

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GPS DESTEKLİ HAREKETLİ BİR OTOMATİK TOPRAK ÖRNEK ALMA
MAKİNASININ TASARIMI**

Halil ERTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**GPS DESTEKLİ HAREKETLİ BİR OTOMATİK TOPRAK ÖRNEK ALMA
MAKİNASININ TASARIMI**

Halil ERTAŞ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GPS DESTEKLİ HAREKETLİ BİR OTOMATİK TOPRAK ÖRNEK ALMA
MAKİNASININ TASARIMI**

**Halil ERTAŞ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2017-2467 nolu proje ile desteklenmiştir.**

HAZİRAN 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GPS DESTEKLİ HAREKETLİ BİR OTOMATİK TOPRAK ÖRNEK ALMA
MAKİNASININ TASARIMI

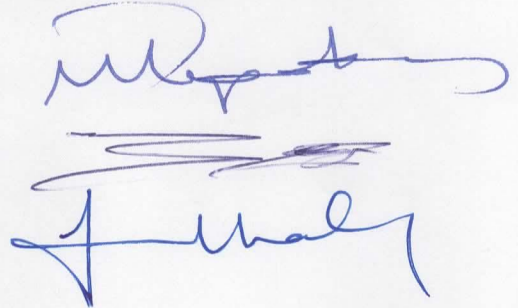
Halil ERTAŞ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 13/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Mehmet TOPAKCI (Danışman)

Doç.Dr. Arif Behiç TEKİN

Dr.Öğr.Üyesi İlker ÜNAL



ÖZET

GPS DESTEKLİ HAREKETLİ BİR OTOMATİK TOPRAK ÖRNEK ALMA MAKİNASININ TASARIMI

Halil ERTAŞ

**Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Haziran 2019; 60 Sayfa

Bu çalışmada, 30 cm derinliğe kadar toprak örneği olarak barkodlu kutulara yerleştiren, kutu ve toprak örneğinin konum bilgileriyle birlikte kayıt yapabilen otomatik toprak alma makinasının tasarımı gerçekleştirilmiştir. Otomatik toprak örnek alma makinası 4x2 çekiş sistemine sahip arazi aracı üzerine monte edilmiştir. Makina iki adet 3 fazlı asenkron motor ile çalıştırılmaktadır. Bu motorların kontrolleri elektronik motor sürücü üniteleri tarafından yapılmıştır. Birinci motor dikey ekseninde hareketi gerçekleştirmiştir. İkinci motor örnek almak için kullanılan burguyu döndürmek için kullanılmıştır. İşlem sırası dahilinde, her iki motorun hareket kontrolleri otomatik ve manuel olmak üzere iki ayrı çalışma şeklinde PLC tarafından gerçekleştirilmektedir. Yatay ekseninde toprak örneklerinin istiflendiği döner tabla bulunmaktadır. Burgu ile çıkarılan toprak örneği tablanın üzerindeki barkodlu kutuların içerisine istiflenmiştir. Tablanın hassas hareketi adım motoru ve elektronik sürücü devre kullanarak gerçekleştirilmiştir. İstif kutularının barkod bilgileri, döner tabla sayısı, arazi bilgisi, toprak örneğinin coğrafi konum bilgisi mikro denetleyici vasıtası ile SD karta kayıt edilmiştir. Makinanın genel durum bilgilerini kullanıcıya aktarmak ve örnekleme kaydı için gerekli bilgilerin kullanıcı tarafından girilmesi adına yaklaşık 7 cm genişliğinde dokunmatik ekran tasarımı gerçekleştirilmiştir. Arazi taşıtı üzerinde kullanıcı kontrol ve elektrik kontrol panosu olmak üzere iki adet pano bulunmaktadır. Çalışmada, tasarımı tamamlanan makina ile 12 dekarlık anız halindeki arazi üzerinde 30 toprak örneği alma çalışması yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri analiz edilmiş ve analiz sonuçları ile makinada kaydedilen arazi bilgileri ArgGIS 10.5 programında uydu görüntüsü üzerinde haritalandırılmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen makina ile geniş arazilerde yorucu ve zaman alıcı olan toprak örneği alma işleminin daha kısa sürede rahatlıkla yapılabileceği söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELELER: EC değişkenlik haritası, Otomatik Toprak örnekleme, Hassas tarım

JÜRİ: Prof.Dr. Mehmet TOPAKCI

Doç.Dr. Arif Behiç TEKİN

Dr.Öğr.Üyesi İlker ÜNAL

ABSTRACT

THE DESIGN OF A MOBILE GPS-SUPPORTED AUTOMATED SOIL SAMPLING MACHINE

Halil ERTAŞ

MSc. Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Mehmet TOPAKCI

June 2019; 60 Pages

An automated soil sampling machine, sampling the soil from up to 30 cm depth into barcoded boxes and recording the data of the samples' location and boxes, is designed in this study. Automated soil sampling machine is installed on an 4x2 off-road vehicle. The machine is powered by two three-phase asynchroncus motors. These motors are controlled by electronic motor drive units. The first motor performs the movement on veritical axis. The second motor is used for spinning the auger which is used for sampling. Within the sequence of actions, the controls of each motor's movements are made by PLC both autameted and manual. There is a turntable stacking soil samples on horizontal axis. The sample soil, taken by the auger, is stacked into barcoded boxes on the tray. Accurate movement of tray is controlled by using stepper motor and electronic driver circuits. Barcode data of stacking boxes, turntable number, terrain data, soil sample's geographical location data are recorded into the SD card by means of a microcontroller. A touchscreen about 7 cm width is designed for transferring the machine's general situation data to the user and for data input, necessary for recording sampling process, by user. Two panels (user control panel and electric control panel) are installed on land vehicle. In total, 30 soil sampling studies were carried out on 1.2ha stable terrain by the designed machine. Soil samples were analysed and with the terrain data-recorded into the machine, analysis results were mapped on ArcGIS 10.5 on stallite image. It can be seen that soil sampling process which is time consuming and tiring on wide fields, can be performed easily and in a shorter time period by the help of the designed machine.

KEYWORDS: EC variability map, Automatic Soil Sampling, Precision Agriculture

COMMITTEE: Prof.Dr. Mehmet TOPAKCI

Assoc. Prof. Arif Behiç TEKİN

Assist. Prof. İlker ÜNAL

ÖNSÖZ

Artarak devam eden ekosistem bozulmalarının etkilerini her geçen gün daha fazla hissetmekteyiz. Analiz edilemeden yapılan her iş başlangıçta verimli gözükse de orta ve uzun vadede içinde bulunduğumuz ekosisteme zarar verebilmektedir. Örneğin tarımda ürün verimini arttırmak adına toprağa uygulanan yanlış sulama, gübreleme, ilaçlama gibi uygulamaların ilk başta olumlu gözükse de orta ve uzun vadede toprağa ve içerisindeki canlılara zarar verdiği bilinmektedir. Gereksiz kullanılan kimyasal ilaç ve girdiler çevreye olumsuz etkileri olmaktadır.

Hassas tarım uygulamalarının önemli bölümü değişken düzeyli uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Tarımsal uygulamalarda girdiyi azaltarak ürün verimliliğini artırmak temel hedeftir. Bu nedenle toprağın uygulama yapılmadan önceki durumunu haritalamak oldukça önemlidir. Toprak analizi haritaları uygulamaların düzeyini belirlemek için gerekli bilgilerden meydana gelmektedir. Büyük ölçekli arazilerde analiz için gerekli toprak örneğini alma işlemleri zaman ve maddi açıdan bakıldığında oldukça pahalı olduğu görülmektedir. Geliştirilen makina bu olumsuz durumu ortadan kaldıracak, ekim yapılacak arazide tarla trafiğini oldukça azaltacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda bu tarz makinalar otonom hale getirilebilecektir. Makina üzerinde kaydedilen bilgiler Tarım 4.0'ın gerektirdiği gibi veri bulutlarında depolanarak bir sonraki aşamada kullanılabilecek yapıda olacaktır.

Yüksek lisans eğitimim sürecinde, sabırla tecrübelerini, yardımlarını ve emeğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI 'ya, fikir ve düşüncelerinden yararlandığım hocam Sayın Prof.Dr. Murad ÇANAKÇI' ya çalışmanın mekanik kısmının imalatında emeği geçen Sayın Muhammet KAHRAMAN bey ve Bucak Kahramanlar Makina İmalat Şirketi çalışanlarına, projeye maddi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.2. Toprak özellikleri	21
3.1.3. Arazi taşıtı	21
3.1.4. Makina gövdesi	23
3.1.5. Dikey eksen hareket için lineer kızak ve rulmanlar	23
3.1.6. Toprak burgusu ve bağlantı ekipmanları.....	25
3.1.7. Döner tabla ve örnek kapları	25
3.1.8. Güç kaynağı ve gerilim dönüştürücü.....	26
3.1.9. Kumanda panosu ve ekipmanları	27
3.1.10. Asenkron motor	28
3.1.11. Adım (Step) motor.....	28
3.1.12. 24 V DA Güç adaptörü.....	29
3.1.13. PLC (Programable Logic Control)	29
3.1.14. Endüktif sensörler.....	30
3.1.15. Elektronik asenkron motor sürücüleri	31
3.1.16. Step motor sürücüsü	32
3.1.17. Arduino Mega 2560.....	33
3.1.18. Nextion HMI 2,8" dokunmatik ekran.....	35
3.1.19. GPS alıcısı	36
3.1.20. Barkod okuyucu.....	37

3.1.21. ISPSOft3.03 PLC programı editörü	38
3.1.22. ArduinoIDE Arduino Mega 2560 editörü	39
3.1.23. Nextion Editor dokunmatik ekran editörü	40
3.1.24. Aschom GPS kurulum editörü.....	41
3.1.25. ArcGIS 10.5 haritalama editörü	42
3.2. Metot	44
3.2.1. Veri kayıt ve örnek alma başlangıç komutunun oluşturulması	45
3.2.2. Makinanın manuel ve otomatik çalışması	47
3.2.3. Tarla çalışmaları	51
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	54
5. SONUÇLAR	58
6. KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “GPS Destekli Hareketli Bir Otomatik Toprak Örnek Alma Makinasının Tasarımı” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

13/06/2019

Halil ERTAŞ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

mA : Mili Amper

A : Amper

W : Watt

kW : Kilo Watt

kB : Kilo Byte

μ s : Mikro Saniye

min⁻¹ : Dakika süresinde dönüş adedi

kHz : Kilo Hertz

Kısaltmalar

GPS : Global Positioning System

PLC : Programmable Logic Controller

SD : Secure Digital

EMS : Elektrik Motoru Sürücüsü

DA : Doğru akım

AA : Alternatif akım

CDI : Capacitor Discharge Ignition

CNC : Computer Numerical Control

IEC : International Electrotechnical Commission

RTK : Real Time Kinetic

NEMA: National Electrical Manufacturers Association

CPU : Central Processing Unit

Modbus RTU :Modicon-Bus Remote Telemetry Unit

NPN : Negatif Pozitif Negatif

SMPS : Switch Mode Power Supply

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter

ICSP : In-Circuit Serial Programming

USB : Universal Serial Bus

NMEA: National Marine Electronics Association

HMI : Human Machine Interface

TFT : Thin Film Transistor

EEPROM : Erasable Programmable Read Only Memory

EC : Electrical Conductivity

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. a) DGPS’li Otomatik toprak örnek alma makinası; b) Örnek haritası	4
Şekil 2.2. Traktöre bağlanmış hidrolik olarak çalışan toprak örnek alma makinası	5
Şekil 2.3. a) TDR Makinasının ana parçaları; b) Toprak su ve elektriksel geçirgenlik haritaları	5
Şekil 2.4. Otomatik Toprak Örnekleme Makinasının Ana Elemanları.....	6
Şekil 2.5. Izgara boyutlarına göre toprak örnekleme maliyet modelleri.....	6
Şekil 2.6. a) Otomatik Toprak örnekleme Makinasının genel görünüşü b) Farklı hızlardaki örnekleme sonuçları	7
Şekil 2.7. GPS Destekli toprak nitrat azotu haritalama makinası 1) Toprak örnekleyicisi 2) Toprak elevatörü, 3) Nitrat Ölçümü 4) Otomatik Kalibrasyon 5) Kontrol Ünitesi 6) Küresel Konumlama Sistemi (GPS).....	8
Şekil 2.8. Farklı veri işleme metotlarında makina ile laboratuvar nitrat ölçümleri arasındaki ilişki; a) Tam sayı veri işlemesi; b) gerçek sayı veri işlemesi; c) düzenlenmiş nem miktarı ile tam sayı veri işlemesi; d) düzenlenmiş nem miktarı ile gerçek sayı veri işlemesi	8
Şekil 2.9. Deneme alanı ve örneklerin alındığı noktalar.....	9
Şekil 2.10. Araştırma alanı azot, fosfor ve potasyum dağılım haritaları	10
Şekil 2.11. a) 4 dekar ızgaralı pH haritası b) Otomatik toprak örneği alma makinası.....	11
Şekil 2.12. Elmas şeklinde işaretlenmiş her bir noktadan toprak örneği haritası.....	12
Şekil 2.13. a) Nokta kriging ile tahmin edilen toprak organik karbonun değişim haritası; b) Örnekleme deseni gösteren harita	13
Şekil 2.14. Toprak pH değerinin değişim dağılım haritası	14
Şekil 2.15. a) Elma ağaçları ve toprak örneği pozisyonları; b) 2004 Yılında Red Chief çeşiti elma bahçesinin verim haritası	15
Şekil 2.16. a) Toprak örnekleme ünitesi ; b) Örnekleme sisteminin genel görünüşü	16
Şekil 2.17. a) 10 cm ve 20 cm uzunluktaki referans boru; b) Referans boru yardımıyla toprak numunesinin alınması; b) Alınmış toprak örneği görüntüsü	16
Şekil 2.18. a) İçerik değişkenlerin frekansları; b) Örnek noktalarının arazi üzerindeki dağılımları	17
Şekil 2.19. GPS alıcısının mobil robot üzerindeki yerleşimi.....	17

Şekil 3.1 Tasarım için kullanılan materyaller	19
Şekil 3.2 GPS Destekli Hareketli Otomatik Toprak Örnek Alma Makinası	20
Şekil 3.3. Makina görünüşleri	21
Şekil 3.4. Mondial Terratract 200 arazi taşıtı	22
Şekil 3.5 Makina gövdesinin arazi taşıtı üzerinde montajı	23
Şekil 3.6. a) Lineer kızaklar; b) Flanşlı lineer rulman	24
Şekil 3.7. Gövde üzerindeki rulmanlı kızaklar	24
Şekil 3.8 a) Burgunun bağlı olduğu yataklı vidalı mil; b) Toprak burgusu	25
Şekil 3.9. Döner tabla ve örnek kapları.....	26
Şekil 3.10. a) Sulu kurşun asit akü; b) 12V DA – 220V AA Dönüştürücü.....	26
Şekil 3.11. a) Kumanda panosu; b) Kumanda panosu ekipmanları iç görünüş.....	27
Şekil 3.12. Asenkron motor	28
Şekil 3.13. a) NEMA 23 Step Motor ; b) 1/10 Oranlı Redüktör ; c) Kremiyer dişli ve kayış	29
Şekil 3.14. SMPS AA/DA güç adaptörü.....	29
Şekil 3.15. a) DVP14SS211T Delta PLC; b) DVP-08SM Delta ilave giriş modülü	30
Şekil 3.16. Leuze ISS 112MM/2NC-4E0-M12 Endüktif sensör	31
Şekil 3.17. Elektronik asenkron motor Sürücüsü.....	32
Şekil 3.18. Step motor elektronik sürücüsü	33
Şekil 3.19. Ardiuno Mega 2560.....	34
Şekil 3.20. Kontrol paneli içerisindeki Ardiuno Mega’lar ile SD Card ve GPS’in bağlantı şeklidir	35
Şekil 3.21. 2,8" Nextion HMI TFT ekran	36
Şekil 3.22. Promark 500 GPS alıcısı ve SIM kart yerleşimi.....	36
Şekil 3.23. Zebex Z-3220 marka barkod okuyucu.....	38
Şekil 3.24. ISPSOft3.03 Programının çalışma sayfası görünümü	39
Şekil 3.25. ArduinoIDE 1.8.5 Programının çalışma sayfası görünümü	40
Şekil 3.26. Nextion editörünün çalışma sayfası görünümü	41
Şekil 3.27. Aschom Programının çalışma sayfası görünümü	42
Şekil 3.28. ArcGIS 10.5’in örnek çalışma sayfası	43

Şekil 3.29. Elektronik sistemin genel görünümü	44
Şekil 3.30. Veri girişi için kullanılan Nextion ekran görüntüleri	45
Şekil 3.31. Arduino Mega2560 ADK ile barkod okuma ve okunan bilgileri gönderme için kullanılan program akış şeması	46
Şekil 3.32. Arduino Mega2560 ile barkod okumadan gelen veriler ekran bilgileri ve GPS konum bilgilerinin SD karta kayıt için kullanılan program akış şeması.....	47
Şekil 3.33. PLC’de çalışan programın akış şeması.....	50
Şekil 3.34. Alınan örneklerin tarla üzerindeki konumları.....	52
Şekil 3.35. a) Çalışma sırasında makinanın görünümü; b) Örnek alınan noktanın görünümü	52
Şekil 4.1. Toprak pH değişkenlik haritası.....	56
Şekil 4.2. Toprak EC değişkenlik haritası	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Standart ızgaranın yüzde oranlarında elde edilen pH miktarları	11
Çizelge 3.1. T3 Sınıfı arazi taşıtı özellikleri	22
Çizelge 3.2. DA-AA Dönüştürücü Özellikleri.....	27
Çizelge 3.3. Asenkron motor teknik özellikleri	28
Çizelge 3.4. Step motor teknik özellikleri	29
Çizelge 3.5. Endüktif sensör teknik özellikleri	31
Çizelge 3.6. Elektronik asenkron motor Sürücüsü teknik özellikleri	32
Çizelge 3.7. Step motor sürücüsü teknik özellikleri	33
Çizelge 3.8. Arduino Mega 2560 Teknik özellikleri	34
Çizelge 3.9. Zebex Z-3220 marka barkod okuyucu.....	37
Çizelge 3.10. PLC giriş çıkış tanımlamaları	48
Çizelge 3.11. Örnek alınan toprakların koordinatları ve sıralama bilgileri	53
Çizelge 4.1. Örnek analizleri sonucu elde edilen pH ve EC değerleri.....	55

1. GİRİŞ

Sürdürülebilir tarımsal üretim, ancak doğru tarım yöntemlerin uygulanmasıyla gerçekleşecektir. Dünya nüfusu arttıkça gıda ihtiyaçları da artmaktadır. Bunun sonucunda büyüyen ekonomik pazar oluşan çevresel zararların göz ardı edilmesini birlikte getirmektedir. (Sönmez vd. 2008).

Toprakların temel özelliklerini barındıran veri tabanının var olması halinde doğal kaynaklar ile ilgili her türlü planlama doğru temeller üzerinde olacağından üretim harcamaları azalacak ve kaynaklar sürdürülebilir uygulamalarla bizden sonraki nesillere devredilecektir. (Akgül ve Başayığit 2005).

Hassas uygulamalı tarım, arazide toprak ve bitki özelliklerine göre zamansal ve konumsal değişkenlikleri göz önünde tutarak ilaç, gübre ve tohum gibi girdilerin etkin ve çevresel zararları en az düzeyde kullanımına mümkün kılacaktır. İlerleyen teknolojinin tarım üretimiyle bütün halde kullanılması düşük maliyet, değişken girdi kullanımı, azami gelir ve çevrenin korunmasına yardımcı olmaktadır. (Güçdemir vd 2004; Emekli ve Topakç1, 2009)

Gübre kullanımının bitkisel üretim artışındaki payının yaklaşık %58 olduğu bildirilmektedir Gübre kullanılmadan hedeflenen miktar ve kalitede üretim gerçekleştirmek olanaklı değildir. Dünya tarım işletmeleri bitkisel üretiminde verim artışı ve gübre tüketimi arasında çok yakın bir ilişki vardır (Yılmaz vd. 2009). Ancak toprak analizi olmadan yapılacak gübreleme toprağa ve çevreye önemli zararlar verebilmektedir. Ekonomik anlamda hem ülke ekonomisine hem de çiftçiye ek yükler getirmektedir.

Yetiştirilen bitki için gerekli olan gübrenin özelliği ve miktarını bilmek ve bu gübreyi bitki gelişiminin ilgili periyodunda toprağa uygulamak doğru gübrelemenin kriterleridir. Bu anlamda kurallar çerçevesinde yapılan toprak örnekleme ve bu örneklerin amaca uygun kurulmuş laboratuvarlarda analiz edilerek toprak içerisindeki bitki besin maddelerinin oranları tespit edilmektedir. Böylece ekimin gerçekleşeceği toprakta yetişecek bitkinin gelişimini tamamlaması ve kaliteli ürün vermesi için gerekli besin maddelerinin bulunma miktarları da tespit edilmektedir. Sonuç olarak bakıldığında doğru gübre kullanımında en doğru yol toprak analizinden geçmektedir. (Bellitürk 2010).

Tarımsal üretimde temel hedef mümkün olabilecek en yüksek verimde nitelikli ürünü üretmektir. Bu hedefe ulaşmak için yapılması gerekenler arasında dengeli ve düzenli gübreleme işlemi önem arz etmektedir. Bu işlemlerin gerçekleşmesi için toprak analizlerinin yapılmasını gerekli kılmaktadır.

Toprak analizlerinin amacı, topraklarda bulunan bitki besin maddesi miktarlarını belirlemek suretiyle topraklarda yetiştirilecek bitkilerin isteği olan gübre cinsini ve miktarını ortaya koymaktır. Bunun bilinçli olarak yapılması karlı bir gübreleme için esastır. Belli bir tarla toprağı, bu amaçla kurulmuş laboratuvarlarda kimyasal yollarla analiz

edilerek içerisindeki bitki besin maddeleri miktarları bulunur ve böylece o toprakta yetiştirilecek bitkinin büyümesi ve iyi bir ürün vermesi için hangi besin maddelerinin eksik olduğu tespit edilerek verilmesi gerekli gübre miktarları belirlenmektedir. (Anonim 1).

Toprak analizlerinde örneklerin usulüne uygun olarak alınması çok önemlidir. Araziyi temsil etmeyen, usulüne uygun alınmamış toprak örnekleri, en gelişmiş cihazlar ve yöntemlerle analiz edilse bile yanlış sonuçlar verebilir. Bu da para, emek ve zaman kaybı demektir (Yağmur ve Gencay 2003).

Geleneksel tarım yöntemlerinde çiftçiler, araziden rastgele toprak örnekleri alarak analiz çıktılarına ait ortalama değerlerden faydalanmaktadırlar. Arazinin tamamı için tek bir oran dikkate alınır ve sadece tek bir norma göre işlem yapılmaktadır Modern tarım tekniğinde ise, arazinin farklı noktalarında sistematik biçimde örnekler alınmakta ve analiz sonuçlarına göre farklı normlarda ve sadece gerekli olan yere, gerekli miktarda uygulama yapılmaktadır. Bu örneklemelemlerde toprağın verimliliği, fiziksel ve kimyasal koşulları ile sulama-drenaj durumları değerlendirilmektedir. Ürün gelişimini belirleyen element miktarlarını tespit etmek amacıyla toprak analizleri yapılmaktadır (Vatandaş vd. 2005)

Önemli husus alınacak toprak örneğinin alındığı tarlayı gereğince temsil edebilir olmasının sağlanmasıdır. Bir tarlanın toprağı diğer bir tarlanın toprağına çok benzeyeceğı gibi, aynı tarla içinde değışik özellik gösteren kısımlarda bulunabilir. Bu değışiklikler, renk (organik madde ve demir bileşiklerinden ileri gelen koyu veya açık renk) eğim ve yükseklik, tekstür (kumlu, tınlı, killi): derinlik (derin, orta veya sığ) ürün farklılığı (değışik cins ve miktarda ürün kaldırılan kısımlar) değışik gübreleme (çeşitli gübrelerin az veya çok kullanıldığı kısımlar veya gübre uygulanmayan parçaları) ve toprak işleme farklılıklar olarak söylenebilir (Anonim 2).

Analizi yapılacak alanın, toprak örneğinin, doğru derinlikten doğru miktarda alınması gerekmektedir. Toprak örneklemesinin yapılacağı zaman da önemlidir. Arazinin toprak değışkenlik haritasının çıkarabilmesi için örnek alınan noktaların arazi üzerindeki yerlerinin GPS ile belirlenmesi gerekmektedir. Geleneksel toprak örneğı alma işlemlerinde kullanılan malzemeleri naylon torba, el küreğı, silindir, çakma aparatı kazma, kayıt için kurşun kalem ve etiket olarak sıralanabilir. Toprak örneğinin alınacağı zaman dilimi mevsimle ilişkili olarak ürün ekiminden veya gübrelemeden bir iki ay önce yapılmaktadır. Bir yıllık bitki, ekimin yapılacağı toprak analizinin gerçekleştirilmesi için arazi üzerinden yaklaşık 0-30 cm derinliğinde farklı noktalardan çok sayıda örnek alınması gerekmektedir. Derinlik seviyesi toprak işleme derinliğine göre değışebilmektedir. Don tutmuş ve çamur kıvamındaki topraktan örnek alınmaması tavsiye edilmektedir.

Örnek alma işleminde dikkat edilmesi gereken özellikler incelendiğinde, geniş arazilerde bu işlemlerin yapılması için çok fazla zaman ve iş gücü ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu durum otomatik toprak örnekleme makinasını kullanımının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

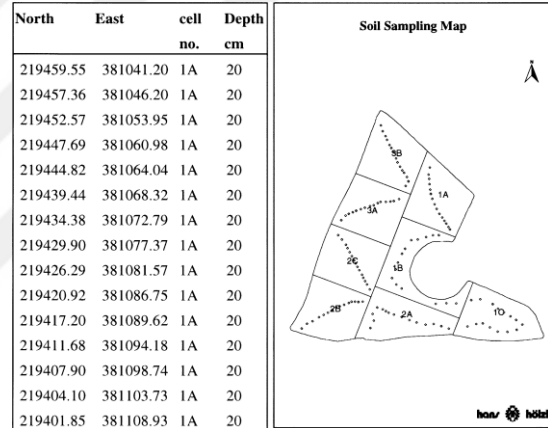
Bu çalışmanın amacı, toprak örneği alınırken ihtiyaç duyulan iş gücü ve zamanı azaltarak, toprak değişkenlik haritalarının oluşturulması için için gerekli konum bilgilerini GPS destekli kayıt yapacak, elektrik enerjisi ile çalışan tam otomatik bir toprak örneği alma makinası geliştirmektir. Hassas tarımın yaygınlaşmasıyla birlikte toprak örnekleme işlemini hızlı, pratik, düşük maliyetli elektromekanik yapısı ile tarım makinaları sektörüne yenilik katacağı düşünülmektedir. Makinanın tasarımı gerçekleştirdikten sonra belirlenen arazi üzerinde toprak örneği alma çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen numuneler analiz edilerek, analiz sonuçlarına göre değişkenlik haritaları örnek alım sırasında kaydedilen koordinatlar yardımıyla ArcGIS programında oluşturulacaktır..

2. KAYNAK TARAMASI

Lütticken (2002) yaptığı çalışmada, yeni tasarlanmış hidrolik tahrikli burgu kullanmıştır. Geliştirilen sistem, değişik alan ve toprak koşulları altında sabit bir derinlikte toprak örneği almaktadır. Burgu helezonik yapısı belirli bir şekil ve açı ile elde edilmiştir. Alınan toprak örneği ve derinlik değeri on-board bilgisayara bağlı bir sensör tarafından otomatik olarak kontrol edilmiştir. Ayrıca, tanı araçları, hataları tanımlar ve herhangi bir arızayı önlemektedir. Alınan örnekler ve makina, monitör üzerinde gerçek zamanlı şekilde koordinat sisteminde gösterilmektedir. Koordinat bilgileri için DGPS kullanılmıştır. Alınan örnekler arası mesafede 1m ve derinlikler için 2 cm hassasiyet elde etmiştir. Toprak örnekleme sisteminin tarlada belirli gübre uygulaması için gerekli güvenilirliği sağlayan, tam otomatik ve standart örnek alma görevini sağladığını belirtmiştir. Şekil 2.1’de toprak örnekleme makinası ile alınan toprak örneklerinin koordinat bilgileri ve örnekleme haritası gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2.1. a) DGPS’li Otomatik toprak örnek alma makinası; b) Örnek haritası

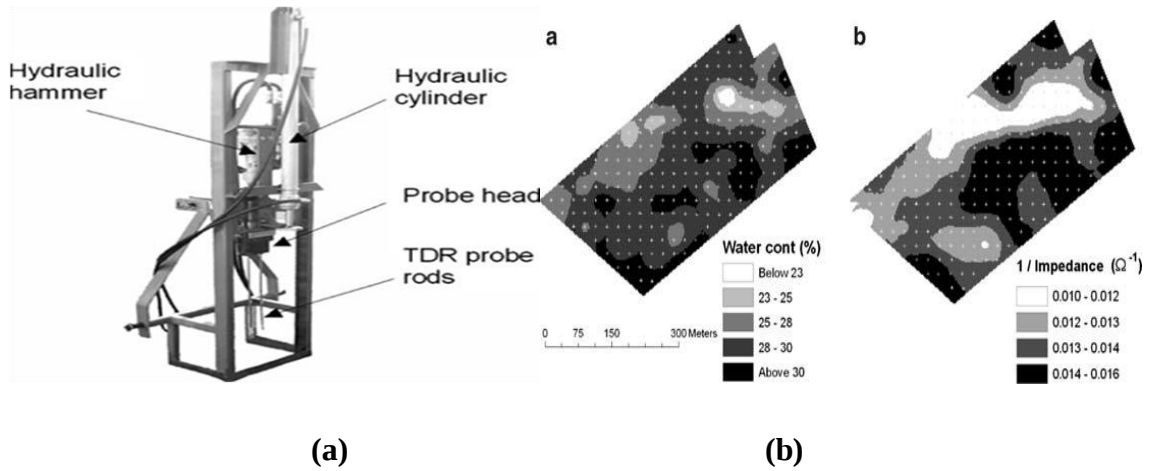
Abu-Hamdeh and Al-Jalil (1999), hidrolik güçle çalışan toprak örnekleme makinası geliştirmişlerdir (Şekil 2.2). KUBOTA M8030 traktörü ile birlikte arkasına 3 nokta askı sistemi ile bağlanmıştır. Maksimum 50 cm derinliğe kadar farklı derinliklerden örnek almışlardır. Alınan örnekler elle alınan örneklerle karşılaştırılmıştır. 10 adet 5 cm

çapında 5 cm derinliğinde örneği tarla üzerinde hareketiyle birlikte 10 dk sürede tamamlamışlardır.



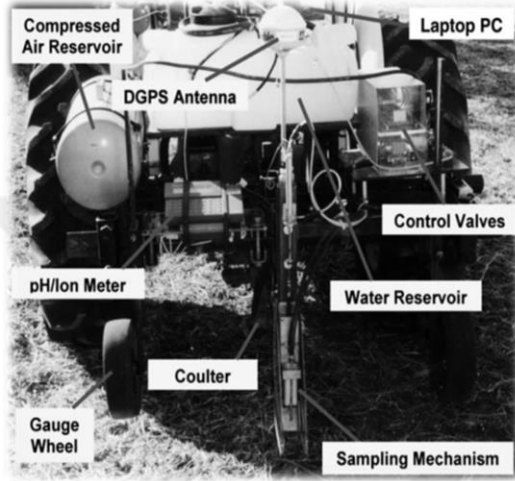
Şekil 2.2. Traktöre bağlanmış hidrolik olarak çalışan toprak örnek alma makinası

Thomsen vd. (2007), toprak nem içeriği ve elektriksel geçirgenliği haritalamak için GPS destekli TDR (time-domain reflectometry - zaman tabanlı yansıtıcı) ünitesi geliştirmişlerdir. Ünite 3 nokta askı sistemi ile Şekil 2.3 a)'da gösterilmektedir. Tasarlanan makina ile 8 saatte 15-30 ha arazinin toprak nemi ve elektriksel geçirgenliğine bağlı haritalama yapılabildiği belirtilmiştir. Tasarımı yapılan makina ile ortalama 30x25 m ızgaralardan rastgele 0.5 m derinlikten örnekler alınmıştır. Elde edilen veriler ile toprak elektriksel geçirgenliği ve nem miktarı haritaları oluşturulmuştur.(Şekil 2.3'(b))

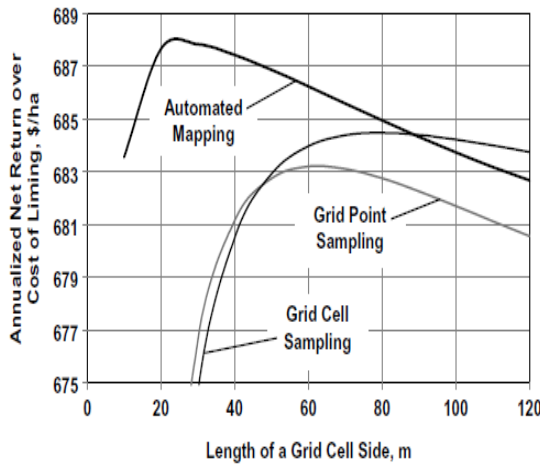


Şekil 2.3. a) TDR Makinasının ana parçaları; **b)** Toprak su ve elektriksel geçirgenlik haritaları

Adamchuk vd. (2004) değişken düzeyli uygulamalarda kullanılan toprak PH haritalamasını ekonomik açıdan incelemişlerdir. Toprak örnekleme çeşitlerine göre fiyat analizinde bulunmuşlardır. Amerika'da bulunan yüksek ölçekli soya fasulyesi tarlalarından örnek alma işleminin çok daha ekonomik ve az hatalı gerçekteştiğini tespit etmişlerdir. Daha önce yaptıkları toprak örnekleme makinası ile ekonomik anlamda uygun bir çalışma modeli geliştirmişlerdir. şekil 2.4 Toprak örnek alma makinası şekil 2.5'de bu makina ve ekipmanları kullanarak hesaplanan toprak örnekleme maliyetleri kıyaslaması yer almaktadır.



şekil 2.4. Otomatik Toprak Örnekleme Makinasının Ana Elemanları



şekil 2.5. Izgara boyutlarına göre toprak örnekleme maliyet modellemeleri

Dalmış vd. (2016)'nın geliştirdikleri makina, toprak numunesi alımı için mekanik, hidrolik ve elektronik sistemlerden oluşmaktadır. Ayrıca sistemde örnek alınan yerin konumunu belirlemek amacıyla GPS modülü bulunmaktadır. Geliştirilen makina traktöre üç nokta askı sistemi ile bağlanmakta 4 MPa toprak penetrasyon direncine kadar 30 cm

derinlikten toprak örneği alabilmektedir. Makinanın tarla denemelerinde yapılan ölçümlerde bir strokta toprak penetrasyon direncine bağlı olarak 40-162 g toprak örneği alabildiği belirtilmiştir. Geliştirilen makina ve farklı hızlardaki örnekleme sonuçları Şekil 2.6.'ta gösterilmektedir.



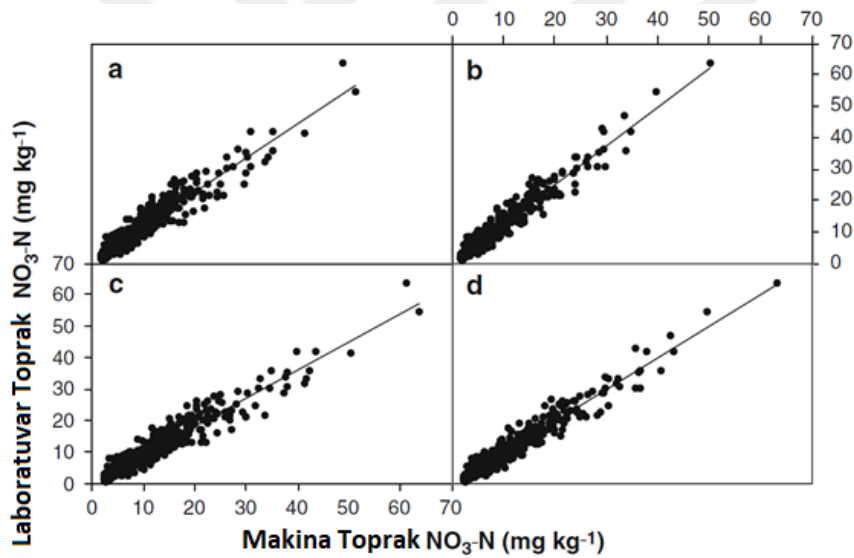
Soil Sampling speed (m/s)	Coordinates	Soil Penetration Resistance (MPa)		Sample weight (gr)	Soil moisture (%)
		Upper soil layer (Average)	Plow pan		
1 (0,22 m/s)	40°59'70.72" N 27°35'14.07" E	3	>5	64.7	1,05
2 (0,16 m/s)		3	>5	45.0	1,05
3 (0,1 m/s)		3	>5	69.9	1,32
1 (0,22 m/s)	40°59'70.71" N 27°35'14.06" E	3	>5	48.6	0,96
2 (0,16 m/s)		3	>5	40.0	0,77
3 (0,1 m/s)		3	>5	43.7	1,08
1 (0,22 m/s)	40°59'70.70" N 27°35'14.04" E	3	>5	58.1	1,19
2 (0,16 m/s)		3	>5	40.3	0,62
3 (0,1 m/s)		3	>5	53.0	0,88

Şekil 2.6. a) Otomatik Toprak örnekleme Makinasının genel görünüşü b) Farklı hızlardaki örnekleme sonuçları

Kevin vd. (2008), topraktaki Nitrat değerlerinin haritalanması üzerine çalışmışlardır. Dizayn ettikleri toprak örnekleme makinasını geleneksel toprak işlemeli ve toprak işlemesiz arazide denemeler yapmışlardır. Ayrıca organik ve organik olmayan gübreli topraktan örnekler almışlardır. Toprak içerisindeki nitrat oranını gerçek zamanlı ölçüm yaparak veri tabanı oluşturmuşlardır. 6x7,5 m ızgaralandırılmış alanlardan 0-15 cm derinlikten örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler koordinat düzleminde GPS kullanılarak işaretlenmiştir. Şekil 2.7' de örnekleme nitrat ölçüm analiz makinası, Şekil 2.8'de makina sonuçları ile laboratuvar sonuçlarının farklı veri işleme yöntemlerine göre kıyaslamaları gösterilmektedir. Farklı veri işleme sistemlerini kullanarak elde edilen sonuçların laboratuvar ve sahadaki ölçüm değerleri ile yakın ilişkili olduğunu gözlemlemişlerdir.



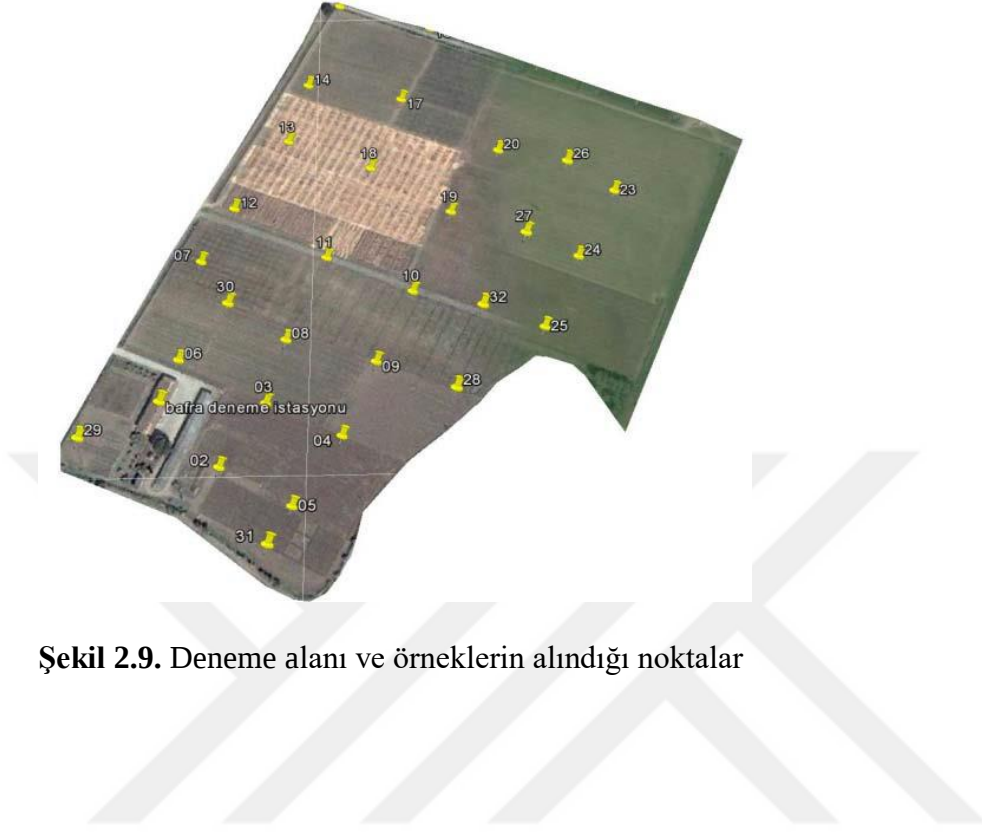
Şekil 2.7. GPS Destekli toprak nitrat azotu haritalama makinası **1)** Toprak örnekliyişi **2)** Toprak elevatörü, **3)** Nitrat Ölçümü **4)** Otomatik Kalibrasyon **5)** Kontrol Ünitesi **6)** Küresel Konumlama Sistemi (GPS)



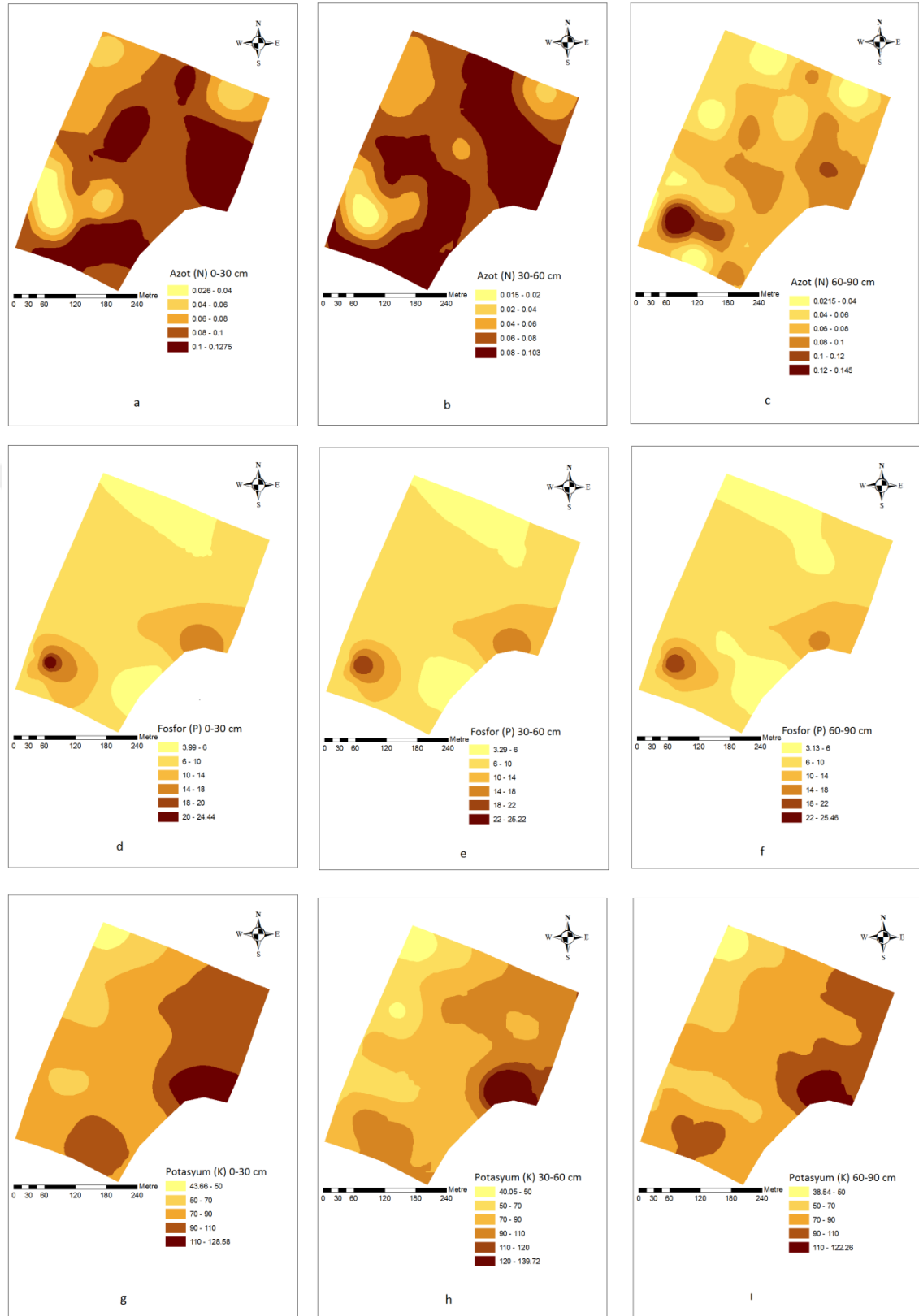
Şekil 2.8. Farklı veri işleme metotlarında makina ile laboratuvar nitrat ölçümleri arasındaki ilişki; **a)** Tam sayı veri işlemesi; **b)** gerçek sayı veri işlemesi; **c)** düzenlenmiş nem miktarı ile tam sayı veri işlemesi; **d)** düzenlenmiş nem miktarı ile gerçek sayı veri işlemesi

Temizel ve Koç (2015) yaptıkları çalışmada, örnekleme noktaları için ızgara tipi örnekleme yöntemi kullanmışlardır (Şekil 2.9). Azot (N), fosfor(P) ve potasyum (K)'un alansal dağılım haritaları ArcGIS 9.3 de Ordinary Kriging yöntemi kullanılarak hazırlanmış ve alanlar belirlenmiştir. (Şekil 2.10) Çalışma alanına geleneksel kullanımda verilmesi gereken gübre ihtiyacını belirlemek için, olması gerekli gübre miktarından, ortalama gübre miktarı çıkarılmıştır. Hazırlanan haritalar kullanılarak her bir sınıf

aralığının ortalaması ile araziye verilmesi gerekli gübre miktarları toplanarak fazla veya eksik gübre uygulanan alanlar ve gübre miktarları hesaplanmıştır.

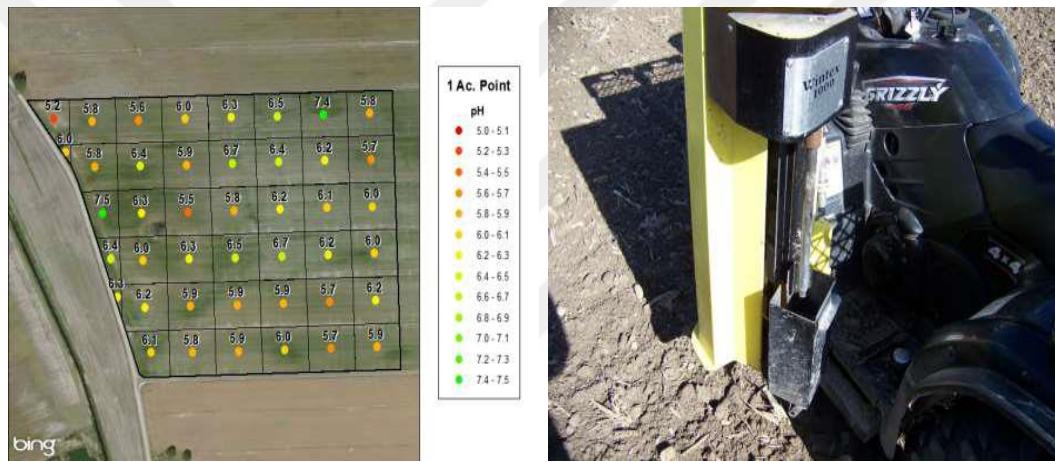


Şekil 2.9. Deneme alanı ve örneklerin alındığı noktalar



Şekil 2.10. Araştırma alanı azot, fosfor ve potasyum dağılım haritaları

Harrell (2014), ızgara yöntemiyle bölge bazlı toprak örnekleme metot ve işlem basamaklarından yararlanarak Kuzey Carolina’da toprak özelliklerini yansıtan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Toprak haritalamasında en iyi metot olarak 4 dönümlük ızgaralardan ortalama 6-10 örnekleme alınarak yapılan özellik haritası olduğunu ifade etmektedir. Büyük ölçekli arazilerde 4 dekarlık ızgaralardan toprak örneklerinin alınması için otomatik toprak örneği alma makinasının kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmasında ATV üzerine monte edilmiş hidrolik motorla çalışan prob uçlu Wintex 1000 isimli otomatik toprak örneği alma makinasını kullanmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarından arazinin pH değerlerini haritalandırmıştır. Şekil 2.11’de kullanılan toprak örnekleme makinası, elde ettiği pH haritası, Çizelge 2.1’de ızgaralamada altın standart diye ifade ettiği 4 dekarlık ızgaranın yüzde oranı olarak altında ve üstündeki alanlardan elde edilen pH değerleri yer almaktadır.



(a)

(b)

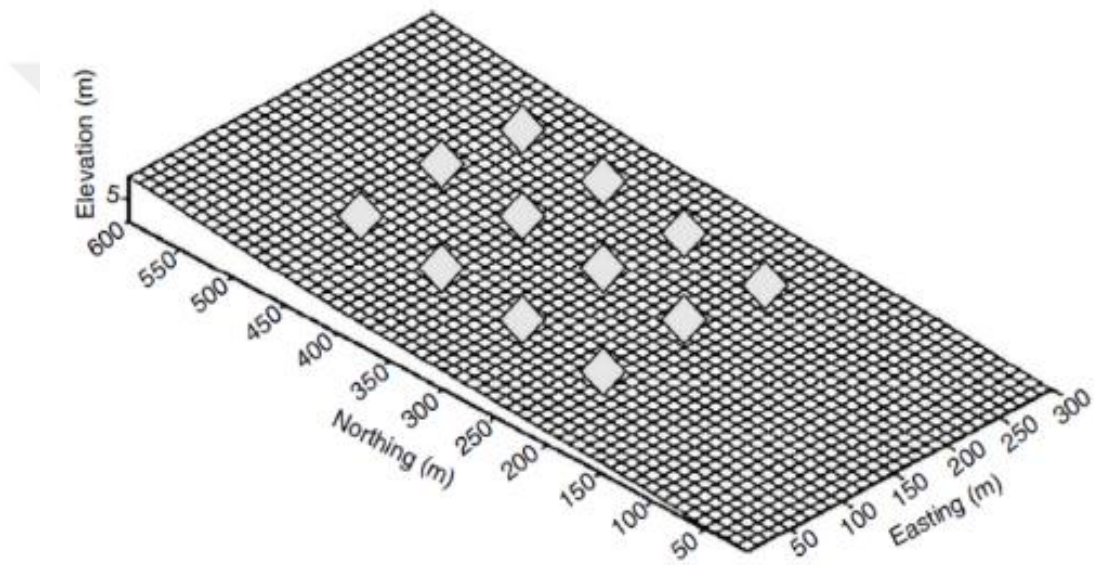
Şekil 2.11. a) 4 dekar ızgaralı pH haritası b) Otomatik toprak örneği alma makinası

Çizelge 2.1. Standart ızgaranın yüzde oranlarında elde edilen pH miktarları

Altın Standarda göre pH değişim değerleri	0,5 ve üstü	4,1	10,3	2,2	2,6	8,4	17,3	4,0	9,9	1,1
	0,3 ile 0,4	12,6	18,3	13,1	1,9	8,7	10,8	2,4	10,0	5,7
	0,1 ile 0,2	22,8	14,6	13,7	4,5	20,3	12,9	19,2	17,6	13,4
	0	15,2	6,9	8,6	12,4	10,1	7,4	9,8	5,1	11,3
	-0,2 ile -0,1	20,9	18,3	21,2	12,9	22,5	12,8	15,6	18,8	26,5
	-0,4 ile -0,3	7,6	11,4	13,5	13,9	15,7	23,3	13,0	14,1	18,6
	-0,5 ve altı	16,8	20,2	27,8	51,9	14,3	15,5	36,1	24,4	23,4

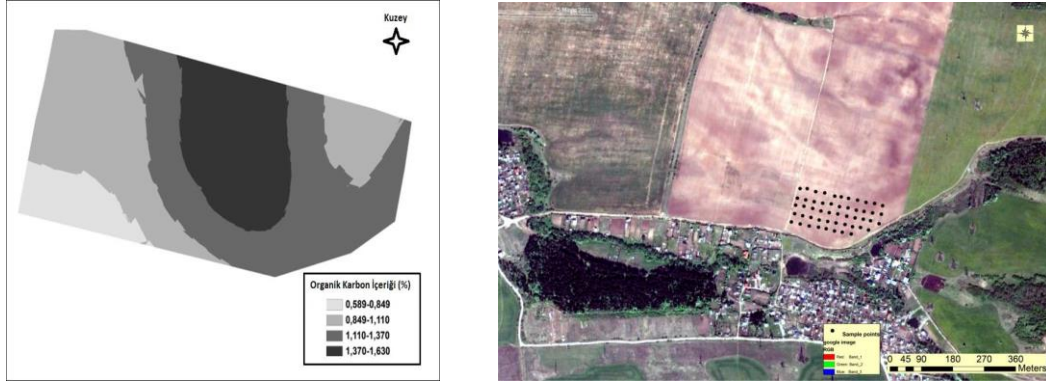
Hızal (1982) yapmış olduğu çalışmada toprak haritalarının oluşturulmasında, toprakların doğru bir şekilde incelenmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Toprak alma incelemelerinin profil çukuru, mini çukur ve burgu ile gerçekleştirilebileceğini ifade etmiştir.

Pennock vd. (2007) sistematik örnekleme işlemlerinde en çok kullanılan örnekleme metotlarından birini ızgaralama olarak ifade etmiştir. Ayrıca ızgara örnekleme tasarımının diğer tasarımlara göre çokça pahalı olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında ızgara tasarımında ızgara büyüklüğü yeterince küçültüldüğünde besin değişkenliğinin dağılımı hakkında ayrıntılı bilgi sağlayabileceğini tespit etmişlerdir. Şekil 2.12’de Pennock ve arkadaşlarının tanımladığı ızgara tasarımından örnek verilmiştir.



Şekil 2.12. Elmas şeklinde işaretlenmiş her bir noktadan toprak örneği haritası

Aşkın vd. (2014), Rusya’da Batı Urallar olarak adlandırılan Perm Bölgesi’nde Perm Devlet Tarım Akademisi arazilerinden toprak işlemeli tarım yapılan bir arazide toprak organik karbonunun uzaysal değişkenliğini değerlendirmek üzere jeostatistiksel teknikler uygulamışlardır. Yaklaşık 2,35 ha büyüklüğündeki bu arazi 25x25 m aralıklarla karelere bölünmüş ve 20 cm derinlikten 51 adet toprak örneği toplanmıştır. Çalışma alanının topraklarında, toprak reaksiyonu (pH) en az değişkenlik gösteren özellik iken; değişebilir potasyum en fazla değişkenlik gösteren toprak özelliği olmuştur. Örnekleme deseni gösteren harita ve nokta kriging ile tahmin edilen toprak organik karbonun değişim haritası Şekil 2.13’de gösterilmektedir.

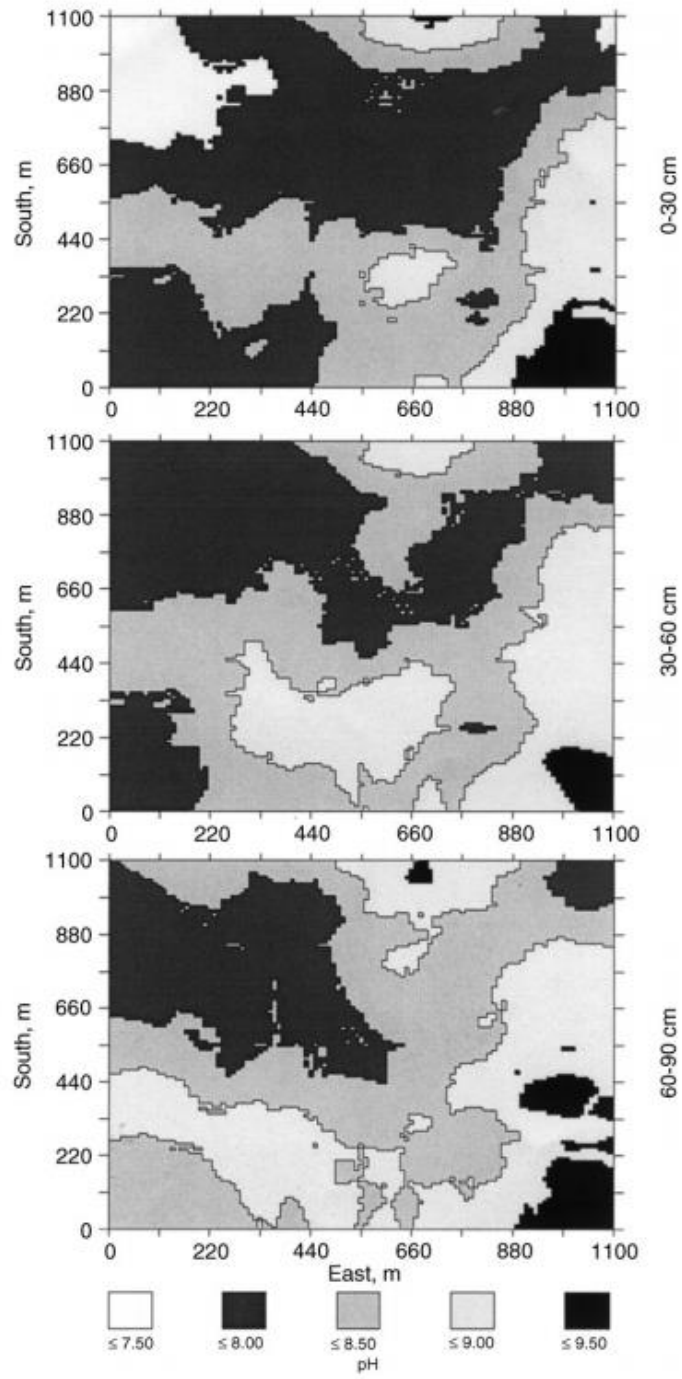


(a)

(b)

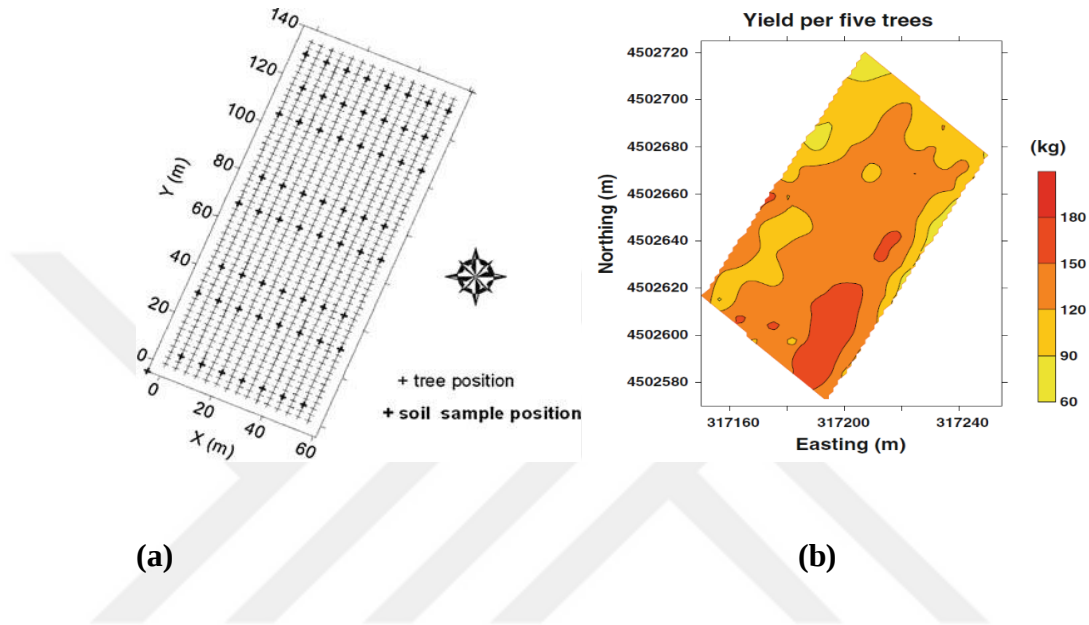
Şekil 2.13. a) Nokta kriging ile tahmin edilen toprak organik karbonun değişim haritası; **b)** Örnekleme deseni gösteren harita

Ardahanlıoğlu vd. (2003), Iğdır ilinin tarım arazilerinde sodyum yüzdesi, elektrik geçirgenliği ve pH değişim yüzdesi, bor içeriği ile sodyum ve tuzun etiklerini analiz eden bir çalışma gerçekleştirmiştir. 1000 m x 1000 m'lik bir alanı 100 m x 100 m'lik kare ızgaralara ayırmışlardır. Bu ızgaralardan 3 farklı derinlikte (0–30; 30–60; 60–90 cm) toprak örnekleri almışlardır. Izgaralandırılmış alanlarda toprağın uzamsal bağımlılığını belirlemek için deneysel variogramlar geliştirilmiştir. Toprak özelliklerini ilişkilendirmek ve harita üzerinde ortak dağıtımı yapabilmek için blok kriging analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmalar sonunda elde edilen toprak pH değerinin değişim dağılım haritası Şekil 2.14'te gösterilmektedir.



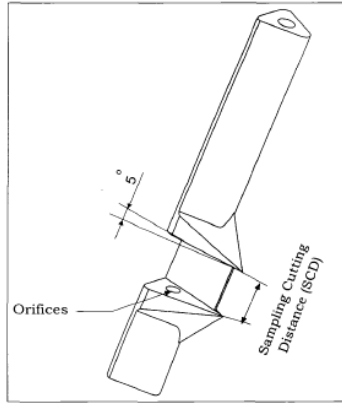
Şekil 2.14. Toprak pH değerinin değişim dağılım haritası

Aggelopoulou vd. (2010) 0,8 ha elma bahçesi üzerinde toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mekânsal değişkenliğini incelemişlerdir. Arazi üzerinden 0-30 cm ve 30-60 cm olmak üzere iki farklı derinlikte toplam 60 adet toprak örneğini analiz etmişlerdir. Örneklerin alındığı noktalar GPS ile konum bilgileri kaydedilmiştir. Toprak özellikleri ile 5 ağaçlık elma verimi ile ilişkilendirerek verim haritası oluşturmuşlardır. Şekil 2.15’de ızgaralandırılmış arazi üzerindeki örnek konumları ve verim haritaları yer almaktadır.

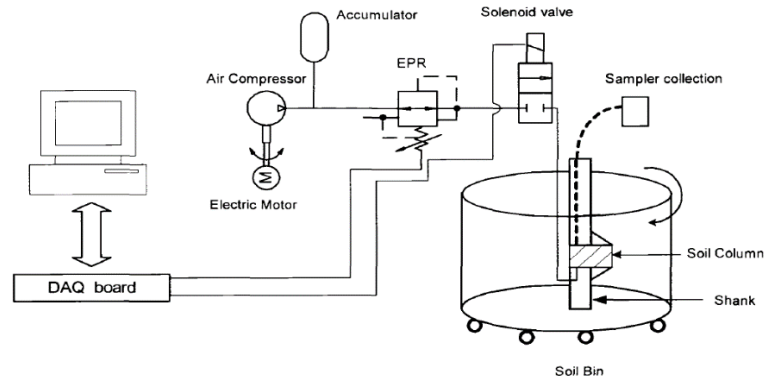


Şekil 2.15. a) Elma ağaçları ve toprak örneği pozisyonları; **b)** 2004 Yılında Red Chief çeşiti elma bahçesinin verim haritası

Yıldırım S. (2003) Elektropnomatik gerçek zamanlı toprak örnekleyici tasarımı geliştirmiş ve laboratuvar ortamında hareket kondisyonun testleri yapmıştır. Veri giriş çıkış uçbirimi kullanarak bilgisayara veriler alınmış ve iki yönlü pnömatik valflerin kontrolünü gerçekleştirmiştir. Laboratuvar ortamında yürütülen testlerde toprak nemi miktarını, hava basıncı ve darbe hızı süresi olmak üzere 2 değişken üzerinden ilişkilendirilmiştir. Örneklerde hassasiyet ve doğruluk için 2 ilerleme hızı üzerinden belirlenmiştir. Tasarlanan sistemde toprak nemi miktarının belirlenmesi için çalışma basıncının ve örnek kütle darbe süresinin ilişkisinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2.16’da tasarlanan sistemin şematik resmi görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 2.16. a) Toprak örnekleme ünitesi ; b) Örnekleme sisteminin genel görünüşü

Smith vd. (2017) toprak örneği almak için kullandıkları burgu ve onu döndüren elektrikli el aletinin, derinlik seviyesini ayarlanmamasından dolayı kullanım zorluğunu yaşamışlardır. Bu durumu ortadan kaldırmak adına 10 cm ve 20 cm olmak üzere 2 farklı yüksekliğe sahip yaklaşık 20 mm çapında PVC borudan burgu hizalayıcı imal edilmiş ve örneklerin biriktirildiği kaba monte etmişlerdir. Hizalayıcıların alt kısımlarında boru boyunca boşluklar açılması, burgunun taşıdığı toprağın toplama kabına aktarımını sağlamaktadır. Yapılan bu işlem burgunun sabit iki derinlikten toprak almasını oldukça kolaylaştırmıştır. Şekil 2.17’de Sweatless ismini verdikleri tasarımları görülmektedir.



(a)



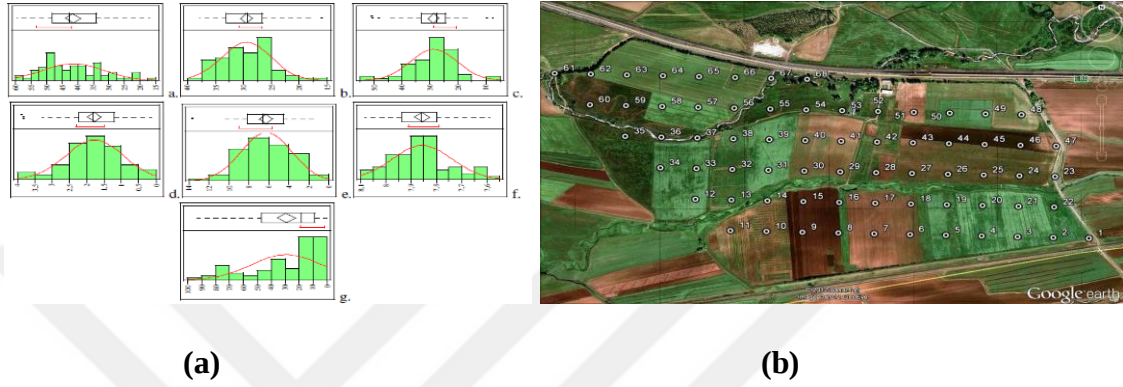
(b)



(c)

Şekil 2.17. a) 10 cm ve 20 cm uzunluktaki referans boru; b) Referans boru yardımıyla toprak numunesinin alınması; c) Alınmış toprak örneği görüntüsü

Turgut ve Öztaş (2012) yaptıkları çalışmada arazideki organik madde ve kireç içeriğini, pH ve fosfor miktarındaki jeoistatistiksel yaklaşımlarla belirlenmesi ve haritalanmasını hedeflemişlerdir. Arazinin 100 ha’lık bölümünde 100 m aralıklarla ızgaralar oluşturulmuş ve ızgaraların köşe noktalarından 20 cm derinlikten toplam 68 adet örnek almışlardır. Blok Kriging sayısal analiz tahmin modelini kullanarak dağılım haritaları oluşturmuşlardır. Yapılan çalışmanın arazideki dağılımı ve içerik değerlerin frekansları görülmektedir.(Şekil 2.18)



Şekil 2.18. a) İçerik değişkenlerin frekansları; b) Örnek noktalarının arazi üzerindeki dağılımları

Ünal ve Topakcı (2015) geliştirdikleri GPS yönlendirmeli robotta otonom hareketi sağlayabilmek adına koordinat verilerini elde etmek için Promark 500 GPS kullanmışlardır. Alıcı 75 kanal ve 20 Hz’e kadar veri çıkış hızına sahiptir. Alıcı, üzerine yerleştirilen telefon sim kartı yardımıyla Corse-TR (Continuously Operating Reference Stations - Turkey) sistemine bağlanarak düzeltme sinyallerini alabilmektedir Alıcıdan gelen verileri RS 232 portu ile 9600 baud haberleşme hızında kontrol bilgisayarına aktarmışlardır. Şekil 2.19’de GPS alıcısının mobil robot üzerindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 2.19. GPS alıcısının mobil robot üzerindeki yerleşimi

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Tasarımı gerçekleştirilen GPS destekli toprak örneği alma makinasını diğer çalışmalardan ayıran iki temel özellik bulunmaktadır. Birincisi diğer örneklerdeki gibi traktör yerine tarımsal işletmelerde gün geçtikçe kullanımı artan küçük ölçekli 4x2 arazi taşıtı tercih edilmiştir. Bu taşıtın en önemli tercih edilme sebebi traktöre göre çok daha küçük boyutlu oluşu, yakıt sarfıyatının çok daha az oluşudur. İkinci özellik ise alınan toprak numunelerinin istiflendiği otomatik olarak çalışan döner tabla yapısıdır. Döner tabla içerisinde yerleştirilmiş taşıma kutularına toprak numuneleri alınırken, toprağın alındığı yerin koordinat bilgisi, tabla sayısı ve kutu numarası da aynı anda mikro denetleyici devre üzerinde SD karta kaydedilmektedir. Bu işlemlerin bütünü daha hızlı toprak numunesi almayı, alınan numunenin daha etkin bir şekilde istiflenmesini, numunelerin laboratuvar ortamındaki analiz verilerinin hızlı ve kolay etiketlenmesini sağlamaktadır. Bu verilerin bilgisayar ortamına kolay ve hızlı aktarılarak, arazinin toprak özellikleri değişkenlik haritası çok daha hızlı ve etkili bir şekilde oluşturulmaktadır.

Geliştirilen makina iki ana kısımdan oluşmaktadır. Birincisi toprak örneğinin alındığı, dikey eksende kızaklar üzerinde hareket eden, toprak örneğini çıkartan burgunun bulunduğu bölümdür. Dikey eksendeki hareket ve burgunun dönme işlemleri 0,55 kW gücünde 2 adet elektrik motor ile gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölüm ise çıkartılan toprağın döner tabla üzerine istiflenmesidir. Bu bölümdeki hassas hareket için adım (step) motor kullanılmıştır. Bu iki bölümün kontrolü PLC (Programable Logic Control) ve EMS (Elektrik Motor Sürücüsü) ile gerçekleştirilmiştir. Koordinat bilgilerinin kayıt yapıldığı ve makinayla kullanıcı arasında ara yüzün çalıştığı ayrı bir bölüm bulunmaktadır. Bu bölümlerin tamamındaki hareketler elektrik enerjisi ile sağlanmaktadır. Yapılan toprak örneği alma işlemlerinden sonra numuneler analiz edilmiş, analiz sonucu veriler ile ArcGIS 10.5 programında arazinin koordinatları yardımıyla toprak değişkenlik haritaları oluşturulmuştur. Şekil 3.1’de tasarlanan sisteme ait bölümler ve kullanılan materyaller verilmiştir.

Mekanik

- 4*2 Arazi Taşıtı
- Makina gövdesi
- Dikey eksen hareket için lineer kızak ve rulmanları
- Toprak burgusu ve bağlantı ekipmanları
- Döner tabla

Elektrik

- Güç kaynağı ve gerilim dönüştürücü
- Kumanda panosu ekipmanları
- 2 Adet Asenkron Motor
- Adım (Step) Motor
- 24 V DA Güç kaynağı

Elektronik

- PLC
- Endüktif Senörler
- Elektronik Asenkron Motor Sürücüleri
- Step Motor Sürücüsü
- 2 Adet Arduino Mega 2560 bord
- Nextion 2,8" dokunmatik ekran
- GPS alıcısı
- Barkod okuyucu

Yazılımlar

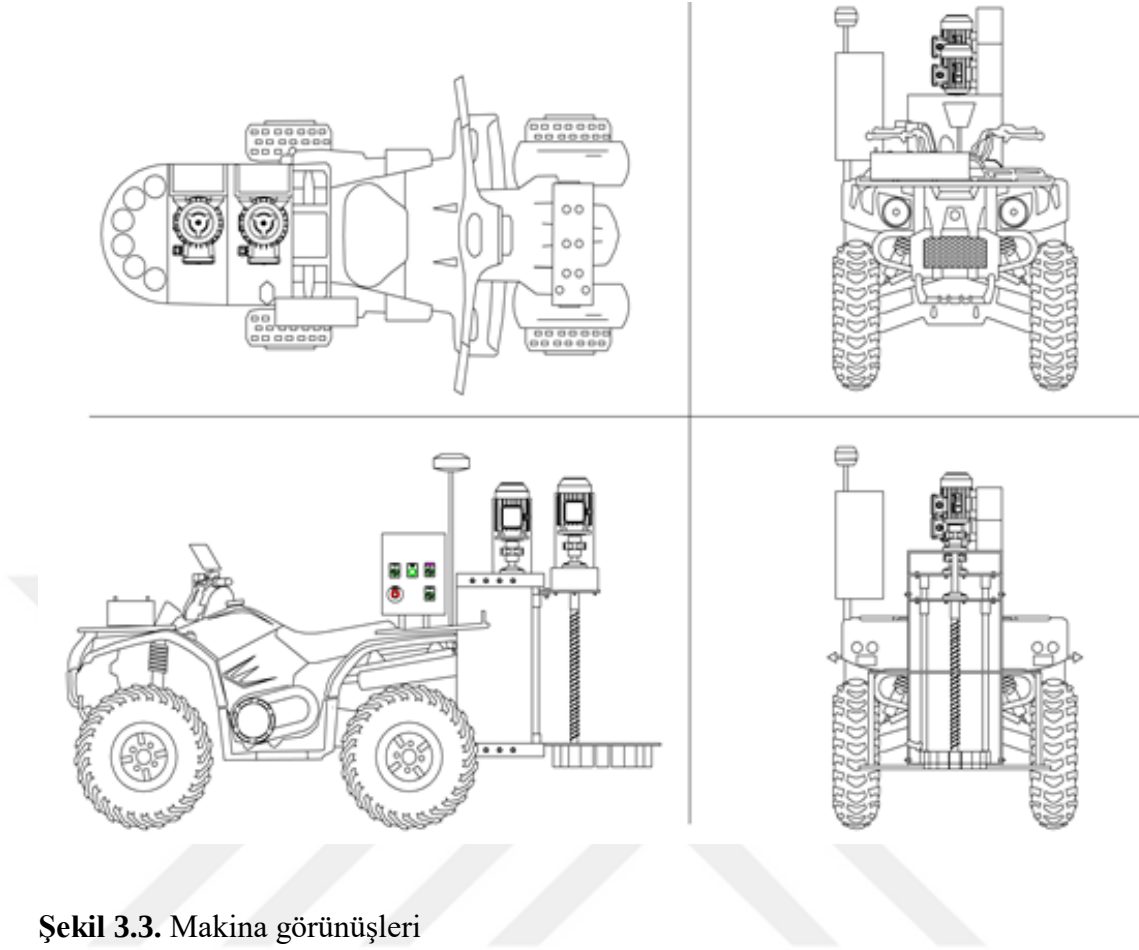
- ISPSOFT3.03 PLC programı editörü
- ArduinoIDE Arduino Mega 2560 editörü
- Nextion Editor dokunmatik ekran editörü
- Aschom GPS kurulum editörü
- ArcGIS 10.5 coğrafi özellikleri haritalama

Şekil 3.1 Tasarım için kullanılan materyaller

Tasarımı yapılan GPS Destekli Hareketli Bir Otomatik Toprak Örnek Alma Makinasının görünümü Şekil 3.2.'de, teknik resmi Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.2 GPS Destekli Hareketli Otomatik Toprak Örnek Alma Makinası



Şekil 3.3. Makina görünüşleri

3.1.2. Toprak özellikleri

Çalışma, buğday hasadı sonrası işlenmemiş bir tarlada yapılmıştır. Toprak bünyesi %22,72 Kum, %38 Silt, %39,28 Kıl olmak üzere Killi-Tın özelliğe sahiptir. Ortalama Nem içeriği % 8 ve Ortalama penetrasyon direnci 2,8 MPa olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Arazi taşıtı

Otomatik toprak örneği alma makinasının arazi üzerindeki hareketini sağlamak için Mondial marka T3 sınıfı traktör olarak ruhsatlandırılan 4x2 off-road arazi taşıtı kullanılmıştır. Arazi taşıtı Şekil 3.4'te ve teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Mondial Terratract 200 arazi taşıtı

Çizelge 3.1. T3 Sınıfı arazi taşıtı özellikleri

Veriler	Ölçüler
Motor Tipi	Tek Silindir, Dört Zamanlı
Motor Hacmi	177.3 cm ³
Silindir Çapı x Stork	62.50 × 57.80 mm
Sıkıştırma Oranı	10.0±0.1:1
Maksimum Güç	5.0 kW 4900 min ⁻¹
Maksimum Tork	10.10 Nm 4165 min ⁻¹
Şanzuman	Otomatik F/N/R
Boyutlar (UxGxY)	1820 x 1065 x 1290 mm
Tekerlekler Arası Mesafe	1080 mm
Yakıt Tankı Kapasitesi	6.6 ±0.2 L
Ağırlık	275 kg
Maksimum Taşıma Kapasitesi	296 kg
Frenler Ön/Arka	Disk / Disk
Frenleme Metodu (Ön/Arka)	El ve Ayak ile
Lastik (Ön/Arka)	21x7-10 / 22x10-10
Yakıt Tipi	Benzin
Soğutma Tipi	Hava Soğutma
Yağlama Tipi	Yağ Pompası

3.1.4. Makina gövdesi

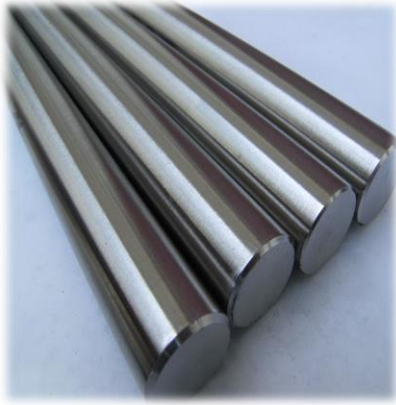
Otomatik toprak alma makinasının mekanik kısmında hareketli ünitenin monte edildiği ve arazi taşıtına montajlandığı sac malzemeden kıvrılarak elde edilmiş şasi gövdesidir. 35x45x35 cm U şeklinde 6 mm kalınlığında sacdan bükülerek elde edilmiştir. Uzunluğu 130 cm olan gövde üzerine rulmanlar ve motorlar M12 civatalar ile monte edilmiştir. Makina gövdesi Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5 Makina gövdesinin arazi taşıtı üzerinde montajı

3.1.5. Dikey eksen hareket için lineer kızak ve rulmanlar

Toprağa batma işleminin gerçekleşmesi burgunun ve bağlı olduğu tablanın dikey ekseninde hareketine destekleyen ve kılavuzluk eden kısımdır. 2 adet ön ve 2 adet arkada olmak üzere 4 adet CNC tezgahlarında kullanılan silindirik lineer kızaklar kullanılmıştır. Kızaklar 800 mm boyunda ve 30 mm çapındadır. Toprak burgusunun zorlanmadan silindirik kızaklar üzerindeki hareketi flanşlı lineer rulmanlar ile sağlanmıştır. Şekil 3.6 a, b,'de Lineer kızaklar ve flanşlı lineer rulmanlar gösterilmektedir..



(a)



(b)

Şekil 3.6. a) Lineer kızaklar; b) Flanşlı lineer rulman

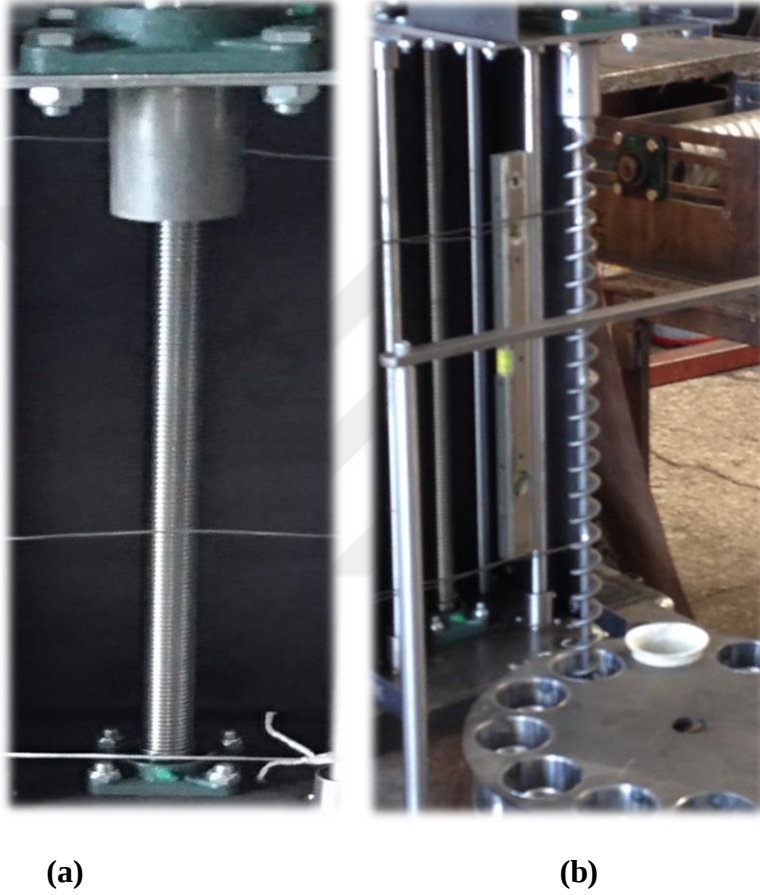
Rulmanlar ve kızakların gövde üzerine monte edilmiş durumu Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Gövde üzerindeki rulmanlı kızaklar

3.1.6. Toprak burgusu ve bağlantı ekipmanları

Toprak burgusu, toprağa batan ve toprağı kaplara dolduran elemandır. Toprak burgusunun uzunluğu 800 mm, çapı ise 30 mm'dir. Toprağa batma işlemini gerçekleştirebilmesi için uç kısmına elmas kesiciler kaynatılmıştır. Batma işlemi sırasında dışarıya çıkan toprak, burgunun helozonik yapısıyla döner tablada yer alan kaplara taşınmaktadır. Burgunun bağlı bulunduğu tabla dikey ekseninde hareket edebilmesi için vidalı mile rulman ile bağlanmıştır. Şekil 3.8'de burgunun bağlı olduğu yataklı vidalı mil ve toprak burgusu bağlantı ekipmanları görülmektedir.

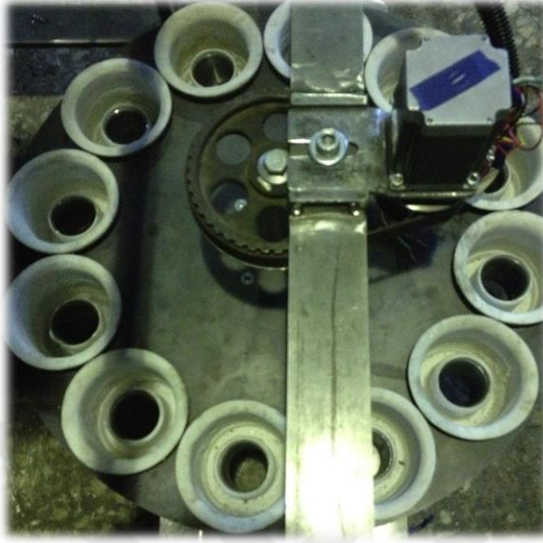


Şekil 3.8 a) Burgunun bağlı olduğu yataklı vidalı mil; b) Toprak burgusu

3.1.7. Döner tabla ve örnek kapları

Burgunun çıkardığı toprak örneği, döner tabla üzerindeki 12 adet 80x120 mm silindirik şeklindeki kutulara alınmaktadır. Kutuların merkez noktalarında burgunun geçtiği 30 mm çapında boşluklar bulunmaktadır. Kutular 2 mm et kalınlığında demir malzemeden imal edilmiştir. Kutuların içerisine, alınan toprak örneğinin kolay boşaltılabilmesi için fiberglas polyester karışımı 3 mm kalınlığında kaplar yerleştirilmiştir. Kapların üzerinde sadece ilgili kaba ait barkod numarası bulunmaktadır. Toprak örneklerin istiflendiği kapların şekli altındaki silindirik metal yapıyla aynıdır.

Döner tabla, toprak örnek alma işlemi tamamlandıktan sonra bir sonraki örnek için boş kabı adım motorla döndürülerek hazırlanmaktadır. Şekil 3.9’da döner tabla ve üzerindeki kaplar gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Döner tabla ve örnek kapları

3.1.8. Güç kaynağı ve gerilim dönüştürücü

Sisteminin çalışması için gerekli güç kaynağı olarak 2 adet 12 Volt 150 A/h sulu kurşun asit akü kullanılmıştır. Akülerin çıkış gerilimi sistemin çalışması için gerekli gerilim seviyesini karşılamadığı için 12 V DA giriş 220 V AA sinüsoidal çıkış gerilimi olan 3000 W gücünde dönüştürücü kullanılmıştır. 220 V AA gerilim güç kablosu ile ana kontrol panosuna aktarılmıştır. Şekil 3.10’da akü ve dönüştürücü gösterilmektedir. Dönüştürücü özellikleri Çizelge 3.2.’de gösterilmektedir.



(a)



(b)

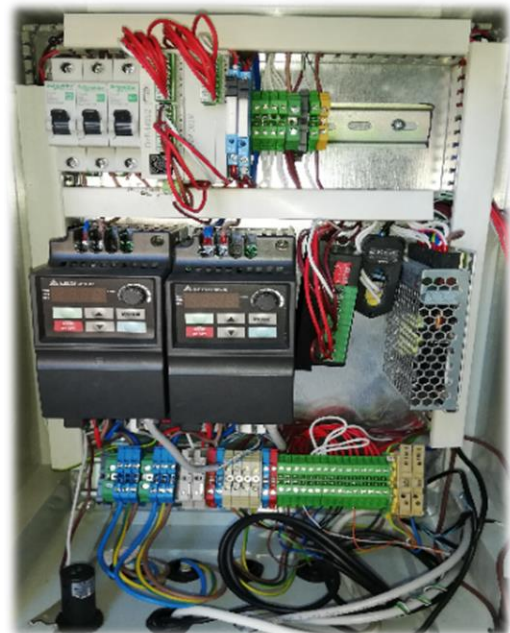
Şekil 3.10. a) Sulu kurşun asit akü; b) 12V DA – 220V AA Dönüştürücü

Çizelge 3.2. DA-AA Dönüştürücü Özellikleri

Model	SK3000
Güç	3000 W
Demeraj Gücü	6000 W
Giriş Gerilimi	12VDA / 24VDA / 48VDA
Çıkış Gerilimi	220V / 230V / 240VAC
Verim	% 88-94
Frekans	50 / 60 Hz
Toplam Harmonik Distorsiyon (THD)	< %3
Çıkış Dalga Şekli	Tam Sinüs
Boyutlar (G x D x Y)	452 x 208 x 166 mm
Ağırlık	9,8 kg
Sertifikalar	UL / e-13 / CE / FCC onaylı

3.1.9. Kumanda panosu ve ekipmanları

Otomatik toprak örneği alma makinasında, tüm sistemin elektrik ihtiyacının kontrol edildiği 40x30x22 cm ölçülerine ve IP55 koruma sınıfına sahip plastik pano yer almaktadır. Pano içerisinde dışarıdan gelen kabloların bağlandığı klemens grubu, devre koruyucu sigortalar, 24V DA elektronik güç kaynağı, 5V DA güç kaynağı, PLC, EMS, adım motor sürücüsü ve çeşitli pano montaj ekipmanları bulunmaktadır. Şekil 3.11’de kumanda panosu ve ekipmanları yer almaktadır.

**(a)****(b)****Şekil 3.11. a) Kumanda panosu; b) Kumanda panosu ekipmanları iç görünüş**

3.1.10. Asenkron motor

Toprak örneği alma makinasında 2 adet Asenkron motor kullanılmıştır. Birincisi toprak burgusunu çalıştıran, ikincisi burğu ve tablanın dikey ekseninde hareketini sağlayan motordur. Her iki motorda benzer etiket değerlerine sahiptir. Giriş gerilimleri 380V AA, 0,55 kW gücünde, 750 min⁻¹ hızında, IP 55 koruma sınıfına sahip gövdeden ayak montajlı 50 Hz alternatif gerilimde indüksiyon prensibine göre çalışan motorlardır (Şekil 3.12). Kullanılan motorların teknik özellikleri Çizelge 3.3.'te verilmektedir.



Şekil 3.12. Asenkron motor

Çizelge 3.3. Asenkron motor teknik özellikleri

Anma Gücü	0,75 kW
Devir Sayısı	700 rpm
Anma Akımı	2,4 A
Tork	10,23 (Nm)
Cos φ	0,63
Çalışma Gerilimi	3-Faz 230/380 V
Çalışma Sınıfı	S1
Koruma Derecesi	IP 65
Montaj Şekli	B3

3.1.11. Adım (Step) motor

Döner tabla üzerindeki kutuların, burğu eksenine gelebilmesi için gerekli hassas dönüş hareketini step motor gerçekleştirmektedir. NEMA 23 ölçülerinde step motor kullanılmıştır. Motor 360° dönüş hareketini 200 adımda tamamlamaktadır. Step motorun döndürme momentini arttırmak için 1/10 oranında boşluksuz redüktör kullanılmıştır. Ayrıca redüktör mili ile dönen tablaya bağlı eksen mili arasında 1/2 ölçü oranında 2 adet kramiyer dişli ile kayış kullanılmıştır. Şekil 3.13'de step motor ve ekipmanları görülmektedir. Step motoru teknik özellikleri Çizelge 3.4'te gösterilmektedir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 3.13. a) NEMA 23 Step Motor ; b) 1/10 Oranlı Redüktör ; c) Kremiyer dişli ve kayış

Çizelge 3.4. Step motor teknik özellikleri

Adım Derecesi	$1,8^{\circ} \pm 5\%$
Faz Sayısı	4
Anma Akımı	3 A
Anma Gerilimi	3,6 V
Tork	21 kg.cm
Yalıtım Sınıfı	B

3.1.12. 24 V DA Güç adaptörü

PLC ve çevre ekipmanlarını beslemek için 85~264 VAA giriş, 21.6~28.8 V DA çıkış aralığına sahip 108 W gücünde, 4,5 A akım üretebilen SMPS AA/DA güç adaptörü kullanılmıştır (Şekil 3.14).

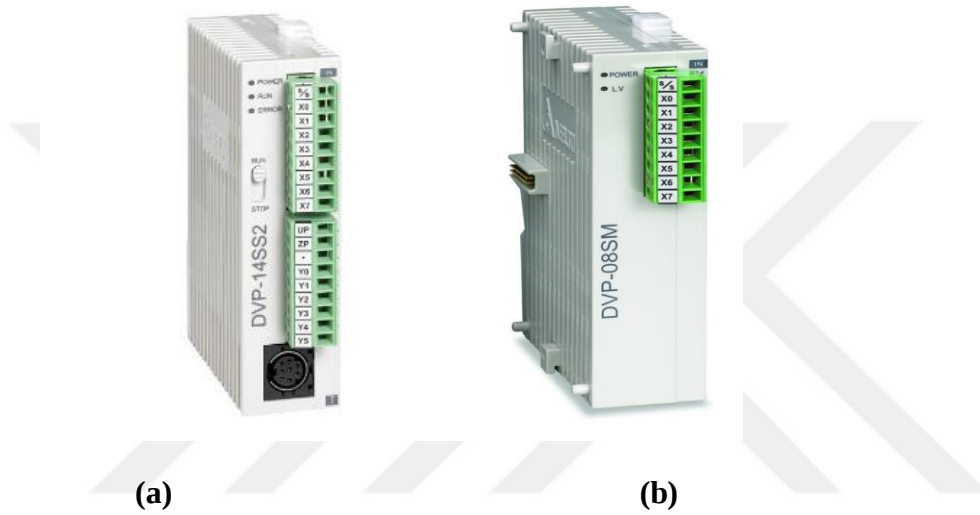


Şekil 3.14. SMPS AA/DA güç adaptörü

3.1.13. PLC (Programable Logic Control)

Sistemin genel kontrolünü sağlamak için DVP14SS211T Delta marka PLC kullanılmıştır. 24 V DA giriş gerilimine sahiptir. Yaklaşık 10 W enerji tüketmektedir. CPU üzerinde 8 adet NPN transistör dijital giriş, 6 adet NPN transistör dijital çıkış

bulunmaktadır. İlave olarak DVP-08SM 8 adet NPN transistör dijital giriş modülü kullanılmıştır. Çevre ekipmanlardan 24 V DA sinyal seviyesinde elektriksel bilgi almaktadır. Dahili hafızasında 8 kB program kapasitesi, 5 kB data alanı mevcuttur. Temel komutları ($0.35 \sim 1 \mu s$), data aktarma komutlarını ($3.4 \sim 1 \mu s$) hızlarında işleyebilmektedir. Dahili RS-232 ve RS-485 portları mevcuttur. EMS'ler ile RS-485 bağlantısı kullanılarak standart Modbus RTU haberleşme protokolü üzerinden haberleşme gerçekleştirmektedir. 4 adet 10 kHz yüksek hızlı pulse çıkış kanalı bulunmaktadır. Adım motor kontrolü için sürücüsüne 1 kanal üzerinden değişen hızlarda ve sayıda pulse gönderilmektedir. PLC'de çalışan kontrol programı DELTA firmasının kullanıcılar için sunmuş olduğu ISPSOft editöründe hazırlanmıştır. Şekil 3.15'te PLC ve ilave modülü görülmektedir.



Şekil 3.15. a) DVP14SS211T Delta PLC; b) DVP-08SM Delta ilave giriş modülü

3.1.14. Endüktif sensörler

Toprak Burgusunu dikey ekseninde hareket ettiren sistemin pozisyon bilgilerini elde etmek için metale duyarlı 3 adet Leuze ISS 112MM/2NC-4E0-M12 endüktif sensör kullanılmıştır (Şekil 3.16). Sensörler, PLC ye bilgi göndermek için NPN transistör ile anahtarlama yapmaktadır. Teknik özellikleri Çizelge 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Leuze ISS 112MM/2NC-4E0-M12 Endüktif sensör

Çizelge 3.5. Endüktif sensör teknik özellikleri

Tip. sınır mesafesi S_n	4 mm
İşletme bölgesi S_a	0 ... 3,2 mm
Besleme gerilimi U_B	10 ... 30 V, DA
Artık dalgalanma	10 %, U_B
Açık devre akımı	0 ... 10 mA
Sıcaklık kayması, maks. (% cinsinden başlangıç S_r)	10%
Tekrar edilebilirlik, maks. (% cinsinden başlangıç S_r)	1%
Anahtarlama histerezi	15%
Voltaaj türü	DA
Anahtarlama akımı, maks.	200 mA
Artık akım, maks.	0,01 mA
Anahtarlama elemanı	Transistör, NPN
Anahtarlama prensibi	Açıcı (NC)
Anahtarlama frekansı	3.000 Hz

3.1.15. Elektronik asenkron motor sürücüleri

Makina üzerinde kullanılan asenkron motorlarda hız kontrolünü gerçekleştirmek için DELTA VFD007EL21A elektronik motor sürücü kullanılmıştır (Şekil 3.17). Sürücü uygulanabilir maksimum motor çıkış gücü 0,75 kW'tır. Elektriksel girişi akü üzerindeki DA-AA dönüştürücü üzerinden yapılmaktadır. Motor sürücüleri, 1 dakika süresince oransal akımın %150'sine dayanabilmektedir. Sürücülerin çalışma frekansı ve komutları dijital tuş takımı, potansiyometre ve RS-485 seri haberleşme (Modbus) üzerinden yapılabilmektedir. Sistemde, sürücüler PLC ile RS485 Modbus protokolü üzerinden start-stop ve frekans bilgilerini alarak, PLC'ye çıkış akımı bilgisi göndermektedir. Sürücünün teknik özellikleri Çizelge 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Elektronik asenkron motor Sürücüsü

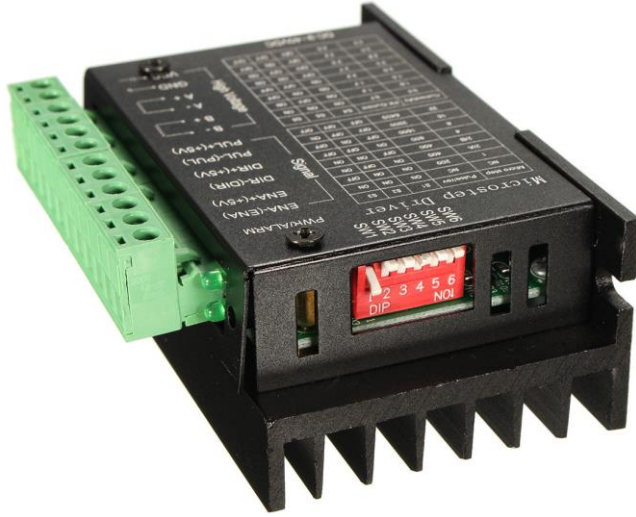
Çizelge 3.6. Elektronik asenkron motor Sürücüsü teknik özellikleri

Gerilim Sınıfı	230 V
Uygulanabilir Maximum Motor Gücü (kW)	0,75
Uygulanabilir Maximum Motor Gücü (HP)	1
Anma Çıkış Gücü (kVA)	1,6
Anma Çıkış Akım (A)	4,2
Maximum Çıkış Gerilimi (V)	3 Fazlı Sistemlere Uygun
Maximum Çıkış Frekansı (Hz)	0,1- 600 Hz
Taşıyıcı Frekans (kHz)	2 - 12 kHz
Anma Giriş Akım (A)	9,5
Anma Giriş Gerilim/Frekans	1 Fazlı,200-240 V,50/60 Hz
Gerilim Toleransı	± 10 %
Soğutma Şekli	Dahili Fan
Ağırlık (kg)	1,2

3.1.16. Step motor sürücüsü

Açısal hareketi adımlar halinde gerçekleştiren motorları kontrol eden elektronik devredir. Sistemde, Microstep Driver elektronik motor sürücü kullanılmıştır. Sistemimizde step motor sürücüsü, PLC'den gelen 5 V DA kare dalga sinyallerini sayısına ve gelme hızına göre değerlendirip, step motor sargılarını enerjilendirerek açısal

hareketini sağlamaktadır. Sürücü PLC'den 20 kHz hızına kadar referans sinyali alabilmektedir. Şekil 3.18'da elektronik motor sürücüsü gösterilmiştir. Sürücünün teknik özellikleri Çizelge 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Step motor elektronik sürücüsü

Çizelge 3.7. Step motor sürücüsü teknik özellikleri

Gerilim Sınıfı	12-48V DA
Komut Gerilimi	5-24 V DA
Referans Sinyal hızı (kHz)	20
Anma Çıkış Akım (A)	0,2 ~ 5
Maximum Çıkış Gerilimi (V)	2 Fazlı 12-48V DA
Bir tur adım sayısı	200,400,800,1600
Adım darbe süresi	200 ms
Ağırlık (kg)	0,5

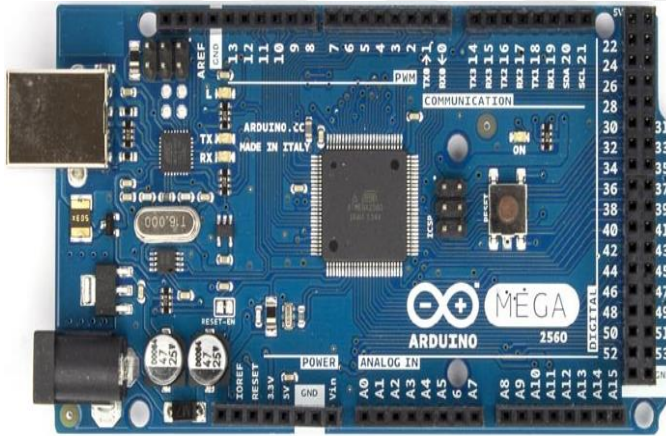
3.1.17. Ardiuno Mega 2560

Ardiuno Mega 2560 üzerinde ATmega2560 mikrodnetleyici bulunan elektronik geliştirme kartıdır. Teknik özellikleri Çizelge 3.8'de gösterilmektedir. Sistemde 2 adet Ardiuno Mega 2560 kullanılmıştır. Birincisi makina ile kullanıcı arasında ara yüzü sağlayan kontrol panelinin üzerinde monte edilmiş butonların ve USB ile haberleşen barkod okuyucunun bağlı olduğu Ardiuno Mega 2560'tır. İkincisi kontrol panel üzerinde bulunan 2,8" dokunmatik ekrandan kayıt bilgileri alarak, ekrana durum bilgisi göndermektedir. Ayrıca ikinci Ardiuno kartı GPS' ten NMEA 0183 protokolünde konum bilgisi alarak barkod numaraları ile birlikte panelden girilen bilgileri SD karta kayıt

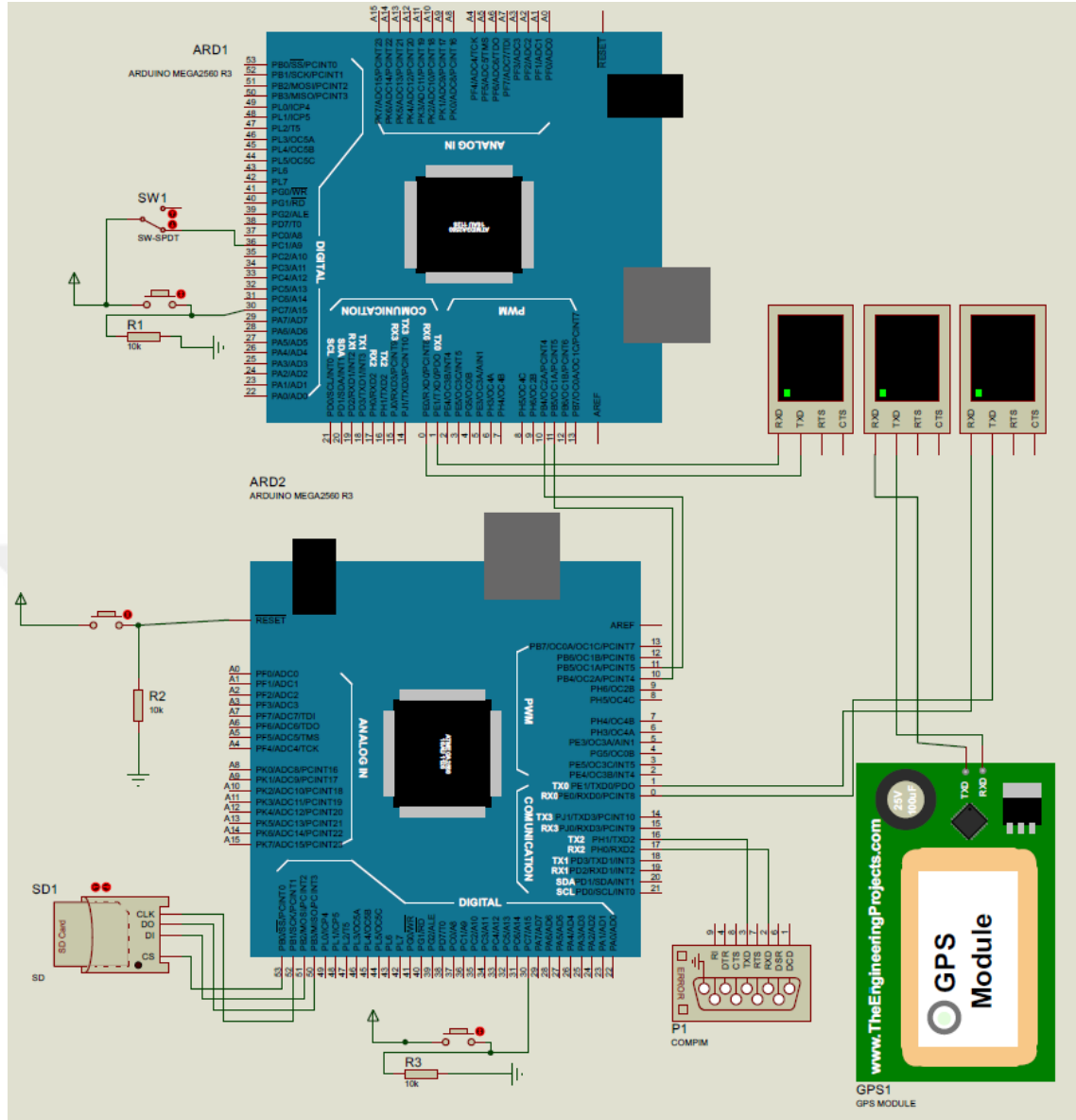
etmektedir. Bu iki Arduino kart birbiri ile RS232 haberleşme protokolü üzerinden haberleşmektedir. Şekil 3.19’da Arduino Mega 2560 ve Şekil 3.20’de sistemdeki bağlantıları gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Arduino Mega 2560 Teknik özellikleri

Mikrodenetleyici	ATmega2560
Çalışma gerilimi	+5 V DA
Tavsiye edilen besleme gerilimi	7 - 12 V DA
Besleme gerilimi limitleri	6 - 20 V
Dijital giriş / çıkış pinleri	54 tane (15 tanesi PWM çıkışını destekler)
Analog giriş pinleri	16
UART (seri port) girişi	4
Giriş / çıkış pini başına düşen DA akım	40 mA
3,3 V pini için akım	50 mA
Flash hafıza	256 KB (8 KB bootloader için kullanılır)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Saat frekansı	16 MHz



Şekil 3.19. Arduino Mega 2560



Şekil 3.20. Kontrol paneli içerisindeki Ardiuno Mega’lar ile SD Card ve GPS’in bağlantı şeklidir

3.1.18. Nextion HMI 2,8" dokunmatik ekran

Kullanıcı ile makina arasında arayüz olarak kullanılan 2,8 inç ölçüsünde TFT sıvı kristal yapıda dokunmatik ekrandır (Şekil 3.21). Ardiuno kartı ile UART arabirimi aracılığı ile haberleşmektedir. Dahili 1024 Byte EEPROM, 3584 Byte RAM ile 16MB Flash’a sahiptir. 320 x 240 Çözünürlük ile RGB 65K gerçekçi renkler gösterebilmektedir. 5 V besleme gerilimine sahip ve 500 mA akım çekmektedir.



Şekil 3.21. 2,8" Nextion HMI TFT ekran

3.1.19. GPS alıcısı

Toprak örneği alma işlemleri yapılan arazinin değişkenlik haritalarının oluşturulabilmesi için, toprak örneğinin alındığı noktanın, coğrafi koordinat verisinin alınması gerekmektedir. Bunun için makina üzerine Promark 500 GPS alıcısı monte edilmiştir (Şekil 3.22). GPS alıcısı, 20 Hz hıza kadar veri gönderme özelliğine sahiptir. Alıcı, üzerine yerleştirilen mobil sim kartı yardımıyla Corse-TR (Continuously Operating Reference Stations - Turkey) sistemine bağlanarak düzeltme sinyallerini alabilmektedir. Alıcı oluşturduğu konum bilgilerini farklı birimlere USB, Bluetooth, ve RS-232 bağlantı protokollerini kullanarak NMEA 0183 standartlarında gönderebilmektedir. Sistemde RS-232 portundan 9600 baud haberleşme hızında konum bilgilerini Arduino MEGA 2560 kontrolörüne alınmaktadır.



Şekil 3.22. Promark 500 GPS alıcısı ve SIM kart yerleşimi

3.1.20. Barkod okuyucu

Alınan toprak örneklerinin kayıt bilgilerini düzenli olarak kaydetmek ve karışıklıkları önlemek için numunenin toplandığı kap barkodlanmıştır. Döner tabla üzerinde yer alan kapların üzerindeki barkodları okuyabilmek için Zebex Z-3220 barkod okuyucu kullanılmıştır. Şekil 3.23’de barkod okuyucu gösterilmektedir. Ürünün özellikleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Zebex Z-3220 marka barkod okuyucu

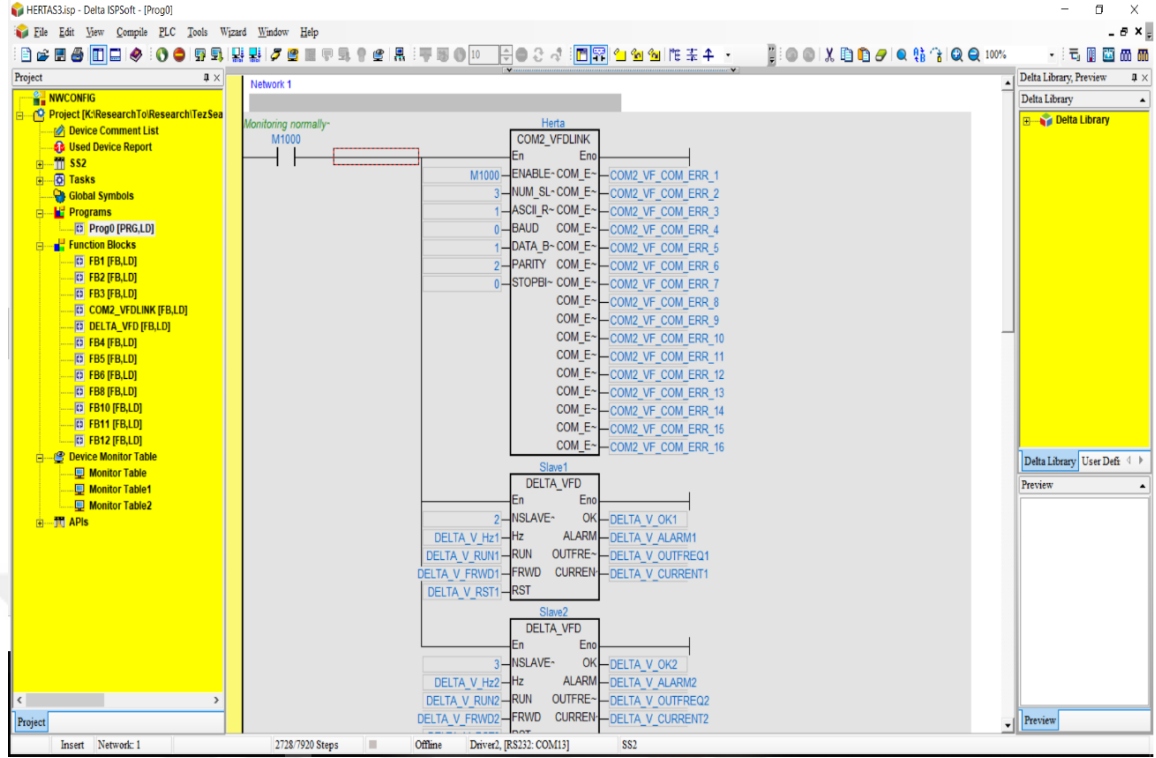
Veriler	Ölçüler
Işık kaynağı	625 nm görülebilir LED
Optik Sistem	2.500 piksel Linear Sensör
Mikro işlemci	32 Bit
Tarama Uzaklığı	0 ~ 90 mm (0,33 mm, PCS=90%)
Tarama Hızı	150 tarama/saniye
Minimum Bar Genişliği	0,0762 mm (3 mil) @ PCS 90%
Baskı Kontrastı	30% @UPC/EAN, 100%
Göstergeler (LED)	2 Renk LED
Ses Tonu	Programlanabilir beep tonu ve süresi
Sistem Arabirimleri	Klavye, RS-232, HID USB, USB Virtual COM, Wand, OPOS ve JPOS
Fiziksel	
Yükseklik	161,5 mm
Derinlik	72,5 mm
Genişlik	55,2 mm
Ağırlık	91 g (Kablosuz)
Kablo	Standart 2 metre düz kablo
Elektriksel	
Giriş Voltajı	5 VDA ($\pm\%10$)
Tüketim Değerleri	Çalışma Modunda: 90 ~ 150 mA Bekleme Modunda: 55 mA



Şekil 3.23. Zebex Z-3220 marka barkod okuyucu

3.1.21. ISPSOft3.03 PLC programı editörü

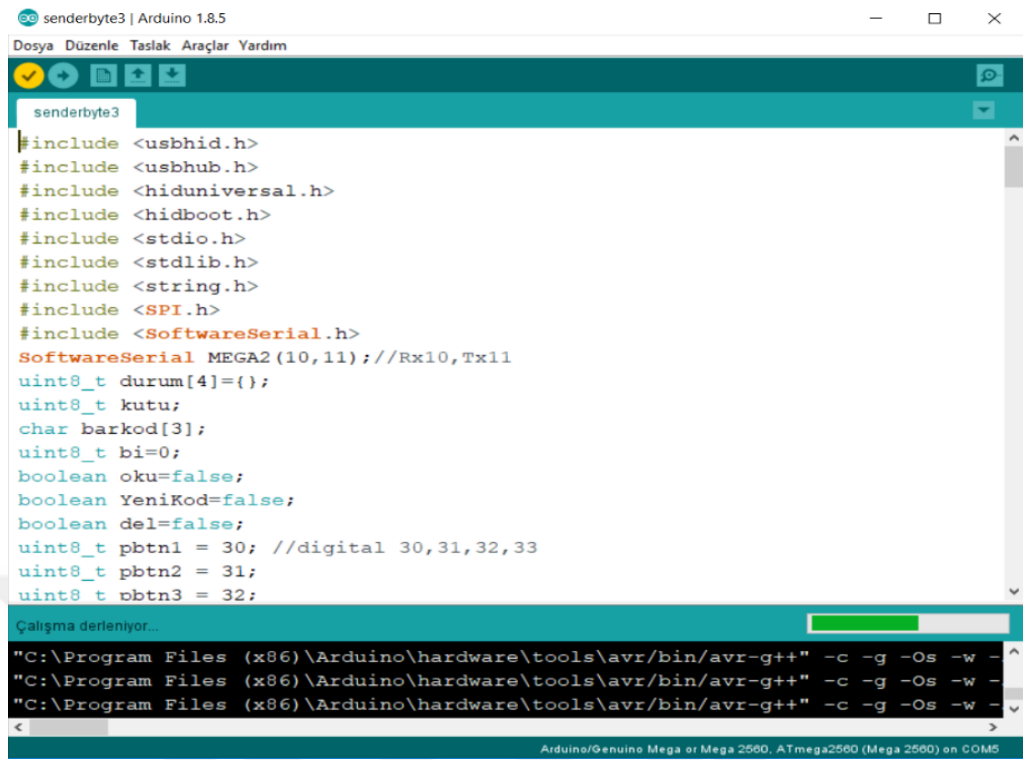
ISPSOft3.03 PLC programı editörü, uluslararası Delta Elektronik firmasının 2010 yılında elektronik otomasyon sektörüne sunmuş olduğu PLC programlama programıdır. IEC 61131-3 standartlarında ladder diyagram ve fonksiyon blokları tasarımı programlama dillerini desteklemektedir. Program üç ana kısımdan oluşmaktadır. 1. Kısım, projenin ve içerisindeki donanımların tanımlamasının yapıldığı kısımdır. 2. Kısım, yazılımın yapıldığı ana bölümdür. 3. Kısım, programlama için gerekli olan temel ve Delta firması tarafından kullanıma sunulmuş fonksiyonların yer aldığı bölümdür. Şekil 3.24'te ISPSOft3.03 programının çalışma sayfası görülmektedir.



Şekil 3.24. ISPSOft3.03 Programının çalışma sayfası görünümü

3.1.22. ArduinoIDE Arduino Mega 2560 editörü

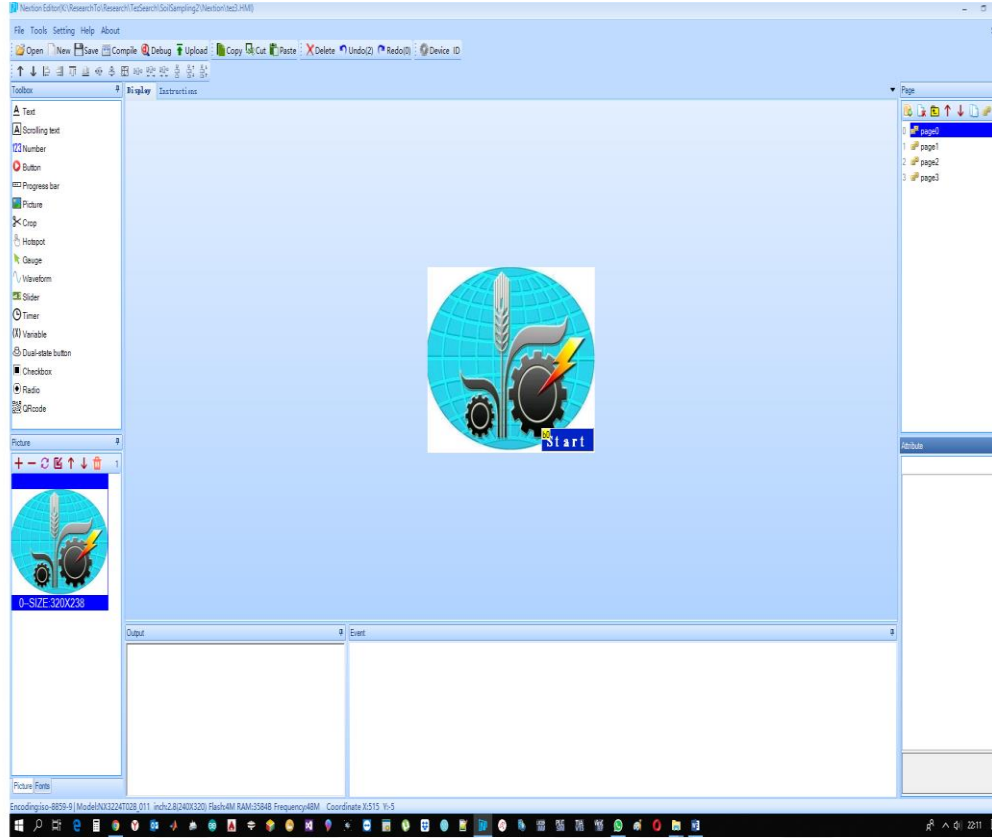
ArduinoIDE, açık kaynaklı kod editörü ve derleyicisi olarak görev yapmaktadır. Bununla birlikte derlenen kodları uygulama kartına yükleme işlemini de yapabilmektedir. ArduinoIDE editörü Java programlama dilinde yazılmıştır. Program kendine ait kütüphaneler barındırmaktadır. Bu kütüphaneler açık kaynak kodlu olarak internet ortamından elde edilebilmektedir. Tasarımda Arduino Mega 2560 uygulama setini programlamak için sürüm 1.8.5 kullanılmıştır. Şekil 3.25'te programın çalışma sayfası görülmektedir.



Şekil 3.25. ArduinoIDE 1.8.5 Programının çalışma sayfası görünümü

3.1.23. Nextion Editor dokunmatik ekran editörü

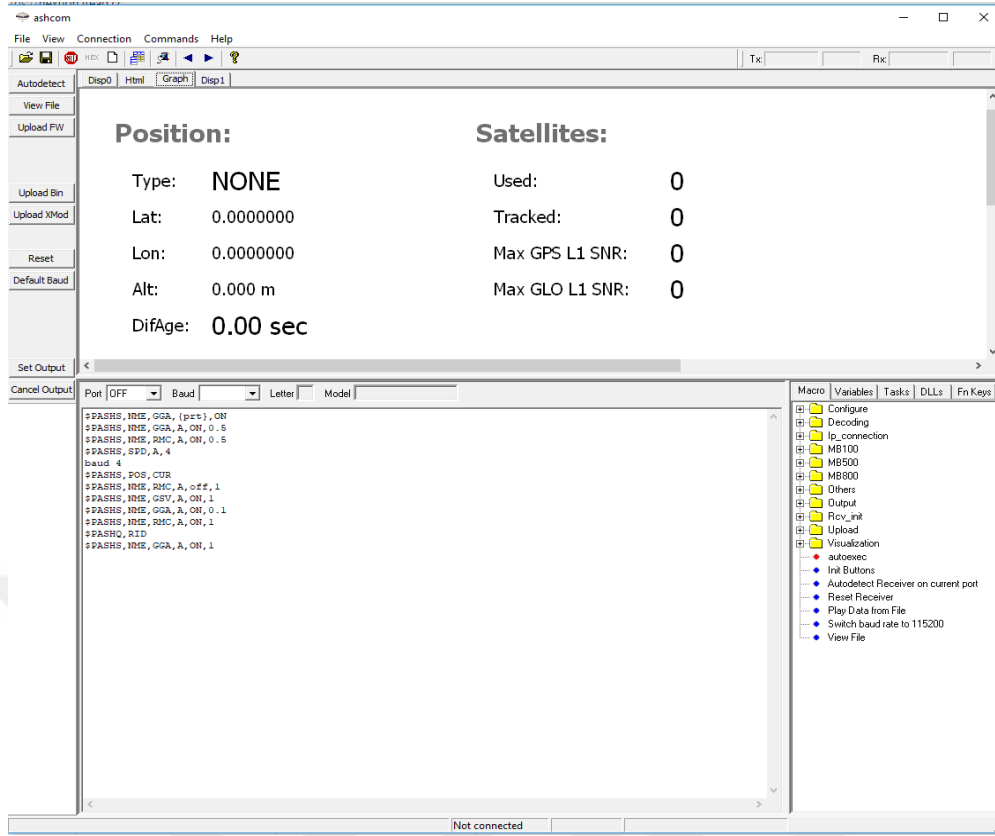
Dokunmatik ekranda insan makina ara yüzü tasarımının yapıldığı editör programdır. Ayrıca program ile dokunmatik ekrana RS-232 üzerinden yükleme yapılabilmektedir. Açık kaynak kodlu olup Nextion firması tarafından kullanıcılara ücretsiz olarak kullanımına sunulmuştur. Tasarım sırasında sürüm 0.53 kullanılmıştır. Şekil 3.26'te Nextion editörünün çalışma sayfası görülmektedir.



Şekil 3.26. Nextion editörünün çalışma sayfası görünümü

3.1.24. Aschom GPS kurulum editörü

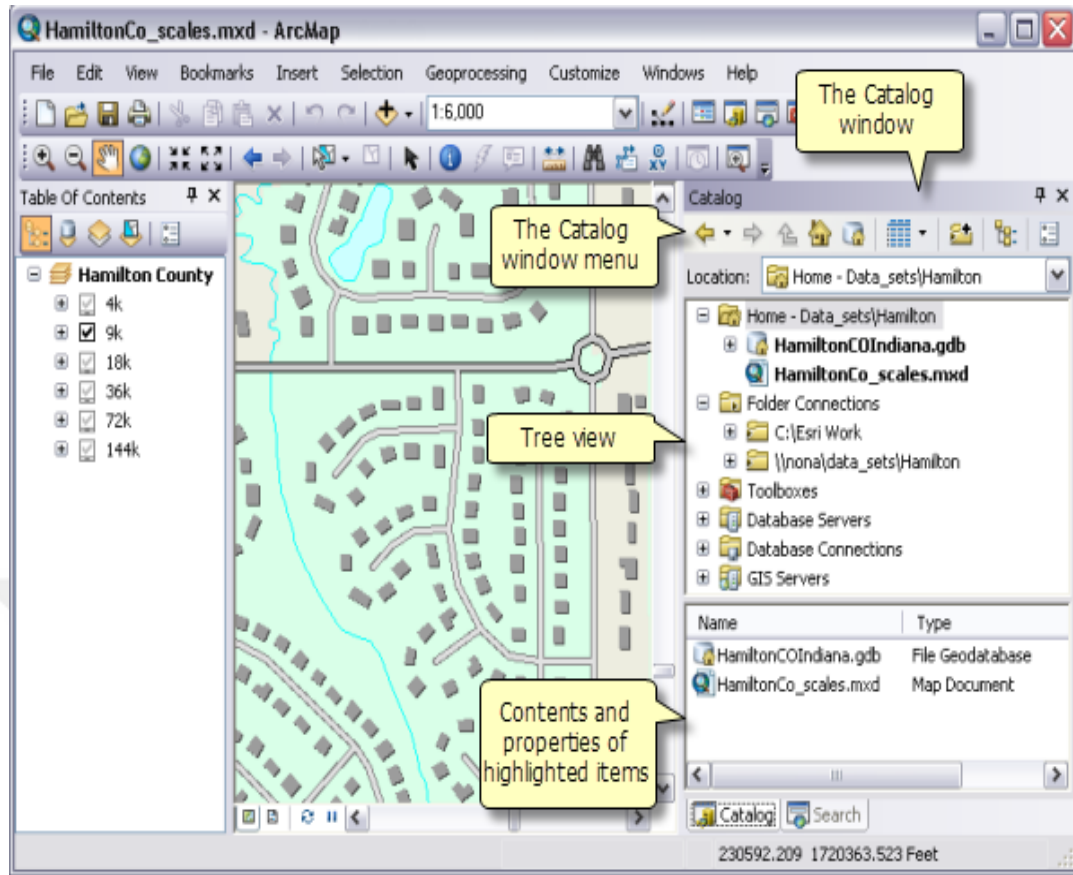
Aschom makinanın toprak örneği aldığı yerin konum bilgisini belirleyen GPS'in arayüz programıdır. Program ile GPS'in çalışma şekli belirlenmektedir. Cihazın hangi türde, ne kadar sıklıkta veri göndermesi gerektiği ayarları bilgisayar üzerinden bu arayüz yardımıyla yapılabilmektedir. Çalışmada sürüm 3.0.47 kullanılmıştır. Şekil 3.27'te editörün çalışma sayfası görülmektedir.



Şekil 3.27. Ashcom Programının çalışma sayfası görünümü

3.1.25. ArcGIS 10.5 haritalama editörü

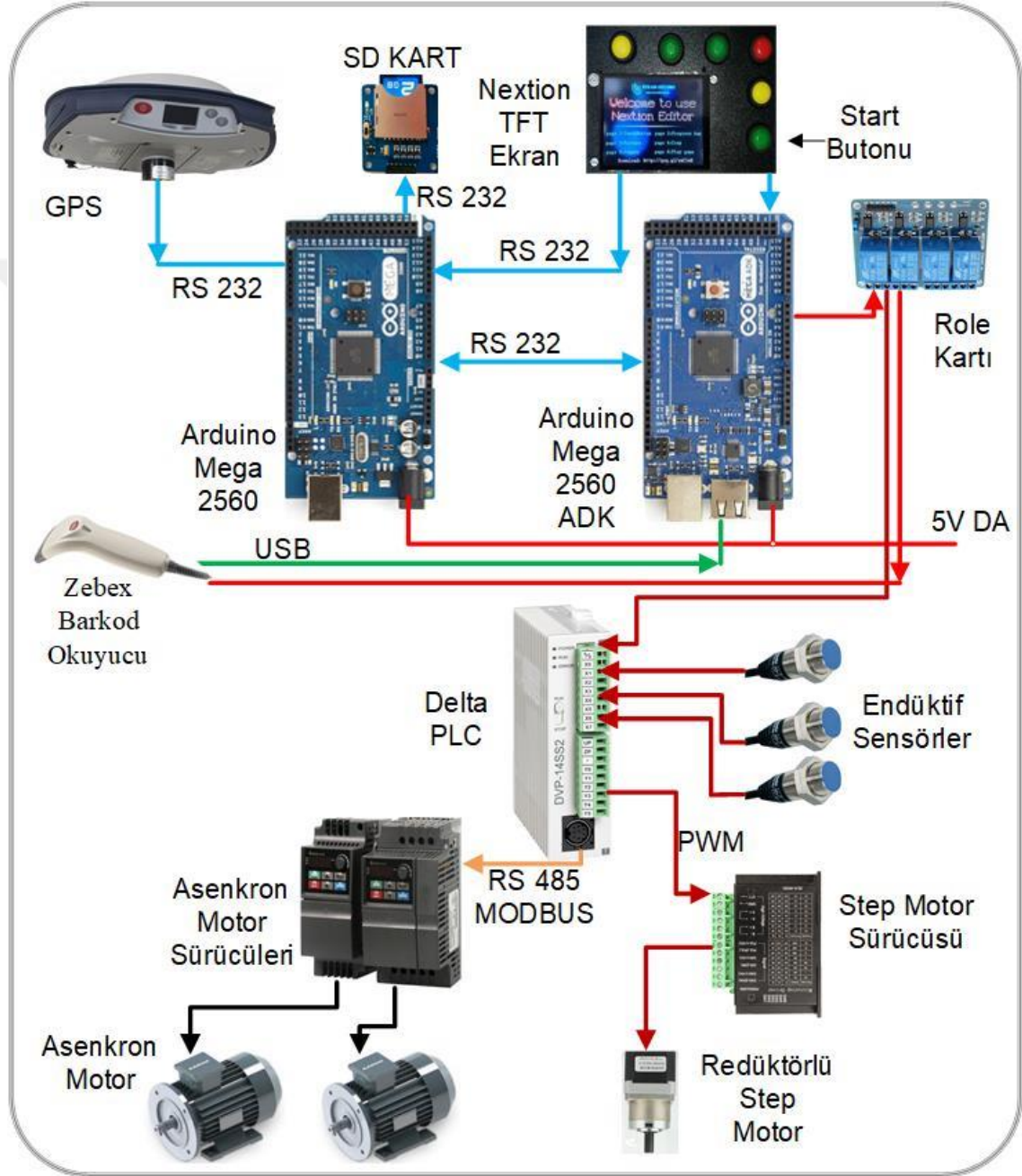
ArcGIS teknolojisi, ESRI tarafından geliştirilmiş, ölçeklendirilebilir entegre bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımıdır. Yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi ArcObjects üzerine kurulmuş bir sistemdir (Anonim 3). Konum verileri alındıktan sonra, konum verileri kullanılarak toprak özellikleri değişkenlik haritalarının oluşturulduğu programdır. ArcGIS 10.5'in çalışma sayfası Şekil 3.28'da görülmektedir.



Şekil 3.28. ArcGIS 10.5'in örnek çalışma sayfası

3.2. Metot

Bu çalışmada, 30 cm derinlikten otomatik toprak örneği alarak örneklerin konum bilgileri ile birlikte barkod numaralarını kayıt yapan makinenin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda makinenin mekanik kısmı ile bu yapının otomatik çalışmasını sağlayan elektronik kontrol kısmı oluşturulmuştur. Şekil 3.29’de elektronik sistemin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 3.29. Elektronik sistemin genel görünümü

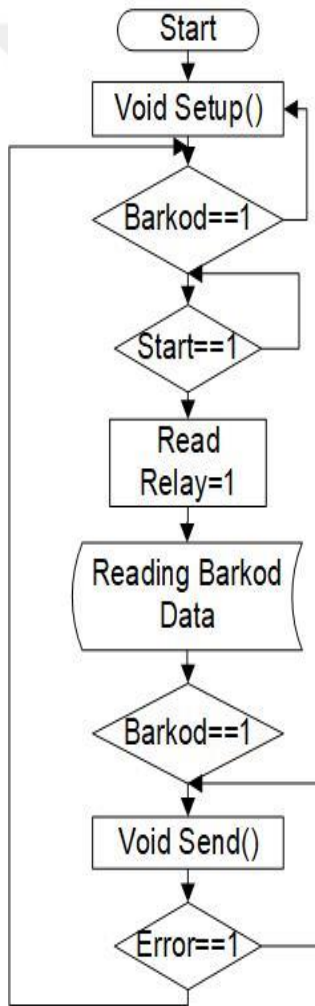
3.2.1. Veri kayıt ve örnek alma başlangıç komutunun oluşturulması

Toprak örneği alınacak tarlanın parsel ve işlem bilgisi gibi temel verilerin operatör tarafından oluşturularak kaydedilmesi sağlanmıştır. Bu işlem için Nextion dokunmatik ekranda ara yüz programı hazırlanmıştır. Şekil 3.30'deki arayüz sayfaları işlem sırasıyla veri kaydını göstermektedir. Kaydet tuşuna basıldığında Nextion ekran üzerindeki bilgiler Arduino Mega2560'a RS 232 port üzerinden gönderilmektedir.

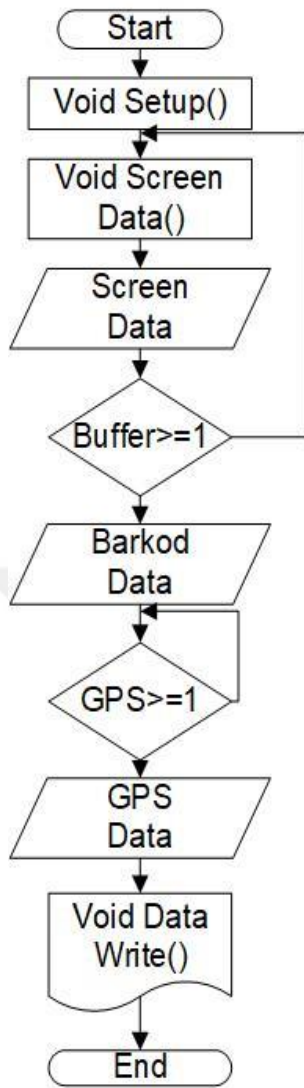


Şekil 3.30. Veri girişi için kullanılan Nextion ekran görüntüleri

Nextion ekrandan gelen veriler, Arduino Mega2560'da geçici hafıza alanlarında saklanmaktadır. Veri girişi tamamlandıktan sonra sistem çalışmak üzere hazır hale gelmektedir. Ekran yanındaki start butonuna basılınca, sistem çalışmak için start komutu alacaktır. İlk olarak Arduino Mega2560 ADK'ya barkod okuma işlemi yaptırılmaktadır. Barkod okuma işlemi için harici röle üzerinde barkod okuyucunun butonu aktif hale getirilmektedir. Barkod okuyucu, barkodu okuduktan sonra USB portu üzerinden barkod bilgilerini ve okuma işlemini tamamladı bilgisi göndermektedir. Okuma işlemi tamamlandıktan sonra Arduino Mega2560 ADK RS232 portundan Arduino Mega2560'a barkod bilgilerini iletmektedir. Eğer okuma işlemi eksik ya da tamamlanmamış ise hata kodu üretilmektedir. Arduino Mega2560 RS232 portundan gelen bilgiler tamamlanınca diğer bir RS232 portuna bağlı GPS'ten her saniye başında gelen konum bilgileri alıp çözümlemekte ve barkod bilgileri ile birlikte SD kart üzerinde yazdırma işlemini gerçekleştirmektedir. Arduino Mega2560 ve ADK üzerinde bu işlemleri gerçekleştiren programların akış şemaları Şekil 3.31 ve Şekil 3.32'de gösterilmektedir.



Şekil 3.31. Arduino Mega2560 ADK ile barkod okuma ve okunan bilgileri gönderme için kullanılan program akış şeması



Şekil 3.32. Arduino Mega2560 ile barkod okumadan gelen veriler ekran bilgileri ve GPS konum bilgilerinin SD karta kayıt için kullanılan program akış şeması

Örnek alınacak tarlaya ilişkin bilgilerin veri girişi yapıldıktan ve GPS'ten alınan konum bilgilerinin kayıt işlemi tamamlandıktan sonra Arduino Mega2560 ADK röle kontağı üzerinden PLC'ye toprak burgusunun otomatik çalışması için +5v DA elektriksel sinyal göndermektedir.

3.2.2. Makinanın manuel ve otomatik çalışması

Makinanın otomatik çalışmasını PLC ve çevre ekipmanları sağlamaktadır. PLC öncelikle, elektrik motor sürücülerini ile Modbus RTU haberleşme protokolünü oluşturmaktadır. Bu protokol üzerinden sürücülerde hata olup olmadığı kontrol edilmektedir. Herhangi bir sürücü hatası durumunda sistem kalıcı hata durumuna geçerek start almamaktadır. Haberleşmede ve sürücüler üzerinde hata olmaması durumunda motorlar için başlangıç çalışma frekans değerleri atanmaktadır.

Modbus RTU haberleşmesi kurulduktan sonra PLC çevre ekipmanlardan gelen elektriksel sinyalleri kontrol etmektedir. PLC'ye bağlı olan ekipmanlar ve PLC üzerindeki tanımlarının listesi Çizelge 3.10 yer almaktadır.

Çizelge 3.10. PLC giriş çıkış tanımlamaları

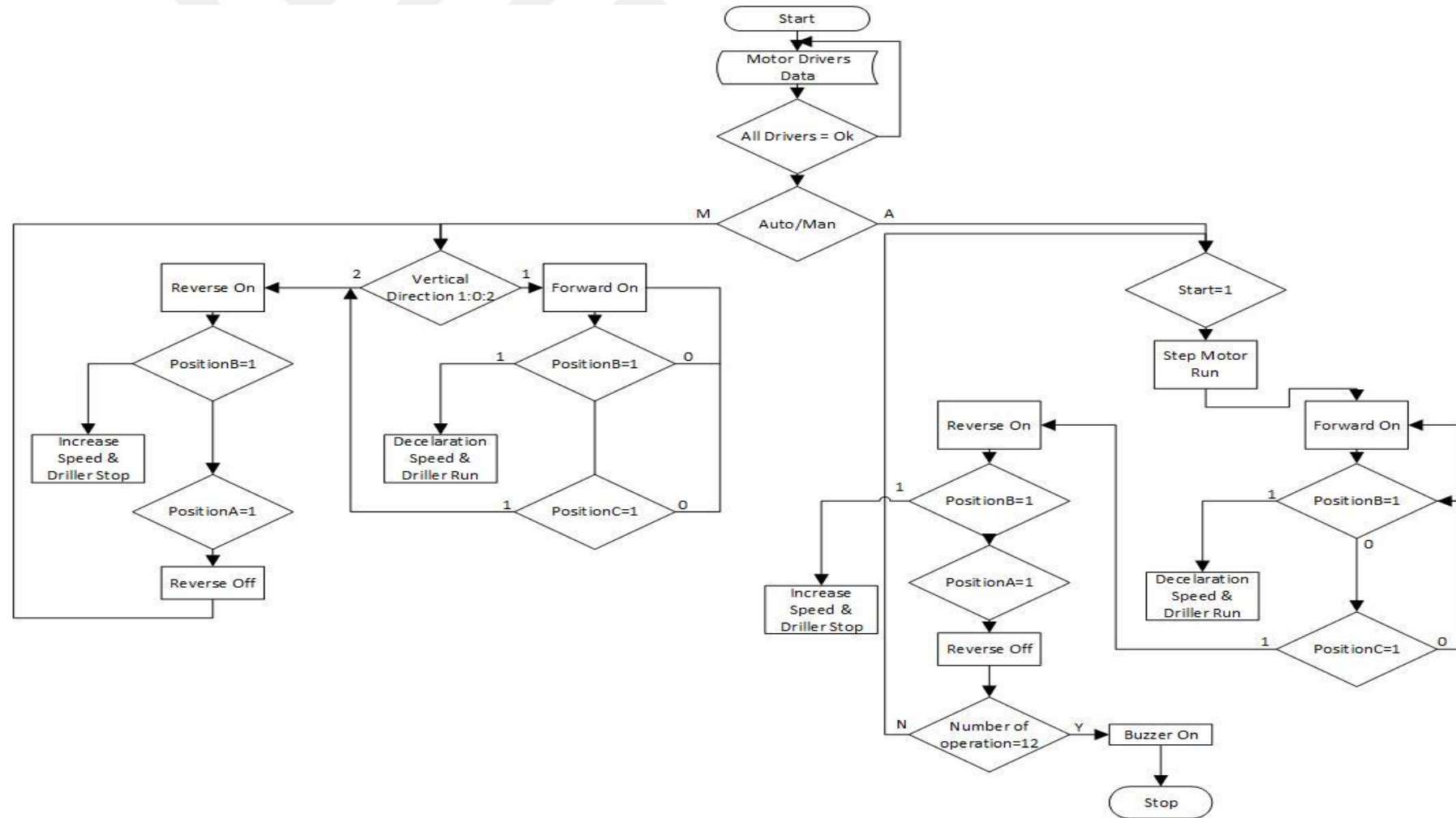
Girişler		
Tanımlama	PLC Adres	Ekipman
Acil Stop	X0	Acil Stop Push Butonu
Stop Buton	X0	Stop Push Butonu
Yukarı Hareket Butonu	X1	1-0-2 Anahtar 1. Konumu
Yukarı Hareket Butonu	X2	1-0-2 Anahtar 2. Konumu
Tabla Manuel Hareket	X3	Push Buton
Hata Resetleme	X4	Push Buton
Otomatik Çalışma Butonu	X5	1-0-2 Anahtar 1. Konumu
Manuel Çalışma Butonu	X6	1-0-2 Anahtar 2. Konumu
Yukarıda Konum Bilgisi	X25	Endüktif Sensör
Aşağı Hareket Yavaşlama Bilgisi	X26	Endüktif Sensör
Aşağıda Konum Bilgisi	X27	Endüktif Sensör
Çıkışlar		
Tanımlama	PLC Adres	Ekipman
PWM Çıkış	Y0	Servo Sürücü
Servo Yön Bulma	Y1	Servo Sürücü
Tablada kapların tamamı doldu	Y2	Uyarıcı Siren

Makina otomatik ve manuel olmak üzere iki farklı şekilde seçim yapılarak çalıştırılabilmektedir. Manuel çalışma için, birinci konum anahtarı ile 1 konumu seçilmelidir. Daha sonra ikinci konum anahtarının 1 veya 2 konumuna göre deliciyi aşağı-yukarı yönde hareket ettirmek için belirlenen çalışma hızında motor sürücüsü çalıştırılmakta ve makina dikey ekseninde aşağı-yukarı yönde hareket ettirmektedir. Toprak burgusunun batma konumuna geldiği endüktif sensörden gelen veri ile tespit edilerek, belirlenen dönme hızında burğu çalışmaya başlamaktadır. Toprağa batma konumu, aynı zamanda dikey eksenindeki hareketi de yavaşlatma konumudur. Toprak burgusu, 30 cm derinlikte iken sınır konum bilgisi geldiğinde, dikey ekseninde hareket tamamlanarak hareketi sağlayan sürücüyü durdurmaktadır. Toprak burgusu çalışmasına devam ederek delikteki biriken toprağı kapların içerisine taşımaya devam etmektedir.

İkinci konum anahtarı 2. konuma getirildiğinde, dikey eksenindeki hareket yukarı yönde olması için sürücüye hız bilgisi ve yön bilgisi göndermektedir. Toprak burgusu yukarıda sınır konum bilgisi gelene kadar yukarı yönde hareket etmektedir. Yukarı yönde hareket devam ederken batma konumuna geldiğinde toprak burgusunun dönme hareketi sistem tarafından durdurulmaktadır. Sistem bir sonraki manuel hareket için başlangıç konumuna gelmektedir.

Otomatik seçilmiş ise çalışma için PLC, Arduino Mega2560 ADK'dan başla komutu beklemektedir. Komut geldikten sonra PLC'den step motor sürücüsüne dönüş yönü bilgisi PWM metodu ile dönüş açısı bilgisi gönderilmektedir. Döner tablanın dönme hareketi tamamlandığında dikey hareket başlamaktadır. Dikey hareket batma konumu bilgisi gelene kadar normal hızda devam etmektedir. Batma konum bilgisi ile birlikte burgu çalışır ve dikey hareket aşağı yönde yavaşlayarak devam etmektedir. Toprak burgusu sürücüsünden alınan akım bilgisi dikey hareketi sağlayan sürücünün hız referans bilgisi olarak kullanılmaktadır. Batma işleminin bittiğini belirten sensör bilgisi alındığında dikey hareket yukarı yönde değişmektedir. Toprak burgusu yukarı yönde hareket ederken konum sensöründen alınan bilgi ile durmaktadır. Başlangıç konumuna ulaşıldı bilgisi sensör tarafından gönderildiğinde dikey hareket tamamlanmaktadır. Döner tabla üzerindeki kapların tamamına toprak örneği alındı ise operatöre sesli ikaz lambası ile bildirim yapılmaktadır. PLC'de çalışan programın akış şeması Şekil 3.33'de yer almaktadır.





Şekil 3.33. PLC’de çalışan programın akış şeması

3.2.3. Tarla çalışmaları

Vatandaş (2005) toprak örnekleme yöntemlerini aşağıdaki gibi ifade etmektedir.

“Hassas tarımda toprak örneklemesinde uygulanan üç yöntem vardır. Bunlar,

1. Izgara tipi örnekleme,
2. Toprak tipine bağlı örnekleme,
3. Hareketli duyarga yöntemidir.

Izgara tipi örnekleme yöntemi, tarlayı kare veya dikdörtgen şekilli küçük parsellere bölme esasına dayanmaktadır. Her bir parselin alanı 0,4-1,0 ha arasında değişebilmektedir. Burada her parselden birkaç örnek alınmakta ve analiz edilmektedir. Uygulamada ızgara merkezli ve ızgara hücreli olmak üzere iki tip örnekleme yöntemi kullanılmaktadır.

Izgara merkezli yöntemde örnekler her bir hücrenin merkezinden alınmakta ve hücrenin merkezini belirlemek için DGPS’den yararlanılmaktadır. Toprak örnekleri hücre merkezinin çevresinde yaklaşık 2-3 m çapındaki bir çember içerisinde 7-10 noktadan alınmaktadır.

Izgara hücreli yöntemde ise tarla küçük hücrelere bölünmekte, her bir hücre için hücrenin içinden tesadüfi olarak seçilen yerlerden örnekler alınarak hücrenin tamamını temsil eden ortalama örnek elde edilmektedir. Toprak tipine bağlı ızgara örnekleme yönteminde tarla, toprak tiplerine göre bölümlere ayrılmakta ve benzer toprak tiplerine sahip tarla bölümleri örneklenerek toprak haritası elde edilmektedir.

Hareketli duyarga yönteminde toprak özelliklerini ve bunların değişimini ölçmenin en iyi yolu tarlada hareket halindeyken, ilgili özelliği bilgisayara aktaran ve analiz eden bir duyarga kullanılmaktadır.”

Harrell (2014), çalışmasında 0,5 da’lık ızgaralar oluşturulmuştur. Büyük ızgaralardan çoklu örnek alımı yerine daha küçük ızgaralardan rastgele toprak alınarak daha hassas haritalandırma yapılacağı düşünülmüştür. Ayrıca çalışmasında da görüleceği gibi büyük ölçekli arazilerde alınan toprak örneği sayısı oldukça fazladır. Bu durum toprakların analizi çalışmasında karışıklıklara sebep olabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için bu çalışmada barkodlama sistemi geliştirilmiştir.

Otomatik toprak örneği alma makinasının denemeleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Aksu Araştırma-Uygulama Çiftliğinde 12 dekar alanda gerçekleştirilmiştir. Toprak örneği alma yöntemi olarak Izgara hücreli yöntem kullanılmıştır. 450 m²’lik Izgaralandırılmış alanlardan oluşturulmuştur. Bu alanlardan rastgele 0-30 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak, noktaların koordinatları kaydedilmiştir. Alınan toprak örneklerinin tarla üzerindeki konum bilgileri Şekil 3.34’te gösterilmektedir.



Şekil 3.34. Alınan örneklerin tarla üzerindeki konumları

Şekil 3.35'te Toprak örneği alırken makinanın ve örnek alına noktasının görünümü yer almaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.35. a) Çalışma sırasında makinanın görünümü; **b)** Örnek alınan noktanın görünümü

Örnekler üzerinde tanımlama karışıklığını önlemek için barkod sistemi kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen kayıt bilgileri Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Örnek alınan toprakların koordinatları ve sıralama bilgileri

Tarih(G.A.Y)	Zaman	Örnek NO	Ada(No)	İşlem(No)	Tabla(No)	Koordinat Değerleri	
30.03.2019	13:18:44	101	1	1	1	311502.61 d D	4087777.09 m K
30.03.2019	13:22:15	102	1	2	1	311488.09 d D	4087761.70 m K
30.03.2019	13:26:22	103	1	3	1	311468.27 d D	4087769.93 m K
30.03.2019	13:30:01	104	1	4	1	311451.07 d D	4087752.93 m K
30.03.2019	13:34:44	105	1	5	1	311428.04 d D	4087756.09 m K
30.03.2019	13:38:41	106	1	6	1	311431.19 d D	4087738.73 m K
30.03.2019	13:42:34	107	1	7	1	311407.93 d D	4087741.93 m K
30.03.2019	13:46:21	108	1	8	1	311454.29 d D	4087733.43 m K
30.03.2019	13:50:42	109	1	9	1	311471.82 d D	4087748.41 m K
30.03.2019	13:54:25	110	1	10	1	311491.95 d D	4087742.19 m K
30.03.2019	13:58:31	111	1	11	1	311506.60 d D	4087757.07 m K
30.03.2019	14:06:13	112	1	12	1	311524.24 d D	4087749.07 m K
30.03.2019	14:20:27	201	1	13	2	311507.17 d D	4087733.09 m K
30.03.2019	14:26:52	202	1	14	2	311488.39 d D	4087721.66 m K
30.03.2019	14:33:17	203	1	15	2	311468.89 d D	4087724.95 m K
30.03.2019	14:39:42	204	1	16	2	311450.71 d D	4087714.46 m K
30.03.2019	14:46:07	205	1	17	2	311429.78 d D	4087718.78 m K
30.03.2019	14:52:32	206	1	18	2	311413.80 d D	4087706.78 m K
30.03.2019	14:58:57	207	1	19	2	311432.41 d D	4087700.68 m K
30.03.2019	15:05:22	208	1	20	2	311453.74 d D	4087690.80 m K
30.03.2019	15:11:47	209	1	21	2	311471.20 d D	4087706.93 m K
30.03.2019	15:18:12	210	1	22	2	311491.90 d D	4087698.79 m K
30.03.2019	15:24:37	211	1	23	2	311510.25 d D	4087713.96 m K
30.03.2019	15:31:02	212	1	24	2	311530.89 d D	4087704.75 m K
30.03.2019	15:46:50	301	1	25	3	311515.14 d D	4087691.18 m K
30.03.2019	15:51:14	302	1	26	3	311499.00 d D	4087676.33 m K
30.03.2019	15:55:38	303	1	27	3	311475.03 d D	4087684.05 m K
30.03.2019	16:00:02	304	1	28	3	311459.23 d D	4087667.68 m K
30.03.2019	16:04:26	305	1	29	3	311437.01 d D	4087674.41 m K
30.03.2019	16:08:50	306	1	30	3	311418.51 d D	4087683.23 m K

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Makinaya ilişkin değerler

Geliştirilen makinaya ilişkin optimum çalışma değerleri aşağıda belirtilmiştir. Toprak örneği alma sırasında burgunun ideal döndürme devri 300 min^{-1} olarak elde edilmiştir. Toprak örnekleri, yüzeyden 0-30 cm derinliğinden alınmıştır. Makina otomatik çalıştırıldığında başlangıç konumundan 30 cm derinliğe inip tekrar başlangıç konumuna gelme süresi ortalama 81 s olarak belirlenmiştir. Bu süre içerisinde toprak burgusunun uç noktası referans alındığında iniş ve çıkış olmak üzere toplam 140 cm değerinde yol almaktadır. Bu ölçüm değeri baz alındığında çalışma hızı 0,2 m/s olarak ifade edilebilir.

Toprak burgusunun, düşey ekseninde ilerleme hızı ortalama 0,2 m/s değerinde olduğu ve alınan toprak örneğinin ağırlığı ortalama 82,5 g olarak tespit edilmiştir. Türen (2013) yaptıkları çalışmada 0,1 m/s çalışma hızında 21 g toprak örneği alınabildiğini belirtmiştir.

Yapılan makina tasarımlarında genellikle hidrolik veya pnömatik sistemler kullanılmıştır. Bu çalışmalarda, toprak örnekleme makinalarında harcanan zamanın yanında harcanan enerji üzerinde durulmamıştır. Tasarladığımız makina elektrik enerjisiyle çalıştığından bir toprak örneği alımı için harcanan enerjinin de hesaplanmasına olanak sağlamaktadır.

Araç üzerindeki tüm elektriksel donanımın gücü ve kayıp güç değerleri yaklaşık 1600 W olarak hesaplanmıştır. Bir toprak örneğinin alınması için gerekli süre 81 s olduğuna göre elektriksel tüketim 36 W olarak hesaplanmıştır.

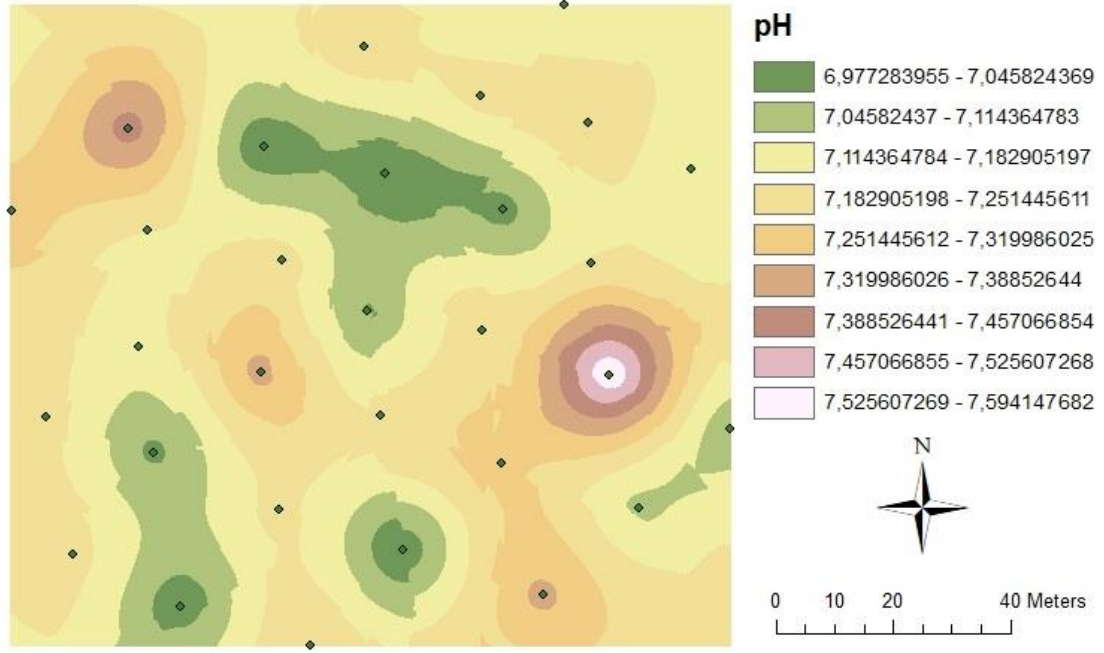
4.2. Toprak pH ve EC değişkenlik haritaları

Çalışma kapsamında değerlendirilen 12 dekarlık bir tarlada, ızgaralandırılmış alanlardan alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.1’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örnek analizleri sonucu elde edilen pH ve EC değerleri

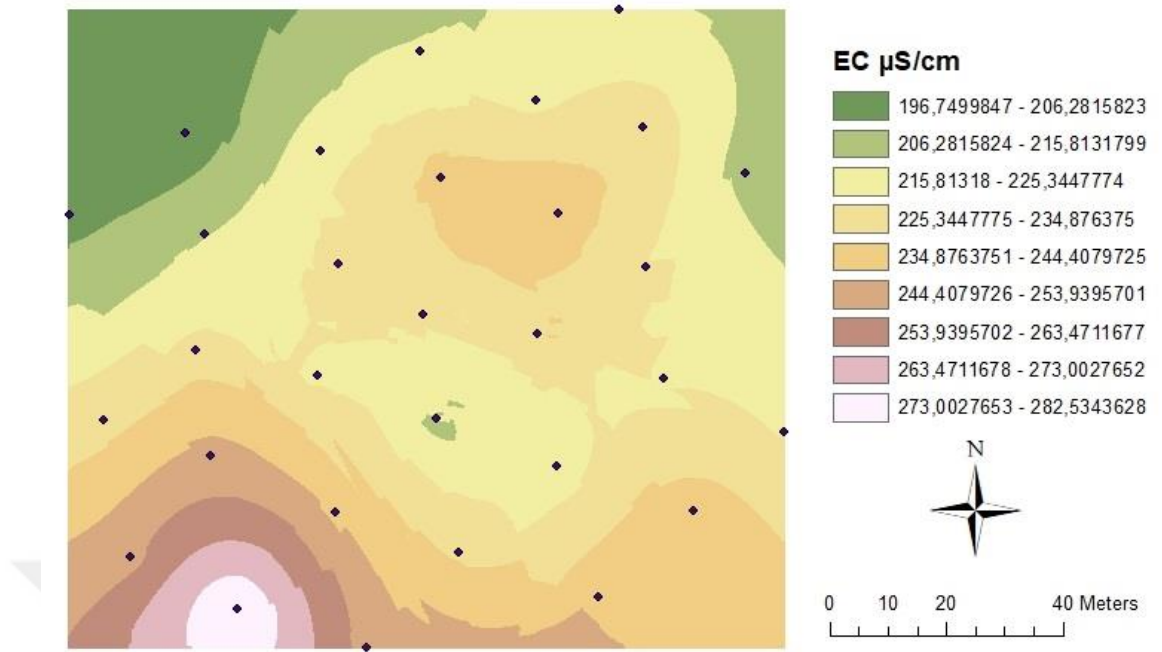
Örnek No	Ada(No)	islem(No)	Tabla(No)	Koordinat		EC $\mu\text{S/cm}$	pH
101	1	1	1	311502.61 D	4087777.09 K	202	7,12
102	1	2	1	311488.09 d D	4087761.70 m K	186	7,25
103	1	3	1	311468.27 D	4087769.93 m K	208	7,26
104	1	4	1	311451.07 D	4087752.93 m K	236	6,91
105	1	5	1	311428.04 D	4087756.09 m K	163	7,53
106	1	6	1	311431.19 D	4087738.73 m K	221	7,18
107	1	7	1	311407.93 D	4087741.93 m K	190	7,37
108	1	8	1	311454.29 D	4087733.43 m K	234	7,24
109	1	9	1	311471.82 D	4087748.41 m K	262	6,91
110	1	10	1	311491.95 D	4087742.19 m K	275	6,94
111	1	11	1	311506.60 D	4087757.07 m K	286	7,28
112	1	12	1	311524.24 D	4087749.07 m K	177	7,11
201	1	13	2	311507.17 D	4087733.09 m K	218	7,2
202	1	14	2	311488.39 D	4087721.66 m K	258	7,23
203	1	15	2	311468.89 D	4087724.95 m K	221	6,99
204	1	16	2	311450.71 D	4087714.46 m K	196	7,44
205	1	17	2	311429.78 D	4087718.78 m K	248	7,13
206	1	18	2	311413.80 D	4087706.78 m K	215	7,2
207	1	19	2	311432.41 D	4087700.68 m K	264	6,97
208	1	20	2	311453.74 D	4087690.80 m K	248	7,22
209	1	21	2	311471.20 D	4087706.93 m K	187	7,22
210	1	22	2	311491.90 D	4087698.79 m K	184	7,31
211	1	23	2	311510.25 D	4087713.96 m K	212	7,75
212	1	24	2	311530.89 D	4087704.75 m K	206	7,01
301	1	25	3	311515.14 D	4087691.18 m K	284	7,07
302	1	26	3	311499.00 D	4087676.33 m K	263	7,39
303	1	27	3	311475.03 D	4087684.05 m K	217	6,9
304	1	28	3	311459.23 D	4087667.68 m K	224	7,29
305	1	29	3	311437.01 D	4087674.41 m K	388	6,93
306	1	30	3	311418.51 D	4087683.23 m K	217	7,23

Çizelge 4.1’deki verilen değerlerin ArcGIS 10.5 programı kullanılarak elde edilen toprak pH değişkenlik haritası Şekil 4.1’de, toprak EC değişkenlik haritası Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Toprak pH değişkenlik haritası

Toprak pH değerleri incelendiğinde küçük bir alanda pH değerinin 7’den daha düşük olduğu, tarlanın büyük çoğunluğunun pH değerinin 7,11-7,38 arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Toprak EC değişkenlik haritası

Toprak EC değerleri incelendiğinde tarlanın güney batı uç kısmında 50x50 m lik bir alanda 253-282 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Tarlanın büyük bir kısmının toprak EC değerinin 215-244 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiği belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen arazi çalışmalarında makinanın mekanik ve elektronik bileşenlerinin başarılı bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir.

Tasarımın imalatı sırasında boyutlarının ve ağırlığının uygun değer seviyesinde az yapılarak, tarla trafiği etkisini en aza düşürülmesi hedeflenmiştir. Böylelikle toprak örneği işleminde kullanılacak aracın yakıt masraflarının da azaltması hedeflenerek imal edilmiştir.

Arazi taşıtına montajı yapılan örnekleme makinasının tamamı elektrikle çalıştırılmıştır. Bu özelliği; gelecekte tarım arazilerinde çalışacak olan elektrikli tarım aletleri ile bütünleştirilmesini kolaylaştıracaktır. Ayrıca örnekleme sırasında ekstra karbon salınımı da azaltılmıştır.

Örnekleme yapılırken burgunun 18-27 cm derinliklerde elektriksel değerlerinin normal aralıkta çalıştığı gözlenmiştir. Hedeflenen 30 cm derinliklere yaklaştığında elektriksel değerlerin normal aralığın üzerine çıktığı gözlenmiş olup bu durumun toprak özelliği ve direncine bağlı olarak değişeceği düşünülmektedir.

Burgu ile delme işlemi bittikten sonra toprağın örnek kutusuna ortalama 80-120 g gibi büyük kısmının taşındığı, az miktarının da arazi yüzeyinde döküldüğü tespit edilmiştir. Bu durum burgunun kenar açılarının yükseltilmesiyle ortadan kalkacağı düşünülmektedir.

Döner tabla üzerinde 12 farklı örnek kutusunun olması örnek alacak operatörün arazi taşıtından inmeden 12 farklı örnek almasına olanak sağlandığı tespit edilmiştir. Farklı noktalardan alınacak örnekler için döner tablanın her seferinde kendini burgunun eksenine getirmesi sistemin otomatik çalışması için önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Tabla üzerindeki kutular PLC tarafından sayılarak örnek kutularının tamamı dolduğunda operatöre uyarıcı ses ile bilgi vermesi kullanım kolaylığı sağlamıştır.

GPS' ten alınan konum bilgileri ile örnek kutularındaki barkod bilgilerinin okuyucu tarafından okunarak SD kart üzerine kaydedilmesi, toprakların analize götürülürken istiflenmesi ve analiz sırasında kolay ayrıştırılmasına olanak sağlamıştır. Bu sistemin çok sayıda yapılacak örnekleme işlemleri düşünüldüğünde önemli bir avantaj sağlayacağı öngörülmektedir.

Büyük işletmelerin geniş arazilerinde yapılması gereken örneklemenin kürek burgu ile insan iş gücünün gerekliliği ve işlem süresi düşünüldüğünde tasarlanan makina birçok maliyeti azaltacak ve örneklemin hassasiyetini arttıracaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim 1: <http://kfub.com.tr/wp/2010/08/toprak-su-ve-bitki-analizi-icin-numune-alinmasi/> [Son erişim tarihi: 09.04.2019]
- Anonim 2: <https://arastirma.tarim.gov.tr/toprakgubre/Belgeler/Numune%20Al%C4%B1nmas%C4%B1/TOPRAK.docx> [Son erişim tarihi: 09.04.2019]
- Anonim 3: <https://birimler.dpu.edu.tr/app/views/panel/ckfinder/userfiles/2/files/program/arcgis.pdf> [Son erişim tarihi: 09.04.2019].
- Adamchuk, V.I. Morgan, M.T. and James M. Lowenberg-Deboer 2004. A Model for Agro-Economic Analysis of Soil pH Mapping. *Precision Agriculture*, 5:111–129.
- Abu-Hamdeh N.H. and Al-Jalil, H. F. 1999. Hydraulically powered soil core sampler and its application to soil density and porosity estimation, *Soil & Tillage Research*, 52:113-120.
- Aşkın T., Kızılkaya R., Olekhov V., Mudrykh N., Samafalova I., Türkmen F. 2014. Toprak organik karbonu: jeostatistiksel bir yaklaşım. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2 (1):13–18.
- Ardahanlioglu O., Oztas T., Evren S., Yilmaz H., Yildirim Z.N. 2003. Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron content in salt- and sodium-affected areas of the Iğdir plain. *Journal of Arid Environments*, 54: 495–503.
- Aggelopoulou K. D., Pateras D., Fountas S., Gemtos T. A., Nanos G. D. 2010. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. *Precision Agriculture*, 12 :118–129.
- Akgül M., Başıyigit L., 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik Arazisinin Detaylı Toprak Etüdü ve Haritalanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12:9-3.
- Bellitürk, K., 2010. Toprak Analizlerinin Önemi *Hasad (Bitkisel Üretim) Aylık Tarım Dergisi*, 25 (298): 76-78
- Dalmıs, İ. Akdemir, B. Turen, N. ve Bellitürk, K. 2016. Otomatik Toprak Örneklem Makinesi Geliştirilmesi. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 13 (3):70-80.
- Emekli, Y.N. Topakçı, M. 2009. Hassas uygulamalı tarım teknolojilerinin sulama alanında kullanım. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 9-17.
- Güçdemir, İ., Türker, U., Karabulut, A., Arcak, Ç. 2004. Gübreleme Teknolojilerindeki Yenilikler ve Bunun Tarımsal Üretime Etkileri Üzerine bir Çalışma. Türkiye 3. Ulusal gübre kongresi, ss.1005-1014, 13 Ekim 2004, Tokat.
- Hızal, A. 1982. Toprak Haritacılığında Toprak Etüdları ve Örneklem Sistemleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 32(2): 169-178.

- Harrell J. B. 2014. An Evaluation Of Soil Sampling Methods In Support Of Precision Agriculture In NortheAster North Carolina, Degree Master Of Science, Faculty Of The Usc Graduate School University, Southern California,70p.
- Lütticken ,R. E. 2000. Automation and Standardisation of Site Specific Soil Sampling. *Precision Agriculture*, 2 (2): 179-188.
- M.Vatandaş, M.Güner, U.Türker. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, ss:347-365,Ocak 2005. Ankara.
- Penncok D, Yates T. and Braidek J.2007. Soil Sampling and Methods of Analysis. In: Carter, M.R and Gregorich, E.G. (Eds.), Canadian Society of Soil Science,Canadian, pp. 1-14.
- Sibley, J. Astatkie ,T. Brewster ,G. Struik ,P.C. Adsett ,J. Pruski, FK 2009. Field-scale validation of an automated soil nitrate extraction and measurement system. *Precision Agriculture*, 10:162–174.
- Smith W.B., Agent A.E., 2017, Depth control for the sweatless soil sampler, <https://www.clemson.edu/extension/publications/files/livestock-forages/lf11-sweatless-soil-sampler.pdf> [Son erişim tarihi: 08.07.2019].
- Sönmez İ., Kaplan M, Sönmez S, 2008. Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri Ve Çözüm Önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34
- Temizel, E.K. Koç, Y. 2015. Coğrafi bilgi sisteminin hassas tarımda uygulanmasının yararları: Gübreleme örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(2): 130-135.
- Thomse,A. Schelde, K. and Droscher, PF. 2007. Mobile TDR for geo-referenced measurement of soil water content and electrical conductivity. *Precision Agriculture*, 8 (4-5): 213–223.
- Türen N. 2013. Otomatik Toprak Örnekleme Makinasının Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 52 s.
- Ünal İ. and Topakci M. 2015.Design of a Remote-controlled and GPS-guided Autonomous Robot for Precision Farming. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 12:1-10.
- Yağmur. B., Gencay, T., 2003. Toprak Analizi İçin Örnek Alınması .E.Ü. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi. Çiftçi Broşürü No:38. Bornova-İZMİR.
- Yıldırım,S. 2003. Development of real-time electro-pneumatic soil sampler, Doctoral dissertation, Iowa State University, Iowa, 55p.
- Yılmaz H., Demircan V., Gül M.,2009. Üreticilerin Kimyasal Gübre Kullanımında Bilgi Kaynaklarının Belirlenmesi ve Tarımsal Yayım Açısından Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1):31-44

ÖZGEÇMİŞ

Halil ERTAŞ

ertashalil@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2015-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
Yüksek Lisans 2007-2009	Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, İstanbul
Lisans 2002-2007	Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, Ankara

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Müdür Yardımcısı 2015-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu, Antalya
Öğretim Görevlisi 2013-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu, Antalya
Proje Sorumlusu 2011-2013	İSEA Elektrik Otomasyon Şirketi, Tekirdağ

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1-** Ertaş H., Ceylan O., Celik K., "Güneş Paneli Yüzeyi Temizleme Cihazı Tasarımı, Uygulaması Ve Farklı Bir Yaklaşım İle Veriminin Karşılaştırılması", 21-22 Haziran 2018, GAZİANTEP,TÜRKİYE, pp.443-443
- 2-** Ertaş H., Biçer S., Yıldız E., Çanakci M., Topakci M., "Modernization of a ventilation system for a conventional greenhouse and its Controlling by WEB", International Advanced Researches Engineering Congress-2017, OSMANİYE, TÜRKİYE, 16-18 Kasım 2017, pp.2397-2398
- 3-** Ertaş H., Biçer S., Yıldız E., "Farklı Tipte Elektrik Motorları ve Sürücülerini Kullanılarak PLC Kontrollü Asansör Eğitim Seti Tasarımı ve Uygulaması ", TOK 2015 Otomatik Kontrol Türk Milli Komitesi Ulusal Toplantısı, DENİZLİ, TÜRKİYE, 10-12 Eylül 2015, ss.1147-1152

