırlığında olduğu düşünüldüğünde üzerine binecek yüklerle beraber 2,8 tonluk yük (28000 N) bu sistemin hareket direncini hesaplamak için baz alınmıştır. Çizelge 4.1 kullanılarak çalışılacak tarla koşulları; yumuşak ve ıslak tarla toprağı için $f = 0{,}3$ ve traktörün hızı en fazla 3,6 km/h (1 m/s) belirlenerek eşitlik 3.18 yardımıyla hesaplamalara devam edilmiş ve traktörün hareketi için aşması gereken güç $N_{hdd} = 8{,}4\ kW$ bulunmuştur. Bulunan değerler eşitlik 3.17'de yerine koyularak traktörün sağlaması gereken çeki kuvveti $P = 8400\ N$ bulunmuştur. Tasarım için seçilecek orta güçte bir tarım traktörü çeki okunda bu güç çıkışını kolaylıkla sağlayabileceği için tasarımda değişikliğe gidilmemiştir.

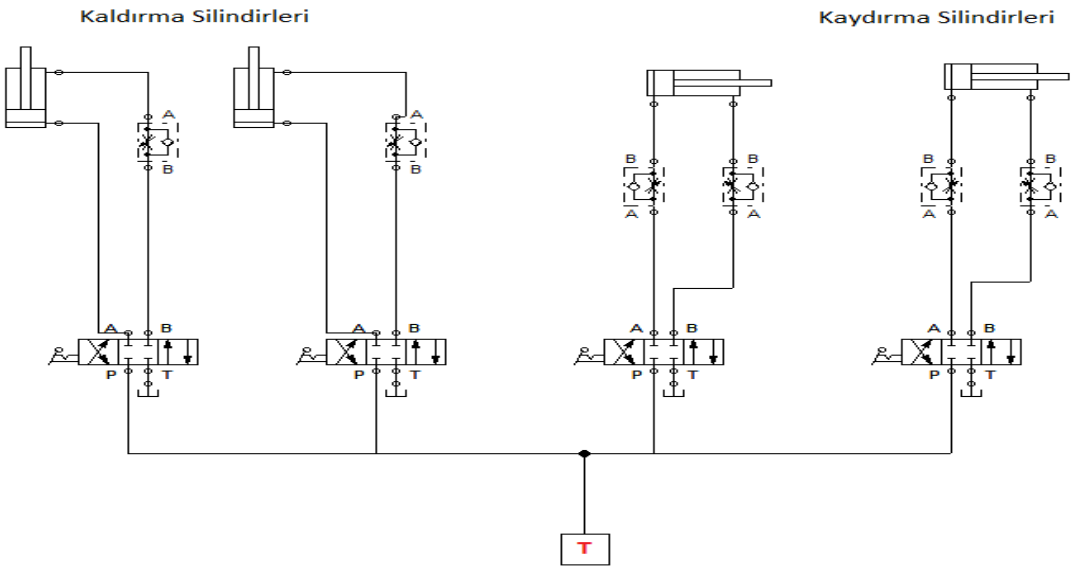
Çizelge 4.1. Farklı tarla koşullarına ait yuvarlanma direnci katsayıları (Özmerzi ve ark. 2004)

Zemin Durumu	Yuvarlanma direnci katsayısı (%)
Sert ve düz tarla	4
Sert çayır	5
Anız	5-15
Gevşek ve kumlu toprak	15-30
Gevşek ve ıslak tarla	30-35

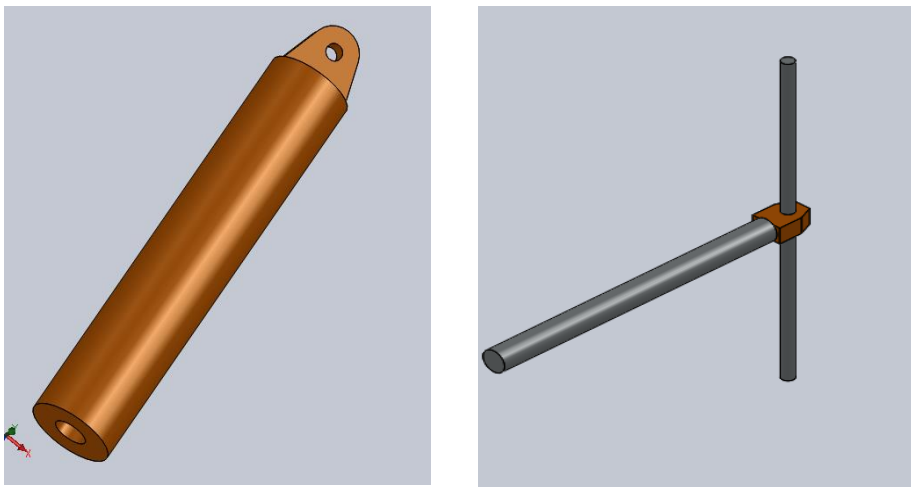
4.2. Hidrolik Sistem Tasarımı

Hidrolik sistem platformu mevcut konumundan istenen yüksekliğe indirmek-çıkartmak ve yönelim hareketini vermek için kullanılacaktır. Platformun mekanik tasarımı bittikten sonra kapalı konumdayken yerden yüksekliği ölçülerek 1500 mm olduğu görülmüştür. Referans ölçümün gerçekleştirildiği bahçedeki elma ağaçlarının ortalama taç yükseklikleri 3000 mm olarak alınmıştır. Üzerinde çalışacak olan işçilerin de boyları uzunlukları göz önünde bulundurulduğunda platformun yükselmesi gereken mesafe yaklaşık 1000 mm olduğu takdirde işçiler için ergonomik çalışma koşulları sağlanmış olacaktır. Hidrolik sistemde düşey yönde çalışan iki platform ve bunlara bağlı iki kaldırma silindiri, ayrıca yana doğru hareket sağlayan iki adet kaydırma silindiri bulunmaktadır. Bu hidrolik alıcıların kontrolü, platform üzerinde çalışan hasat işçileri tarafından yön kontrol vafleri ile yapılacaktır. Buna bağlı olarak, hidrolik sistem devre

şeması Şekil 4.18'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Seçimi yapılan strok uzunluğuna sahip kaldırma silindirine ait çizim ise Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.18. Hidrolik devre tasarımının şematik görünümü



Şekil 4.19. Üst tablayı yukarı itecek olan hidrolik silindir ve piston kolunun görseli

Tasarıma göre yükselme ve yönelim hareketinin hidrolik sistem tarafından sağlanması gerekmektedir. Yükselme için 2, yönelim için 2 adet, toplamda ise 4 adet hidrolik silindire ihtiyaç duyulmuştur. Tasarımda yer verilmiş olan hidrolik sistemin yağ deposu ve yağ

pompası olarak traktörden yararlanması istenmiştir. Hidrolik silindirin ölçülerinin ve karşılaması gereken kuvvetin belirlenebilmesi için aşağıdaki işlem sırası takip edilmiştir.

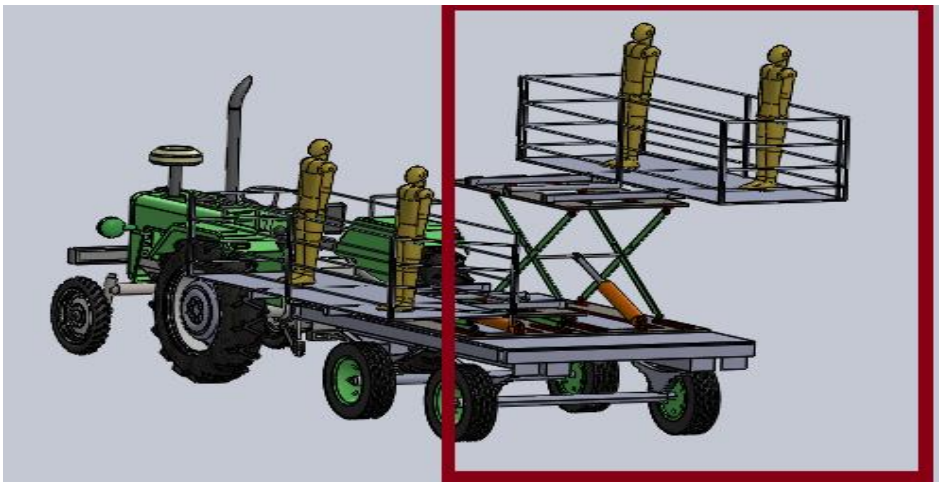
Kaldırma silindiri hesabı şu şekilde özetlenebilir. Kaldırma silindirlerinin istenen yükü taşıyabilirliğinin hesaplamalar ile onanması ve yükselim hareketi sırasında kırılmayacak ölçülerde olması gerekmektedir. Bu nedenle silindirin üzerine binecek maksimum yükün (F_{max})= ($m_{işçi} + m_{kasa} + m_{tabla}$) = 7500 N olduğu önceki hesaplamalardan alınarak işlemlere devam edilmiştir. Bu kuvvetin strok sıfır iken düzlemle yaptığı açıya göre geliştirmesi gereken kuvvet belirlenmelidir. Strok sıfır iken yaptığı açı $Q_1 = 10°$ olarak alınmış ve bu durumda piston kolunun geliştirmesi gereken kuvvet $\frac{F_{max}}{Q_1}$ 'dan 43203 N olarak hesaplanmıştır.

Bir sonraki aşamada traktörün debisine göre bir piston alanı değeri hesaplanarak denklemlerde yerine konulmuştur. Debisinin nominal devirde 35-40 L/min olduğu kabul edilen bir traktör için debi Q = 10 L/min ($1.67 \times 10^{-4}\ m^3/s$) ve basıncı da 100 bar olarak seçilmiş ve pistonun hızı V_{itme} = 0.05 m/s seçilerek hesaplamalara devam edilmiştir. $Q = A_1 \times V_{itme}$ olduğundan $A_1 = 3.33 \times 10^{-3}\ m^2$ olarak bulunmuştur. Bu değer alan formülünde yerine konularak D = 65 mm bulunmuştur. Hidrolik silindirler için standart çap ölçülerine bakılarak 63 mm ve 80 mm'lik çaplar arasında seçim yapılmış ve 63 mm mm'lik çap seçilmiştir. Bu koşulu sağlamak için gerekli hidrolik yağ basıncı 86.3 bar olarak hesaplanmıştır ve öngörülen 100 bar işletme basıncından düşüktür.

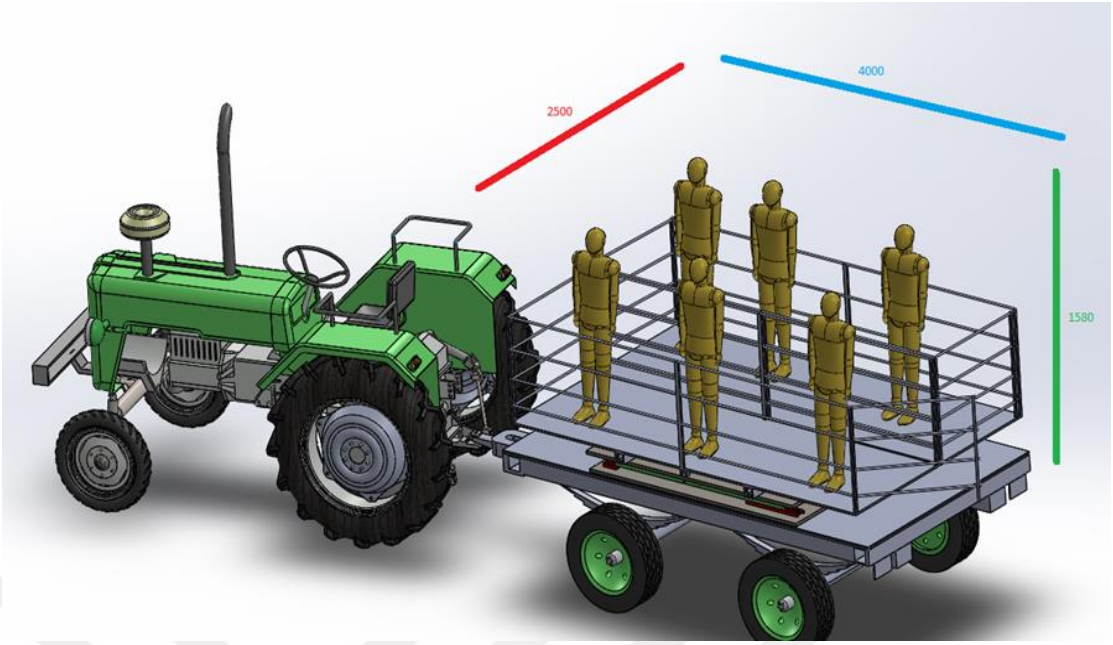
Piston kolu çapı 45 mm seçilerek ve piston koluna etki eden dik yük bileşeni göz önüne alınarak piston kolunun kırılmaya göre boyunun uygunluğunun onanması gerekmektedir. $L = \pi\sqrt{\frac{E \times I}{F \times S_k}}$ formülünde yerine konularak kırılma boyu 1811 mm hesaplanmıştır. Bulunan değer piston kolunun tam açık durumuna ait kırılma boyundan (750 mm) büyük çıktığı için kırılma riski yoktur. İndirme hızının kaldırma hızından daha yüksek ve kontrolsüz olmaması için kaldırma silindirlerinin geri dönüş hatlarına Şekil 4.18 'de görülebileceği gibi birer adet ayarlı debi kısma valfi konulmuştur. Platform üzerindeki çalışanların gerek kısma valfi ayarı ile gerekse yön kontrol valfinin açıklık ayar ile güvenli bir hızda platformu ayarlamaları gerekmektedir. Gerekli olan bu çalışma şekli nedeniyle kaldırma silindirinin geri konumdaki hızı teorik olarak incelenmemiştir.

Kaydırma silindiri hesabını ise şu şekilde açıklamak mümkündür. Kaydırma silindirleri üst tablaların yönelim hareketini gerçekleştirmek için kullanılacak 2 adet hidrolik silindirden oluşmaktadır. Yine önceki hesaplamalardan silindirin karşılaması gereken kuvvet 4500 N olarak belirlendiğinden buna yönelik hesaplamalarla işleme devam edilmiştir.

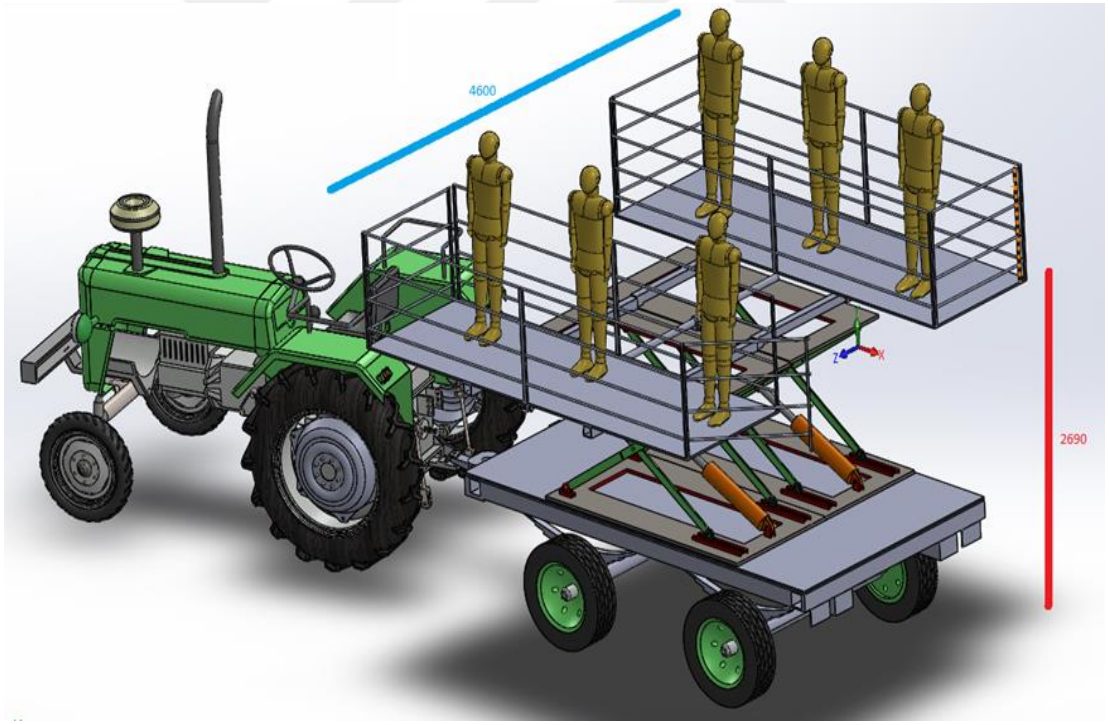
Sistemin geliştireceği mekanik sürtünme kaybı göz önünde bulundurularak F_{max} = 4500N 1.1 ile çarpılarak sistemin oluşturması gereken kuvvetin 4950 N olduğu bulunmuştur. Kaydırma silindirinin piston çapı D_i = 40 mm olarak seçilmiştir. Platformlardan birinde bunun yarısı itme için kullanılacağından Q = 8.33× 10^{-5} m³/sn bulunmuştur. F_{itme} = 4950 hesaplanmış ve seçilen debi değerine bağlı olarak itme hızı V_{itme} = 0,06 m/s olarak hesaplanmıştır. Piston kolu çapı 28 mm seçilerek geri çekme hızı Vg= 0.13 m/s olarak belirlenmiştir. Daha düşük hızlarda çalışılması tercih edilirse işçilerin yön kontrol valflerini kısmi açarak hız ayarlaması yapmaları gerekecektir. Kaydırma silindiri, yatay eksende çalışacağı için burkulma hesabına ihtiyaç duyulmamıştır. Kaydırma işleminde gerek duyulacak kuvvet, kaldırmadan daha düşük olduğundan kabullenilen işletme basıncı bu işlem için de yeterli olacaktır. Şekil 4.20'de hidrolik silindirin sistem içerisindeki konumu gösterilmiştir. Şekil 4.21 ve 4.22 ise sırasıyla platformun kapalı konumunu ve platform yüksek seviyede ve tablalar açık pozisyondayken elde edilecek görüntüyü vermektedir.



Şekil 4.20. Hidrolik silindirin sistemdeki konumuna ilişkin bir görüntü



Şekil 4.21. Platformun kapalı konumuna ait bir görsel



Şekil 4.22. Platform yüksek seviyede ve tablalar açık pozisyondayken bir görsel

4.3. Tartışma

Ticari olarak bulunabilen hasat platformları ve bilimsel çalışmalar sonucunda elde edilmiş tasarımların hemen tümünde hasat işçileri tek bir tabla üzerinde çalışmaktadır. Oysa iki farklı sırayı hasat eden işçiler, ağaçların büyüklüklerinde ve verimlerindeki farklılıklara ek olarak işçilerin çalışma hızındaki farklılıklar nedeniyle farklı zamanlarda yükselip alçalmak isteyebilir. Bu talep, parçalı bir tabla sistemi tasarımı ile karşılanabilir. Bu araştırmada düşey ve yatay yönde birbirinden bağımsız bir şekilde hareket edebilecek iki tabla ile donatılmış bir hasat platformu tasarımı yapılmıştır.

Araştırmada, sistem sınırları yarı-bodur bir elma bahçesindeki ağaçların özelliklerine bağlı olarak belirlenmiştir. Böylece, sıra arası 6 m'den fazla olmamalı, ağaç dallarının sıra aralarına fazla yayılmaması için uygun bir şekilde budanmış olmaları ve en büyük taç yüksekliğinin 4.5 m'yi aşmamış olması gerekecektir. Üçgül (2007), en büyük yüksekliği ve genişliği 4000 mm (uzanma mesafesi de hesaba katıldığında) ve 3000 m olan bir hasat platformu tasarlamıştır, ancak platformun hangi koşullara uygun olarak tasarlandığı açıklanmamıştır. Üçgül (2007)'ün tasarımında kaldırma ve kaydırma hızları 0,457 m/s seçilmiştir. Bu değerler, bu araştırmada tasarımda kullanılan hızlardan yüksektir.

Eminoğlu (2015), meyve hasadına yardımcı olması için iki parçalı (tablalı) bir hasat platformu tasarımı yapmıştır. Platform yüksekliği, makaslar kapalı ve açık durumdayken 2450 ve 3750 mm'dir. Elma bahçeleri için düşünülen ve çalışmada tasarlanan makinede ise bu yükseklikler sırasıyla 1500 ve 2600 mm'dir. Eminoğlu (2015)'nun çalışmasında tasarlanan makine daha yüksek ağaçlar için tasarlanmış ve statik denge için yan destek ayakları kullanılmıştır. Buna göre, destek ayaklı bir tasarıma sahip bir makine yanal eğime sahip arazilerde de kullanılabilirken bu araştırmada geliştirilen makine ise daha çok düz bahçeler için uygundur. En düşük 2410 mm platform yüksekliği için platform üzerindeki bir işçinin el ile yere eğilerek 2.5-3. m'deki meyveleri hasat edebileceği için bundan daha aşağıdaki meyvelerin hasadı için uygun değildir. Benzer şekilde, mevcut araştırmada tasarlanan makinenin en düşük platform yüksekliği 1500 mm olduğu için bundan daha aşağıdaki meyvelerin platform üzerinde çalışan işçi tarafından toplanması mümkün değildir. Bu meyvelerin yerdeki hasat işçileri tarafından ayrıca toplanması gerekmektedir. Eminoğlu'nun tasarlayıp imal ettiği prototip makinede yerdeki ortalama

bir işçinin 2.5-3 m’ye kadar uzanması mümkün görünmemektedir, bu yüzden merdiven kullanarak yerden hasat yapılması gerekecek gibi görünmektedir.

Bahsi geçen platform bir traktör yardımıyla çekildiği için, hasatta traktörün kullanılması ile traktörün yıllık çalışma süresi de artırılmış olmaktadır; böylece kuvvet kaynağının daha ekonomik olmasına yardımcı olunacaktır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada hasat işlemini kolaylaştırmak için bir hasat platformu tasarımı yapılmıştır. Mevcut birçok hasat platformlarından farklı olarak düşey yönde hareket eden iki tablanın birbirinden bağımsız olacak şekilde hareket ettirilebilmektedir. Hasatta harcanan zamanın ve ürün kayıplarının azaltılması istendiği için buna uygun bir tasarım düşünülmüştür. Platform yükselerek ağacın tepe hizasına ulaşmayı mümkün kılmasının yanı sıra yatay eksende hareket ederek işçilerin dallara uzanmalarını kolaylaştırmaktadır. Bu sayede işçilerin dallara uzanmaya çalışırken yaşayacağı incinmeler ve iş gücü kayıplarının önüne geçilebilecektir. Gücünü tarım traktöründen alması beklenen meyve hasat platformu tasarımına ait bu çalışmadan elde edilen kazanımlar şu şekilde özetlenebilir:

- Platform; mekanik ve hidrolik sistem olmak üzere iki ana başlık altında tasarlanmıştır.
- Mekanik sistem kendi içerisinde; üst tablaların tasarımı, kızaklama sisteminin tasarımı, makas mekanizması tasarımı, taşıyıcı kasanın tasarımı olarak dört alt başlık şeklinde incelenmiştir.
- Platformun hareketi için gerekli olan çeki kuvveti belirlenmiştir.
- Hidrolik kaldırma silindirleri tam açık konumda iken platform yüksekliği 2600 mm, ortalama işçi boyu ile 4350 mm ve uzanma mesafesi ile birlikte 4500 mm kadardır. Kaydırma silindirlerinin tam açık konumunda ise işçilerin ortalama kol uzunluğu ile 3000 mm ve uzanma mesafesiyle birlikte 3250 mm'dir.
- Makine üzerinde her bir platformda iki işçi olmak üzere dört işçi çalışabilecektir.
- Makinenin ölü ağırlığı, işçi ağırlıkları ve dolu meyve kasalarıyla birlikte en fazla 2580 kg (25310 N) olacağı öngörülmüştür.

Bu sonuçlara dayanarak aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

- Tasarıma meyve kasalarını daha kolay indirmeye yarayan bir mekanizma eklenebilir.
- Hasadın yapıldığı saatler düşünüldüğünde üzerinde çalışan işçilerin sıcak hava koşullarından etkilenmeleri azaltan bir tente tasarıma dâhil edilebilir.
- Özellikle yanal eğimli bahçelerde statik denge sorunu olmaması için destek ayakları entegre edilmiş bir başka model üzerinde de çalışılabilir.

KAYNAKLAR

Akçalı, İ. D. (1998). Makine Bileşenlerinin Tasarım Esasları, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü *Mactimarum Yayın No: 3, Adana,* 158s.

Anonim, (2019). FAO, Food and Agriculture Organization, *http://www.fao.org/3/cb1329en/online/cb1329en.html*

Anonim (2021/a). TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Tarımsal üretim verileri *https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Urun-Denge-Tablolari-2019-2020-37246* Erişim Tarihi 20 Nisan 2021.

Anonim (2021/b). TÜİK, Türkiye istatistik Kurumu 2021 Türkiye' de üretim türleri dağılım verileri *https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1* Erişim tarihi 20 Nisan 2021.

Babalık, F. C., Çavdar, K. (2018). Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri. *Dora Yayınları, ISBN: 978-605-247-017-6, Bursa,* 1-110s.

Civil, C. (2009). Eğirdir bölgesinde yetiştirilen bazı erik çeşitlerinde mekanik hasat parametrelerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Konya.

Çetinkaya, S. (1989). Vişne Hasadında Mekanizasyon Olanakları Üzerinde Bir Araştırma. *Doktora Tezi,* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Ankara.

Demir, N. (2019). Kırsal Göç Olgusunun Sosyo-Ekonomik Etkileri. *International Symposium on Innovative Approaches in Social, Human and Administrative Sciences,* 22-24 Kasım 2019, Samsun.296-299s. *https://doi.org/10.36287/setsci.4.8.056*

Eminoğlu, M.B., (2016). Meyve Hasadına Yardımcı Platform Tasarımı. *Doktora Tezi,* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Ankara.

Erdoğan, D. (1990). Meyvelerin Makine ile Hasadında Önemli Parametreler. *Tarım Makineleri ve Bilimi Tekniği Dergisi,* 2, 17-20s.

Erdoğdu, A.E. (2013). Ağaç Meyvelerinin Hasat İşleminde Kullanılan Gövde Sarsıcı ve Ağaç Üzerinde Oluşan Titreşimlerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük

Esposito, A. (1988). Fluid Power With Applications. *Second Edition, ISBN 0-13-322728 6, Prentice Hall Inc., New Jersey,* pp1-328.

Karaçalı, İ. (2011). Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. *Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir,* 486s

Keçecioğlu, G. (1975). Atalet Kuvvet Tipli Sarsıcı ile Zeytin Hasadı İmkanları Üzerinde Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.288, İzmir.*

Keçecioğlu, G. (2001). Tarım Traktörlerinin Hidrolik Sistemlerinde Gözlenen Gelişmeler. *II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir. s360.

Kirişçi, V. ve Tuncer, İ.K. (1988). Turunçgil Hasat Mekanizasyonu. *Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi*, Erzurum.

Liljedahl, J.B., Turnquist, P.K., Smith, D.W., Hoki, M. (1996). Traktors and Their Power Units. *Fourth Edition, ASAE Textbook No.801P0196, St. Joseph, MI, USA,* pp240- 397.

Li, P., Lee, S., Hsu, H.Y. (2011). Journal of Procedia Engineering, Rewiew on fruit Harvesting Method for Potential use of Automatic Fruit Harvesting Systems. Cilt 23: 351,366s. *https://doi:10.1016/jroeng.2011.11.2514*

Niyaz, Ö. C. (2012). Sürdürülebilir meyve üretimi ve pazarlaması açısından tarım Politikalarının İrdelenmesi: Çanakkale ili örneği. *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, İzmir.

Özcan, F. (1982). Hidrolik Akışkan Gücü, *Mert Eğitim Yayınları, İstanbul,* 147-167s.

Özgüven, M.M., Türker, U., Akdemir, B., Çolak, A., Acar, A.İ., Öztürk R., Eminoğlu M.B. (2020). Tarımda Dijital Çağ. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, 13-17 Ocak 2020,* Ankara.

Özmerzi, A., Yaldız, O., Kürklü, A., Ertekin, C., Külcü, R. (2004). Tarım Makinaları için Mühendislik El Kitabı. *Literatür Yayıncılık, Dağıtım, Pazarlama San. ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul. ISBN 975- 04-0261-8.* 217-343s.

Prussia, S. E., & Woodroof, J. G. (1986). Harvesting, Handling, and Holding Fruit. In J. G. Woodroof & B. S. Luh (Eds.), *Commercial Fruit Processing*, pp25-97.

Ruiz-Altisent M., Ortiz-Cañavate J., Valero C. (2004). Fruit and Vegetables Harvesting Systems. In: Dris R., Jain S.M. (eds) Production Practices and Quality Assessment of Food Crops Volume 1. Springer, Dordrecht. *https://doi.org/10.1007/1-4020-2533-5_9*

Shigley, J. E. (1986). Mechanical Engineering Design, *McGraw- Hill Book Company, Singapore. ISBN 0- 07- 056898-7,* pp1-485.

Sudheer, K.P. (2007). Harvesting of Fruits and Vegetables: Post Harvest Technology of Horticultural Crops, Editor: Peter, K.V.; Delhi, India, pp39-43.

Tuncer, İ. K, Özgüven, F. (1989). Bağ, Bahçe, Sebze ve Endüstri Kültürlerinde Mekanizasyon Uygulamaları, Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları. Yayın No: 52, Ankara (Prof. Dr. Ing. E. Moser' den çeviri), s98-116.

Üçgül, M. (2007). Tarım traktörü ile çalıştırılan bir meyve hasat platformu tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi,* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Ünal, H. (2005). Ceviz yetiştiriciliğinde hasat ve hasat sonrası Mekanizasyon Uygulamaları. *Bahçe dergisi, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, cilt:34,* Ankara.

Yalçın, Ö. F. (1990). Ankara İlinde Traktör Mülkiyeti ve Rasyonel Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1179, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 650, Ankara,* 96s.

Yücel, M.H., (2019). Tarımsal mekanizasyon ve tarımsal verimliliğin tarımsal istihdam üzerindeki etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Ankara.

Yürürer, G. (2006). Zeytinin mekanik hasadında titreşim karakteristiklerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi,* Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.

Yıldız, T. (2012). Bazı Meyve Ağaçlarının Mekanik Hasadında Kullanılan Silkeleyiciler ve Farklı Silkeleme Yöntemlerinin İncelenmesi *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, cilt: 27, Samsun,* 158-164s. *https://doi:10,7161/anajas.2012.273.158*

Zhang, K., Lammers, K., Chu, P., Li, Z., Lu, R., (2020). System Design and Control of an Apple Harvesting Robot, Cornell University October 2020. *https://arxiv.org/abs/2010.11296v1*

Kathleen Anne M. Almendral, Rona Mae G. Babaran, Bryan Jones C. Carzon,
Karl Patrick K. Cu, Jasmine M. Lalanto, and Alexander C. Abad (2018) Autonomous Fruit Harvester with Machine Vision. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering Department of De La Salle University, e-ISSN: 2289-8131 Vol. 10 No 1-6, pp79-86.* *https://jtec.utem.edu.my/jtec*