



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



OLUKLU MAKARALARLA FARKLI TOHUMLARIN İLETİMİNDE DOLMA KATSAYISININ TAHMİNLENMESİNE YÖNELİK BİR MATEMATİKSEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Muhammed Hakan ÖZDEMİR

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

İzmir
2019

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**OLUKLU MAKARALARLA FARKLI TOHUMLARIN
İLETİMİNDE DOLMA KATSAYISININ
TAHMİNLENMESİNE YÖNELİK BİR
MATEMATİKSEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ**

Muhammed Hakan ÖZDEMİR

Danışman: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2019

Muhammed Hakan ÖZDEMİR tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “***Oluklu Makaralarla Farklı Tohumların İletiminde Dolma Katsayısının Tahminlenmesine Yönelik Bir Matematiksel Modelin Geliştirilmesi***” başlıklı bu çalışma Ege Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızca değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 20.12.2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

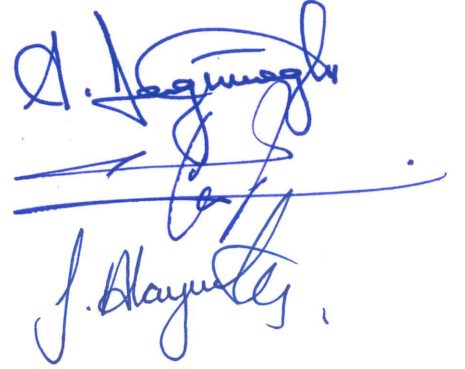
Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı: Prof.Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Raportör Üye: Doç.Dr. Türker SARAÇOĞLU

Üye: Prof.Dr. Fazilet Nezahat ALAYUNT

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Oluklu Makaralarla Farklı Tohumların İletiminde Dolma Katsayısının Tahminlenmesine Yönelik Bir Matematiksel Modelin Geliştirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

28/ 11/ 2019



Muhammed Hakan ÖZDEMİR

ÖZET

OLUKLU MAKARALARLA FARKLI TOHUMLARIN İLETİMİNDE DOLMA KATSAYISININ TAHMİNLENMESİNE YÖNELİK BİR MATEMATİKSEL MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZDEMİR, Muhammed Hakan

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Aralık 2019, 101 sayfa

Bu çalışmanın amacı, oluklu makaralar ile çalışmada farklı tohumların iletiminde dolma katsayısının tahminlenmesine olanak veren bir matematiksel modelin geliştirilmesidir.

Bu amaca yönelik olarak normal sıravari olarak ekimi yapılan; arpa, aspir, buğday, çavdar, keten, kişniş, susam, yonca ve yulaf tohumları ve bu tohumların akışını sağlayan dozajlama organı olarak normal sıravari ekim makinalarında yaygın olarak kullanılan oluklu makaralar kullanılmıştır. Oluklu makaralar, iki farklı çap (25 ve 50 mm) ve her biri on iki adet yarım daire oluğa sahip olacak şekilde fleksiglas malzemeden imal edilmiştir. Denemeler öncesinde tohumluk olarak kullanılan materyallerin fiziksel özellikleri belirlenmiş ve bu fiziksel özelliklerden biri olan hacim ağırlığı değeri teorik akışı hesaplamada kullanılmıştır. Her bir tohumun dolma katsayısı değerinin bulunabilmesi ve yapılacak akış denemeleri için bu çalışma çerçevesinde özel bir deneme düzeneği tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tümüyle bilgisayar kontrollü ve makaraların step motor ile tahrik edildiği bu deneme düzeninde, her bir tohumun farklı ekim normu değerlerini sağlayacak şekilde farklı makara devri ve makara uzunluklarını içeren değerlerde çalışılmıştır. Her bir çalışma koşulunda beş tekerrürlü olarak yapılan denemeler sonucunda 1660 adet akış verisi (Q; g/dak) elde edilmiştir. Akıştaki düzgünlüğün

bir göstergesi olarak beş tekerrürden hesaplanan varyasyon katsayısı, makara uzunluğu ve devir ile ilintilendirilmiştir.

Elde edilen tüm veriler kullanılarak dolma katsayısı modeli geliştirmek amacıyla beş farklı matematiksel model yaklaşımında bulunulmuştur. Geliştirilen her bir model, makara konstrüktif özelliği olarak toplam oluk hacmi (toplam oluk kesit alanı x makara uzunluğu) ve tohumun fiziksel özellikleri (tohum hacim ağırlığı, bin dane ağırlığı, iz düşüm alanı, uzunluk, genişlik, kalınlık, iki farklı sürtünme katsayısı ve küresellik) yanı sıra çalışma şartlarına ilişkin değişkenin (makara devri; d/dak) bir fonksiyonu olarak düşünülmüştür.

Her bir tohuma özgü dolma katsayısının (η) bulunmasında basit regresyon analizleri için Microsoft Excel ve tüm akış verilerinin kullanıldığı genel dolma katsayısı tahminleme modeli analizleri için Minitab paket programları kullanılmıştır. Genel tahminleme modellerinin oluşturulmasında Stepwise regresyon analizinde 95% olasılık düzeyinde çalışılmıştır. Her bir modelden elde edilen tahmini dolma katsayısı ve buna bağlı hesaplanan akış değerleri, ölçülen dolma katsayısı ve akış değerleri ile kıyaslanmıştır.

Çalışma sonucunda geliştirilen beş farklı dolma katsayısı modelinden en iyisini seçmek amacıyla farklı uygunluk kriterleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda en uygun modelin en az bağımsız değişkene sahip olan ve dolma katsayısının transforme ($\eta/1-\eta$) edildiği üstel model ($R^2=\% 89,42$) olduğu belirlenmiştir.

Söz konusu iki model arasında kıyaslama amaçlı ilave denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, söz konusu bu çalışmada kullanılan iki farklı tohum (keten ve yonca) için farklı devir ve makara uzunluklarında akış verileri elde edilmiştir. Bu verilerle yapılan kıyaslamalar sonucunda en iyi dolma katsayısı modelinin, dolma katsayısının transforme ($\eta/1-\eta$) edildiği üstel model olduğu belirlenmiştir. Seçilen bu model, farklı kesitteki bir oluklu makaradan soğan, kaplı ve kapsız kanola akış verilerini tahminlemede kullanılmıştır. Her üç tohumluk materyal için yapılan tahminlemeler ile ölçülen akış değerleri arasında çok yakın ilişki elde edilmiştir.

Yürütölen bu çalışma sonucunda, dolma katsayısı tahminleme modelleri geliştirilmesinin yanı sıra makaralardan tohum akışındaki düzgünlük (VK, %) değeerlerinden hareketle mevcut normal sıravari ekim makinalarında konströktif bazı değışiklikler yapılarak daha iyi bir sıra üzeri tohum dağılımının elde edilebileceği yargısına varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Normal sıravari ekim, tohum akışı, akış düzgünlüğü, matematiksel modelleme, model seçimi



ABSTRACT**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR
PREDICTING THE VOLUMETRIC EFFICIENCY FOR FLUTED ROLLS
METERING DIFFERENT CROP SEEDS**

OZDEMIR, Muhammed Hakan

MSc in the Department of Agricultural Engineering and Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Adnan DEGIRMENCIOGLU

December 2019, 101 pages

The objective of this study was to develop a mathematical model for predicting the volumetric (or mass flow rate) efficiency for fluted rolls metering different crop seeds. In order to meet this objective, some seeds planted by seed drills such as barley, safflower, wheat, rye, flax, coriander, sesame, alfalfa and oat as metered by fluted rolls that are commonly used for metering seeds and fertilizers were used in this study.

The fluted rolls used in this study was manufactured at two different diameters (25 and 50 mm) and each one was made of Plexiglass material with 12 flutes in a semicircle shape. The physical properties of the seeds were determined prior to experiment and the bulk density, one of these physical properties, was used to calculate the theoretical flow rate. A special test stand was designed and manufactured in order to conduct experiments in this study in order to find out the volumetric efficiency of the fluted rolls once different seeds were metered. Experiments were conducted at different roll revolutions (rpm) and roll lengths by considering the seed rate for each crop seeds and the rolls were driven by a step motor as controlled by a software installed on a laptop computer. Five replications were achieved for each experiment and a total of 1660 flow rate (Q ; g/min) data was obtained. The seed flow evenness values were calculated and reported as CV (%) values and correlated with the rpm and length of the rolls.

In order to predict the volumetric efficiency (and mass flow rate) from fluted rolls, five different mathematical models were developed. Each efficiency model developed was considered to be the function of the total volume (as found by multiplication of total cross sectional area of flutes and roll length) of the roll as a constructional variable and the physical properties of the seeds (bulk density, mass of thousand seeds, projected area, length, width, thickness, two different friction coefficients and sphericity) as seed related variables along with roll revolutions (rpm) as an operational variable.

Microsoft Excel and Minitab were used for the simple regression analysis and multiple regression analysis to create general prediction models to find out the volumetric efficiency for each crop seed, respectively. Stepwise regression analysis was achieved to create general prediction functions at a probability level of 95%. The volumetric efficiency and flow rate predictions obtained from each model was compared with the measured data.

Analysis based on different goodness of fit criteria were achieved to compare five different models in to order to select the appropriate one. The model selected by these analysis was the one in which the efficiency values were transformed using $(\eta/1-\eta)$ transformation.

The verification of the predictions obtained from the selected model I (linear model) and model V ($\eta/1-\eta$ transformed) was also achieved. For this purpose, some additional experiments to obtain the flow rate for two crops seeds used in this study were achieved at different rpm and roll lengths. It was found that the Model V revealed better predictions as compared to Model I. Hence, further comparisons with literature data were carried out for only Model V.

For the comparison with the literature data, the flow rate values obtained from a fluted roll metering onion, carrot, coated and uncoated canola seeds were used. These seeds were the ones that were not selected and included in the flow rate data to develop not only the selected model but also other four different mathematical models developed in this study. The volumetric efficiency and flow rate predictions obtained from the selected model was compared with the measured data for the onion, coated and uncoated canola seeds and a good agreement was found between the predicted and measured values.

The study conducted not only resulted in developing volumetric efficiency models but also revealed an important finding based on low flow evenness (low CV, %) values obtained. This information is such that some modifications to be made on seed drills may result in better seed distribution when planting cereals or other crops seeds.

Keywords: Planting by seed drills, seed flow, flow evenness, mathematical modelling, model selection



ÖNSÖZ

Yüzyıla yakın bir süredir normal sıravari ekim tohumun toprağa yerleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir teknik olmuştur. Söz konusu bu ekim makinalarında genellikle oluklu, dişli ve küçük helezonik iletim organları kullanılmış ve tahıllarda olduğu kadar yonca gibi küçük tohumlar ile gübrelerin de dozajlanmasında yaygın olarak kullanılmıştır.

Oluklu makaralardan akış miktarı ve akış düzgünlüğü basit bir olay gibi düşünülse de aslında oldukça karmaşık ve çok sayıda faktörün etkilediği bir problemdir. Böylesi bir olayda, çalışma koşulları (makara devri) ve iletimi yapılan materyalin fiziksel özellikleri (tohum hacim ağırlığı, bin dane ağırlığı, iz düşüm alanı, uzunluk, genişlik, kalınlık, iki farklı sürtünme katsayısı, küresellik vb.), birim zamandaki akış miktarı ve akış düzgünlüğünü önemli ölçüde etkilemektedir. Konstrüksiyona ilişkin değişkenler oluk çapı, oluk şekli, oluk hacmi, olukların sayısı, oluğun helis açısı ve oluk aktif uzunluğu şeklinde sıralanabilir.

Önceki çalışmalarda, normal sıravari olarak ekilen ürünlerin oluklu makaralar ile iletiminde bir dolma katsayısı modeline rastlanmamıştır. Bu bulgudan hareketle bir dolma katsayısı modelinin geliştirilmesi ve bu amaçla yürütülecek çalışmanın, pratiğe yönelik de bazı bulguları da sağlayacağı düşünülmüştür.

Söz konusu bu çalışma öncesinde literatürde yapılan incelemeler sonucunda farklı ürünlerin oluklu makaralara sahip mevcut sıravari ekim makinalarında oluklu makaralarla dozajlanmasında akış miktarının teorik kapasiteyi aştığı yönünde bilgilere ulaşılmıştır. Bu durum, dolma katsayısının bir değerinden büyük olduğuna ve makaralar dışında tohumların makina konstrüksiyonu nedeniyle serbest akışın gerçekleştiğine işaret etmektedir. Bu nedenden dolayı bu çalışma kapsamında dolma katsayısını hassas bir şekilde elde etmeyi sağlayıcı, oluklu makaraların step motor ile tahrik edildiği bilgisayar kontrollü özel bir deneme düzeni tasarlanmış ve imal edilmiştir.

Normal sıravari olarak ekilen dokuz farklı bitki tohumları ile denemeler gerçekleştirilmiş ve matematiksel formda dolma katsayısı modelleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen en iyi model olarak belirlenen modelin, literatürde yer

alan üç farklı ürün için akış tahminlemeleri yapılarak sınaması gerçekleştirilmiş ve yakın değerler elde edilmiştir.



İZMİR

20/12/2019

Muhammed Hakan ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	xi
ÖNSÖZ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xxi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxxix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Normal Sıraya Ekimin Matematik-İstatistik Esasları.....	4
2.2 Normal Sıravari Ekim Makinalarında Ekici Düzenler	7
2.2.1 Oluklu Makaralı Ekici düzen	7
2.2.2 Dişli makaralı ekici düzen.....	9
2.3 Ekim Makinalarında Akış Düzgünlüğüne Etki Eden Faktörler	10
2.3.1 Ekim normu ve ilerleme hızı	10
2.3.2 Makara aktif alanı ve devir sayısı	11
2.3.3 Makine titreşimi	12

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.3.4 Oluk şekli (çap, derinlik, şekil)	13
2.3.5 Karıştırıcı tipi.....	15
2.3.6 Ekimi yapılacak alanın eğimi	15
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	17
3.1 Gereç.....	17
3.1.1 Tohumlar	17
3.1.2 Tohumların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi	17
3.1.3 Ekici düzen	23
3.2 Yöntem	26
3.2.1 Oluklu makara dolma katsayısının belirlenme ölçümleri.....	26
3.2.2 Dolma katsayısının matematiksel modellemesi	29
4. BULGULAR	32
4.1 Akış miktarı	32
4.2 Dolma Katsayısı	39
4.3 Akış Düzgünlüğü.....	47
4.4 Teorik ve Ölçülen Akış Miktarı İlişkisi.....	55

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.5	Tahmin Edilen Ve Ölçülen Akış Miktarı Arasında Hassasiyet Analizi.....	62
4.6	Matematiksel Model Yaklaşımları	69
4.6.1	Model no:I (Doğrusal model).....	71
4.6.2	Model no:II (Dolma katsayısı transforme edilmiş ($\arcsin\sqrt{\cdot}$) model).....	74
4.6.3	Model no:III (Dolma katsayısı transforme edilmiş ($\log(\eta_1 - \eta)$) model	76
4.6.4	Model no:IV (Üstel model)	78
4.6.5	Dolma katsayısı transforme edilmiş ($\log(\eta_1 - \eta)$ üstel model)	80
4.6.6	Modellerin genel değerlendirmesi ve seçimi	83
4.7	Seçilen Dolma Katsayısı Modelinin Sınaması	85
4.7.1	Seçilen modelin, iki farklı ürün için farklı devir ve makara uzunluklarında sınanması.....	85
4.7.2	Seçilen modelin, diğer çalışmalarda elde edilen veriler ile sınanması.....	86
5.	TARTIŞMA	91
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	93
	KAYNAKLAR DİZİNİ.....	95
	TEŞEKKÜR	100

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ 101

EKLER



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Poisson Dağılımı	4
2.2. Normal sıraya ekimde, değişik μ değerlerinde, şeritlerdeki tohum sayıları	6
2.3. Oluklu makara model görünümü.....	7
2.4. Oluklu makaralı ekici düzen.....	8
2.5. Aktif alanı değişebilen oluklu makara.....	8
2.6. Dişli makara model görünümü	10
3.1 Sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği	20
4.1. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak arpa tohumlarının akış miktarı.....	32
4.2. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak aspir tohumlarının akış miktarı.....	33
4.3. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak buğday tohumlarının akış miktarı.....	33
4.4. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak çavdar tohumlarının akış miktarı.....	34
4.5. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akış miktarı.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.6. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akış miktarı	35
4.7. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akış miktarı	35
4.8. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akış miktarı	36
4.9. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akış miktarı.....	36
4.10. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akış miktarı.....	37
4.11. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akış miktarı	37
4.12. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akış miktarı	38
4.13. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yulaf tohumlarının akış miktarı.....	38
4.14. Oluklu makara (M2) ile çalışmada arpa tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi.....	39
4.15. Oluklu makara (M2) ile çalışmada aspir tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.16. Oluklu makara (M2) ile çalışmada buğday tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	40
4.17. Oluklu makara (M2) ile çalışmada çavdar tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	41
4.18. Oluklu makara (M1) ile çalışmada keten tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	41
4.19. Oluklu makara (M2) ile çalışmada keten tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	42
4.20. Oluklu makara (M1) ile çalışmada kişniş tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	42
4.21. Oluklu makara (M2) ile çalışmada kişniş tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	43
4.22. Oluklu makara (M1) ile çalışmada susam tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	43
4.23. Oluklu makara (M2) ile çalışmada susam tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	44
4.24. Oluklu makara (M1) ile çalışmada yonca tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	44
4.25. Oluklu makara (M2) ile çalışmada yonca tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi	45

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.26. Oluklu makara (M2) ile çalışmada yulaf tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi.....	45
4.27. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak arpa tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	47
4.28. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak aspir tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	48
4.29. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak buğday tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	48
4.30. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak çavdar tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	49
4.31. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	49
4.32. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	50
4.33. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	50
4.34. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	51
4.35. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	51

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.36. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	52
4.37. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	52
4.38. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı.....	53
4.39. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yulaf tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı	53
4.40. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6347$)	55
4.41. Oluklu makara (M2) ile aspir tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6595$)	56
4.42. Oluklu makara (M2) ile buğday tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7612$)	56
4.43. Oluklu makara (M2) ile çavdar tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7248$)	57
4.44. Oluklu makara (M1) ile keten tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6391$)	57
4.45. Oluklu makara (M2) ile keten tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,8407$)	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.46. Oluklu makara (M1) ile kişniş tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6595$).....	58
4.47. Oluklu makara (M2) ile kişniş tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7589$).....	59
4.48. Oluklu makara (M1) ile susam tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7935$).....	59
4.49. Oluklu makara (M2) ile susam tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,843$).....	60
4.50. Oluklu makara (M1) ile yonca tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,8333$).....	60
4.51. Oluklu makara (M2) ile yonca tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,824$).....	61
4.52. Oluklu makara (M2) ile yulaf tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,5191$).....	61
4.53. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı.....	62
4.54. Oluklu makara (M2) ile aspir tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı.....	63
4.55. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.56. Oluklu makara (M2) ile çavdar tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	64
4.57. Oluklu makara (M1) ile keten tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	64
4.58. Oluklu makara (M2) ile keten tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	65
4.59. Oluklu makara (M1) ile kişniş tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	65
4.60. Oluklu makara (M2) ile kişniş tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	66
4.61. Oluklu makara (M1) ile susam tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	66
4.62. Oluklu makara (M2) ile susam tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	67
4.63. Oluklu makara (M1) ile yonca tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	67
4.64. Oluklu makara (M2) ile yonca tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	68
4.65. Oluklu makara (M2) ile yulaf tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.66. Model No: I tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri	73
4.67. Model No: I tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri.....	74
4.68. Model No:II tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri	75
4.69. Model No: II tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri	76
4.70. Model No: III tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri	77
4.71. Model No: III tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri	78
4.72. Model No: IV tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri	79
4.73. Model No: IV tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri.....	80
4.74. Model No: V tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri	81
4.75. Model No: V tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri	82
4.76. Kaplı kanola tohumları ile modelin sınanması	87
4.77. Kapsız kanola tohumları ile modelin sınanması	88
4.78. Soğan tohumları ile modelin sınanması.....	89
4.79. Havuç tohumları ile modelin sınanması	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Denemelerde kullanılan tohumların fiziksel özellikleri	22
3.2 Tohum çeşitlerine göre gerçekleştirilen tam faktöriyel deneme deseni.....	27
3.3 Tohum akışındaki düzgünlük	29
3.4 Dolma katsayısını tahminleme için geliştirilen matematiksel model formları	30
4.1 Akış düzgünlüğü (%VK) değerlerinin kullanılan tohum ve makara çapına bağlı olarak gerçekleştirilen denemeler uyarınca sayısal ve yüzdesel dağılımı.....	54
4.2. Matematiksel Model I' e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları	71
4.3. Matematiksel Model II' ye katkısı olan değişkenler ve katkı oranları	75
4.4. Matematiksel Model III' e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları.....	77
4.5. Matematiksel Model IV' e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları	79
4.6. Matematiksel Model V' e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları.....	81
4.7 Dolma katsayısı (η) değerine bağlı model seçimi için hesaplanan kriter değerleri	83
4.8 Akış değerlerine bağlı model seçimi için hesaplanan kriter değerleri	83

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)ÇizelgeSayfa

- 4.9 Dolma katsayısı (η) ve Akış (g/dak) değerleri için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki en büyük ve en küçük fark.....84
- 4.10 Matematiksel Modellerde tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı ve akış (η ve Q) değerlerinin değişim aralığı.....84
- 4.11. Matematiksel model geliştirmekte kullanılan iki farklı ürün, ancak veri setinde yer almayan üç farklı devir ve makara uzunluğunda sınanmasına ilişkin sonuçlar 86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
η	Oluklu makara dolma katsayısı
Q	Tohum akış miktarı (g/dak)
$V_{Q_{\text{vteo}}}$	Teorik hacimsel akış miktarı (mm^3/dak)
$V_{Q_{\text{mteo}}}$	Teorik kütleli akış miktarı (g/dak)
$Q_{\text{mölç}}$	Ölçülen akış miktarı (g/dak)
Q_{mteo}	Teorik akış miktarı (g/dak)
γ	Hacim ağırlığı (kg/m^3 veya g/mm^3); matematiksel modellerde (kg/m^3)
A_p	Tohumların en büyük iz düşüm alanı (mm^2)
V	Oluklu makara toplam hacmi (mm^3)
μ_1	Materyal-materyal üstünde sürtünme katsayısı ($\mu_1=\tan \alpha$)
α	Doğal yığılma açısı ($^\circ$)
μ_2	Tohum-Fleksiglas üstünde sürtünme katsayısı ($\mu_2=\tan \beta$)
β	Tohumların plexiglass yüzeyi üzerinde sürtünme açısı ($^\circ$)
m_{1000}	Tohum bin dane ağırlığı (g)
l	Tohum uzunluğu (mm)
w	Tohum genişliği (mm)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

t	Tohum kalınlığı (mm)
ϕ	Tohum küreselliği
ϕ_{M1}	Küçük çaplı makara
ϕ_{M2}	Büyük çaplı makara
n	Oluklu makara devri (d/dak)
r	Korelasyon katsayısı
E_{RMS}	Hata kareleri toplamı (Root Mean Square Error)
χ^2	Ki-kare testi
S	Standart sapma
R^2	Tahminleme katsayısı (Coefficient of Determination)
$a, b, c, \dots, k$	Model sabitleri (Parametreler)

Kısaltmalar

d	makara devir sayısı (devir)
dak	dakika
g	gram
kg	kilogram

1. GİRİŞ

İnsan besini olarak kullanılan tahıllar, az miktarda protein ve yağ içermekle birlikte özellikle E ve B vitamini, mineraller, karbonhidrat öğelerinden zengindir. B1 vitamininin en iyi kaynaklarından biri durumundadırlar. Sahip oldukları yüksek lif oranı ile hastalıklara karşı direnç gösterirler, özellikle de kilo kontrolü için sağlıklı ve önemli besin maddeleridir.

Ülkelerin farklı yaşam şartları ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak, tahılların ve tahıl ürünlerinin toplam besin tüketimi içindeki payı değişiklik göstermektedir. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak geçmişte olduğu gibi günümüz de ve gelecek yıllarda temel nitelikli besin kaynağı olarak üretimi/tüketimi önemini arttırarak sürdürecektir (Boydaş ve Turgut, 2006).

Geçmiş yıllarda artan nüfusa bağlı olarak artan gıda gereksinimi tarım alanlarının genişletilmesi yoluyla tahıl vb. ürünler ile karşılanırken günümüzde bu pek mümkün olmamaktadır. Önceleri insan ve hayvan gücüne dayalı tarım yapılırken eğimli arazilerde üretim sağlanabilirken günümüzde mekanizasyonun yetersiz kalmasından dolayı belirli bir eğim değerinin üzerindeki arazilerde üretim yapılamamaktadır. Bu gibi arazilerin makinalı tarıma elverişli hale getirilmesi zor ve yüksek maliyetli olduğundan kullanım dışı kalmışlardır.

Artan sanayi bölgeleri, yerleşim yeri ihtiyacı ve bilinçsiz kullanım nedeniyle tarıma elverişli araziler de hızla azalmaktadır. Tarıma kazandırılacak arazilerin azlığı ve yüksek miktarda yatırım gerektirmesi de bu durumu zorlaştırmaktadır. Söz konusu nedenlerden dolayı tarımsal üretimin arttırılması büyük oranda birim alandan elde edilen verimin arttırılması ile sağlanabilir (Boydaş ve Turgut, 2006).

Tarımsal üretimde yüksek verimlerin elde edilebilmesi için birim alanda yetişen bitki sayısının üretim alanına göre uygun miktarda seçilmesi gerekmektedir. Organik madde ve bitki besin elementlerince zengin olan alanlarda daha fazla bitki verimli bir şekilde yetişebilmekteyken fakir topraklarda aynı sayıya göre verim değeri düşüş göstermektedir. Bu durumun yanı sıra bir arazideki her bitkinin de eşit yaşam alanına sahip olması birim alandan alınan verimi etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bitki dağılımındaki bu eşitlik ise ancak tohum dağılımındaki düzgünlük ile sağlanabilir (Heege, 1993).

Geçmişten günümüze tohum-toprak ilişkisini sağlamak için çeşitli ekim teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları;

- Serpme ekim,
- Banda ekim,
- Normal sıravari ekim,
- Tek dane ekimdir.

Birim alana ekilecek tohum sayısı sabit tutulduğunda ortalama olarak en uygun komşu tohum mesafesi serpme ekim yönteminde elde edilmiştir. Fakat serpme ekimde komşu tohum uzaklığı uygun düzeyde olsa da tohumun toprağa karıştırılması esnasında meydana gelen bazı sorunlar vardır. Bunların en önemlisi uygun tohum derinliğinin her tohum için eşit miktarda sağlanamamasıdır. Bu durum tohum kayıplarını arttırmakta dolayısı ile verimi azaltmaktadır. Yapılan denemeler sonucu serpme ekime en yakın komşu tohum uzaklığı değerini, normal sıravari ekim tekniği sağlamaktadır. Normal sıravari ekim tekniğinde tohum derinliği de uygun değerlere yakın olarak sağlanabildiğinden en yaygın kullanılan ekim tekniklerinden biri olmuştur (Önal, 2011).

Normal sıravari ekim makinaları birçok tahıl tohumunun yanı sıra çeşitli tıbbi ve aromatik bitki tohumlarının ekiminde de kullanılmaktadır. Ekim esnasında gübre dağıtımı da yapan kombine ekim makinaları da geliştirilmiştir. Bu ekim makinalarında tohum ve gübre miktarının ayarlanması hacimsel esasa dayanmaktadır.

Normal sıravari ekim makinalarının temel parçaları tohum sandığı, tohum dağıtım düzeni, tohum boruları, gömücü ayaklar, çizi kapama düzeni, transmisyon sistemi, derinlik ayar düzeni, çatı ve tekerleklerdir. Tohum dağıtım düzeni ekim makinalarında tohum dağılım düzgünlüğüne etki eden en önemli organdır (Boydaş ve Turgut, 2006).

Günümüzde normal sıravari ekim tekniğinde sıraya kesintisiz akış sağlayan tohum iletim organları yaygın olarak kullanılmaktadır (Gökçebay, 1986; Srivastava, et al., 1996).

Tahıl ekiminde yaygın olarak kullanılan normal sıravari ekim makinalarında kullanılan en yaygın ekici düzen yarım daire oluklara sahip ekici makaralardır. Bu ekici düzende düzgün bir tohum dağılımının sağlanması için araştırmacılar ve

Üreticiler tarafından çeşitli iyileştirmeler yapılmış olmasına rağmen oluklu makaralı ekici düzenlerde akış düzgünlüğünde hala geliştirilecek noktalar mevcuttur.

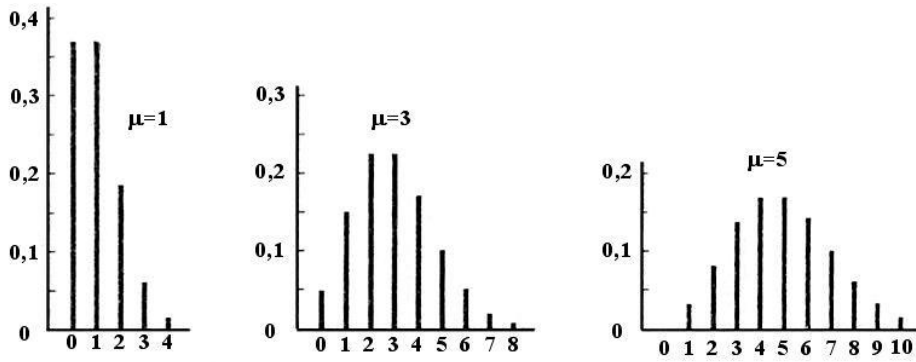
Bu makinalarda karşılaşılan problemlerden biride üreticilerin ekim makinası için oluşturdukları norm skalalarının uygulamada alakasız sonuçlar vermesidir. Dolayısı ile makine sahipleri birkaç tarla denemesi yaparak norm değerini istediği derecede ayarlamaktadır. Skala değerleri ile dökülen tohum miktarı farklı olduğu için ekimi yapılacak alan için gerekli tohum miktarı kesin olarak belirlenememektedir. Bu da alan içinde bile tohum dağılım düzgünlüğüne azaltmakta verimde kayıplara neden olmaktadır.

Oluklu makaralarda olukların tohumla dolma oranını ifade eden dolma katsayısı tohum akış miktarını etkileyen faktörlerdendir. Bu çalışmada farklı tohumlar için ölçülecek olan dolma katsayısı değerleri ile tohum akışını tahminleyen bir model geliştirilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilecek olan model, halen üretimi yapılan normal sıravari ekim makinalarında, normal sıravari ekimi yapılacak ürünlere özgü uygun oluklu makaranın ve devrinin seçimine imkân verecektir. Çalışmadan elde edilecek diğer bulguların (akışta düzgünlük vb.) ise halen imalatı yapılan normal sıravari ekim makinalarında yapılacak bazı konstrktif modifikasyonlar ile sıra üzeri tohum dağılımında iyileştirmeler sağlayacağı dlmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Normal Sıraya Ekimin Matematik-İstatistik Esasları

Sıra üzeri tohum dağılımı, olabildiğince düzgün olmalıdır. Normal sıraya ekimde tohumlar çiziye hacim ayarı yapan ekici düzenlerle bırakılır. Sıra üzeri tohum dağılımı Poisson Dağılımı karakterindedir (Önal, 2011). Poisson dağılımı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Poisson Dağılımı (Weber, 1967)

Tohum aralıklarının tekdüzelik ölçüsü, varyasyon katsayısı (VK.,%) ile ifade edilir. Varyasyon katsayısını ne kadar düşük olursa o derecede başarılı bir ekim gerçekleştirilebilmektedir.

$$VK = \frac{s}{\bar{z}} \times 100 \quad (1.1)$$

Burada, s: standart sapma e z ise, ortalama tohum aralığıdır (Önal, 2011).

Normal sıraya ekimde, bitki sırasına dik, genişliği “L” olan şeritlerdeki tohum sayılarının dağılımı, Poisson dağılım denklemi ile tanımlanabilir (Blenk, 1951; Önal, 2011).

$$f(r) = \frac{\mu^r}{r!} \times e^{-\mu} \quad (1.2)$$

Formülde:

r – L genişliğindeki şeritteki tohum sayısı,

μ - Poisson popülasyon ortalaması (şeritlerdeki toplam tohum adedinin ($\sum n$), toplam şerit sayısına ($\sum s$) bölünmesi ile bulunur.

e – Doğal logaritmanın tabanı (2,718),

$f(r)$ – Her birinde r ($r = 0,1,2,\dots,r$) adet tohum bulunan şeritlerin nispi miktarı (ondalık cinsinden).

Normal sıraya ekim makinalarıyla yapışkan bant üzerine yapılan ekimlerden elde edilen sıra üzeri tohum dağılımının, Poisson dağılımına uygunluğu, varyasyon faktörü (dispersiyon indeksi) ile kontrol edilir (Griepentrog, 1991).

Bu amaçla, gerçek tohum dağılımının varyasyon faktörü (V_f) hesaplanır:

$$V_f = \frac{s^2}{\mu} \quad (1.3)$$

Varyans (S^2):

$$S^2 = \frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i \times f_i)^2 / n}{n-1} \quad (1.4)$$

Formülü ile hesaplanır. Burada;

X_i – Beklenen değer,

f_i – Nispi değer,

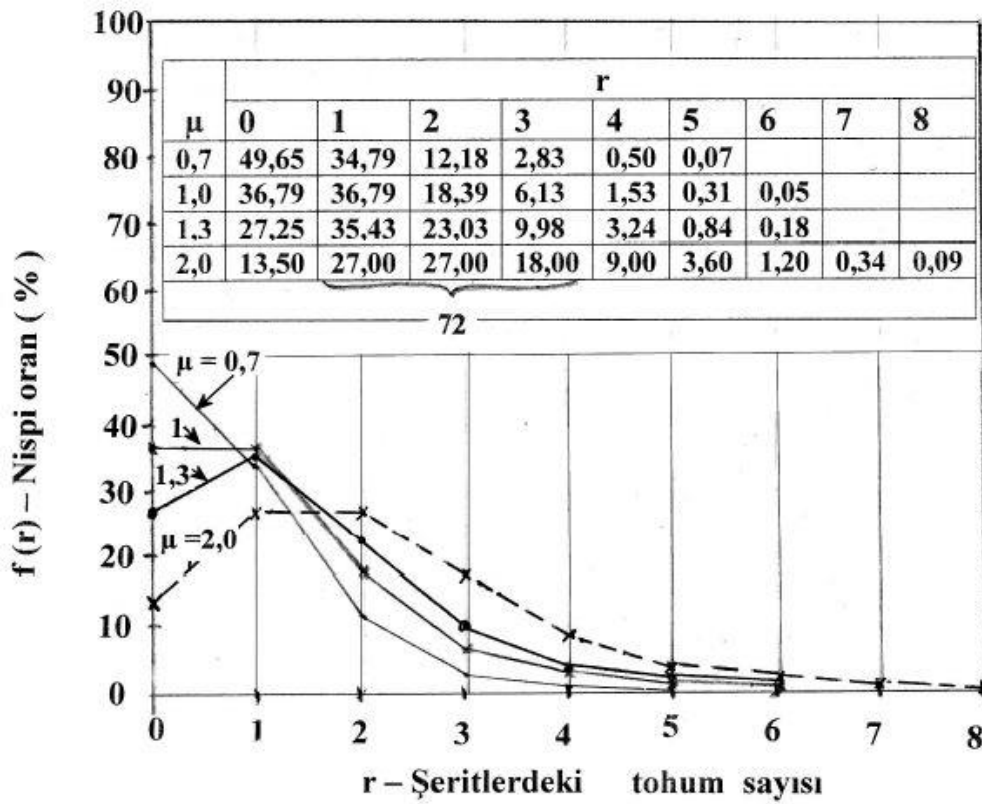
n – Örnek toplam ölçüm sayısıdır.

Gerçek bir dağılım için, aşağıdaki değerlendirmeler verilebilir:

$V_f > 1.1$: Negatif Binomiyal dağılım. Sıra üzeri tohum dağılımında sıkça rastlanan boşluk ve kümelenmeler, tohum dağılımındaki düzgünlüğü bozar.

$0.9 < V_f < 1.1$: Poisson Dağılımı. Sıra üzeri tohum dağılımındaki boşluk ve kümelenmeler normaldir. Normal sıraya ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılımının, bu koşulları sağlaması beklenir.

$V_f < 0.9$: Binomiyal dağılım. Sıra üzeri tohum dağılımının karakteri, boşluk ve kümelenmelerin azlığı oranında (küçük V_f), tek dane ekime yönelir.



Şekil 2.2. Normal sıraya ekimde, değişik μ değerlerinde, şeritlerdeki tohum sayıları

Şekil 2.2’de $\mu=0.7$, 1.0, 1.3 ve 2.0 değerleri için, şeritlerdeki tohum sayılarının değişimi görülmektedir. Şekil 2’deki teorik Poisson dağılımında görüldüğü gibi, şeritlerde ortalama tohum sayısı $\mu=2$ alındığında, 1, 2 ve 3 tohumlu şeritlerin toplam değeri % 72 olmaktadır (Önal, 2011; Ertuğrul, 2010).

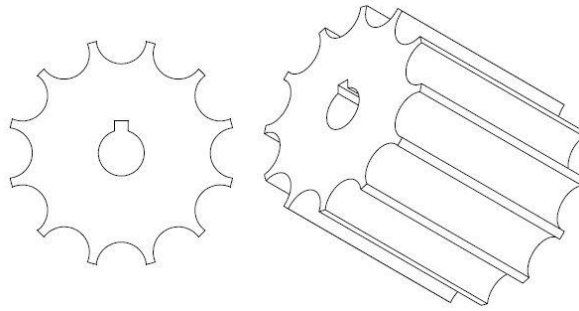
2.2 Normal Sıravari Ekim Makinalarında Ekici Düzenler

Tohumların, tohum yatağına bırakılırken eşit yaşam alanına sahip olmasını sağlayan ekim makinası organlarından en önemlisi ekici düzendir. Ekim esnasındaki düzgün tohum dağılım karakteristiği makinanın ekici düzeninin verimliliği ile doğrudan ilintilidir.

Tarihten günümüze serpmek ekim dâhil olmak üzere birçok ekici düzen geliştirilmiştir. Normal sıravari ekim makinaları Türkiye ve dünya çapında yaygın olarak kullanıldığı için birçok ülkede araştırma çalışmaları yapılmış ve farklı sistemler geliştirilmiştir. Temel çalışma prensibi olarak benzer oldukları için oluklu ve dişli makaralı ekici düzenler incelenmiştir.

2.2.1 Oluklu Makaralı Ekici düzen

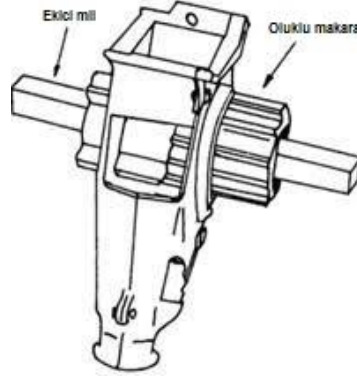
Türkiye’de en yaygın olarak kullanılan ekici düzendir. Bu tip bir ekici düzende çeşitli maddelerden (dökme demir, delrin) yapılmış üzerinde dozajlama yapılacak ürün özelliğine göre değişen sayılarda oluk bulunan bir makara bulunur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Oluklu makara model görünümü

Bu makaralar genellikle tohum deposunun altına yerleştirilmiş tohum hücreleri içinde bulunur. Pnömatik ekim makinaları dışındaki ekim makinalarında her bir gömücü ayak için bir tane tohum ve bir tane gübre için olmak kaydıyla iki adet oluklu makara bulunur. Makaralar devir hareketini makinanın taşıyıcı tekerleklerinden dişli mekanizma yardımıyla merkezlerinden geçen milden alırlar

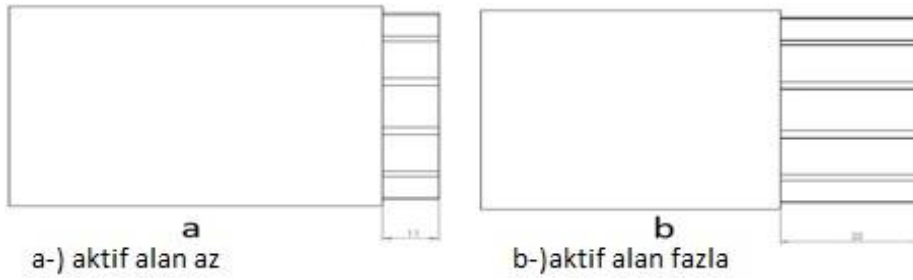
(Şekil 2.4). Makaralar dönerken oluklara dolan tohumları hemen altlarında yerleştirilmiş olan tohum iletim borularına iterek düşürürler.



Şekil 2.4. Oluklu makaralı ekici düzen

Oluklu makaralar imalatçının tercih ettiği makine tasarımına göre alttan akışlı veya üstten akışlı olmak üzere devir yönü olarak iki farklı seçenekte üretilebilmektedir. Türkiye’de imal edilen makinaların tamamına yakını alttan akışlı olarak üretilmektedir (Önal, 2011).

Oluklu makaralarda norm ayarı iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan biri makaranın tohum hücrelerinde dönen olukların aktif alanını değiştirerek diğeri ise oluğun devir hızının çeşitli aktarım organları ile değiştirilmesi ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.5. Aktif alanı değişebilen oluklu makara

Aktif alanı değişebilen oluklu makaralarda bir manivela yardımı ile makinadaki olukların üzerini saran bir rulonun (makinalara göre değişiklik gösterebilir) hareket ettirilmesi ile tüm oluğun dolması engellenir (Şekil 2.5). Böylece olukların sadece açık kalan kısmı iletim yapma imkânı bulur ve istenen norm değeri sağlanmış olur. Aktif alanı değişmeyen oluklu makaralarda ise makara

aktif alanı daima sabittir. Tekerlek ve makaraların üzerine sabitlendiği mil arasında devrin değiştirilmesi sağlanarak norm ayarı yapılabilir. Aktif alanı değişmeyen oluklu makaralarda farklı büyüklükteki tohumların iletiminde sorunlar meydana gelebilmektedir (Önal, 2011).

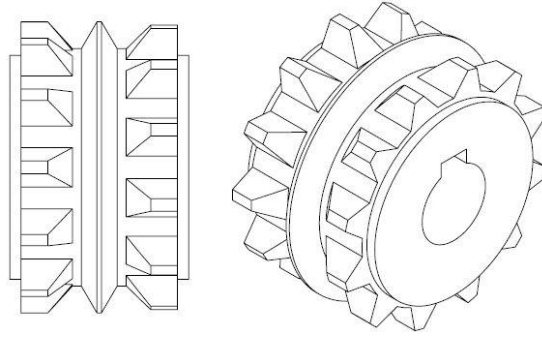
Oluklu makaralar devir hareketlerini ekim makinasının tekerleklerinden aldığı için makinanın hızındaki değişimler aynen makara devrinde de meydana gelir ve istenen norm değeri sabit tutulur.

2.2.2 Dişli makaralı ekici düzen

Dişli makaralar da çalışma prensibi olarak oluklu makaralarla aynıdır. Bu makaralarda boydan boya oluk yerine makara üzerinde aynı veya farklı doğrultularda yerleştirilmiş çıkıntılar (dişler) bulunmaktadır. Bu dişler makinanın ekmesi amaçlanan tohumların fiziksel özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılık sayesinde farklı büyüklükteki tohumların iletilmesinde tohumun zarar görmesi engellenmiş olmaktadır. Küçük tohumların ekilmesi için tasarlanan dişli makaralarda ortada üçgen formda bir kuşak bulunur. Bu kuşak uzun formdaki tohumların zarar görmeden ekimini sağlar.

Norm ayarı makara devir hızının değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Böylece düşük norm değerlerinde çalışmada düzgün bir tohum akışı sağlanabilmektedir. Dişli makaralarda tohum/dane kaybı (zarar görmesi) daha azdır (Önal, 2011).

Genel olarak dişli makaralar küçük daneli tohumların ekiminde kullanılmaktadır. Bunun nedeni düşük makara devir hızında daha istikrarlı çalışabilmesi düzgün bir iletim sağlamasıdır. Büyük daneli tohumların ekiminde kullanılmak için tasarlanmış dişli makaralarda dişler daha büyük olmakla birlikte farklı diş profillerine sahip olabilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Dişli makara model görünümü

2.3 Ekim Makinalarında Akış Düzgünlüğüne Etki Eden Faktörler

Bitkisel üretim uygulamaları içinde en yaygın kullanılan ekim makinalarının tohum ve gübre dozajlaması oluklu makaralar ile sağlanmaktadır. Çeşitli dozajlama üniteleri geliştirilmiş olsa da bunlar içinde en verimli olanı makaralı dozajlama ünitesidir. Oluklu makaralarda makara büyüklüğü, oluk şekli, aktif oluk uzunluğu, oluklu makaranın devri gibi değerlerin değişimi ile çeşitli tohumların ve gübrelerin dozajlanması sağlanabilmektedir. Havalı pnömatik ekim makinalarında bir adet büyük oluklu makara kullanılırken Türkiye’de yaygın olarak kullanılan normal sınavari ekim makinalarında ise her bir gömücü ayak için bir tane oluklu makara kullanılmaktadır.

Yaygın olarak kullanıldığı için oluklu makaralar üzerine birçok araştırma yapılmış değişik faktörlerin akış düzgünlüğü üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Ülkemizde makine üreticileri imalat yöntemleri elverdiğince bu araştırmalara yönelik sonuçları göz önünde bulundurarak bazı tasarım değişikliklerine gitmektedirler. Bu araştırmaların sonucunda elde edilen bulgular başlıklar halinde açıklanmıştır.

2.3.1 Ekim normu ve ilerleme hızı

Normal sınavari ekime uygun bitkilerin düzgün bir gelişim gösterebilmeleri için sıra üzeri ve sıra arası tohum dağılım düzgünlüğünün iyi derecede olması gerekmektedir. Dolayısıyla ekim yapan makinanın, ekici düzenleri tohumu çok düzgün bir şekilde gömücü ayaklara göndermeli ki tohumlar büyük oranda eşit bir

yaşam alanı ve yeterli besin maddesine ulaşabilsin. Ekim normu ve makine ilerleme hızı tohum dağılım düzgünlüğünü etkileyen birkaç önemli faktör arasındadır.

Ekim makinalarında makinanın teorik ekim değerleri ile gerçek ekim esnasında sağladığı değerler arasında bazı farklılıklar meydana gelmektedir (Altuntaş, vd., 2007). Bu konu ile alakalı çalışma yapan araştırmacılar tarafından değişik ilerleme hızlarında ve norm değerinde dağılım düzgünlüğünün farklılık gösterdiği saptanmıştır ayrıca ilerleme hızı ve norm değeri arttıkça tohum dağılım düzgünlüğü iyileşmiş olarak rapor edilmiştir (Turgut, vd., 1991).

Enine tohum dağılım düzgünlüğünün belirlenmesine yönelik olarak yapılan bazı çalışmalarda ilerleme hızı ve norm değerlerindeki değişimin düzgünlüğüne etkisinin istikrarlı olmadığı belirtilmiştir (Keskin, 1988). $0,5-1 \text{ ms}^{-1}$ hız aralığında dağılımın düzgün olduğunu saptayan Aykas, vd., (1991) ilerleme hızının $1,5 \text{ ms}^{-1}$ ye çıkarıldığında dağılım düzgünlüğünün bozulduğunu ifade etmişlerdir.

Buğday ve fiğ tohumları ile yapılan bir çalışmada elde edilen sonuçlar şöyledir. İlerleme hızı ve norm artışına bağlı olarak sıralar arası tohum dağılım düzgünlüğü bozulmuştur. Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü de ilerleme hızı ve norm artışına bağlı olarak bozulmalar göstermiştir. Araştırmada ekim makinasının iyi bir ekim performansının sağlanması için düşük hız ve norm değerlerinde çalışılmalıdır (Altuntaş, vd., 2007).

Merkezi oluklu makaralı ekici düzene sahip pnömatik normal sıravari ekim makinası ile yapılan bir çalışmada ise makine ilerleme hızının artışına bağlı olarak makinanın ekim kalitesinin arttığını belirlenmiştir (Yazgı, vd., 2012). Sıra arası ve sıra üzeri tohum dağılımı ilerleme hızının artışıyla iyileşme eğilimindedir.

2.3.2 Makara aktif alanı ve devir sayısı

Oluklu makaralar üretimlerinin düşük maliyetli ve kolay olması nedeniyle imalatçıların büyük oranda tercih ettikleri ekici düzen parçasıdır. Ayrıca kullanımının ve norm ayarının kolay bir şekilde yapılabilmesinin yanı sıra

makinanın ilerleme hızına bağılı olarak gerekli norm değerini sağladığından dolayı verimli çalışan ekici düzenlerden biridir (Yıldırım ve Turgut, 2007).

Genel olarak tahıl ekiminde kullanılan normal boyutlardaki bir oluklu makara küçük daneli tohumların ekiminde de kullanılabilir. Ancak bu tohumlar için gerekli norm değerinin sağlanabilmesi için makara aktif iş genişliği ve makara devri düşük derecelerde olması gerekmektedir (Önal ve Ertuğrul, 2011).

Ülkemizde üreticiler normal sıravari ekim makinalarına monte edilebilecek mini oluklu makaralı ekici düzenle birçok farklı tohumu bir makine ile ekebilmek için çalışmalar yürütmektedirler.

Önal ve Ertuğrul, (2011), küçük daneli tohumlarla yaptıkları bir çalışmada mini oluklu makara aktif iş genişliğine bağılı olarak tohum akış debisinin de doğrusal bir şekilde artış gösterdiğini saptamışlardır. Mini oluklu ekici makara ile soğan, havuç ve kanola tohumlarıyla yapılan bu çalışmada makaranın aktif iş genişliğinin artmasıyla tohum dağılım düzgünlüğü artmıştır. Fakat yüksek makara devirlerinde çalışırken makara aktif iş genişliğinin artması dağılımı bozmuştur. Yapılan bu çalışmanın sonuçları genel olarak şu şekildedir. Mini oluklu ekici makaranın aktif iş genişliği 6-12 mm arasında ve 90-560 g/dak ekim normu aralığında soğan tohumu ve havuç tohumu orta kalitede ekilebilir. Bunun yanı sıra 6-12 mm aktif iş genişliğinde ve 170-1050 g/dak ekim norm değerinde kaplı ve kapsız kanola tohumlarını iyi kalitede ekileceği ifade edilmiştir.

2.3.3 Makine titreşimi

Normal sıravari ekim makinalarında akış düzgünlüğü ekimi yapılacak olan tohum cinsi, ekim normu, çalışma esnasında ki toprak koşulları, ekilecek alanın yüzey düzgünlüğü alandaki kaya ve kesek varlığı makine ağırlığı ve lastik hava basıncı gibi nedenlerden meydana gelen farklı frekans ve genliklerdeki titreşimlerden etkilenmektedir (Boydaş ve Turgut, 2006).

Farklı gübre dağıtma düzenleri kullanarak gübrelerdeki farklı seviyelerdeki titreşimin akış düzgünlüğünü belirlemek için yapılan çalışmada dağıtıcı düzen ve

norma göre titreşimden önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir (Özsert, vd., 1994).

Buğday ve arpa ile yapılan farklı titreşim seviyelerinin uygulandığı bir ekim denemesinde % VK değerleri % 5-10 arasında elde edilmiştir. Dişli makara ile yapılan çalışmada titreşimin buğdayın akış düzgünlüğüne etkisi önemsiz düzeyde gerçekleşirken titreşim frekansının artmasıyla % VK değerinde küçük bir azalma meydana gelmiştir. Arpada ise titreşim frekansının artması ile % VK değeri çok az bir artış göstermiştir. Fakat bu değişimler akış düzgünlüğü üzerinde önemli bir fark meydana getirmediğinden dişli makaralı ekici düzen için titreşimin etkisi olmadığı ifade edilmiştir (Boydaş ve Turgut, 2006).

Diamonyum Fosfat (DAP) gübresi ile yapılan bir başka çalışmada ise titreşimin ve diş sayısının akış düzgünlüğüne olan etkisi araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda dişli makaranın diş sayısındaki artış akış düzgünlüğünü önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir. Dört farklı titreşim seviyesinde gerçekleştirilen deneme sonucunda titreşimin gübre akış düzgünlüğüne olan etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir (Boydaş ve Turgut, 2006).

Turgut, vd., (1992) yaptıkları çalışmada titreşimin dağılım düzgünlüğü üzerine etkilerini araştırmışlar ve düşük ilerleme hızında % VK değerini arttırırken yüksek ilerleme hızlarında % VK değerini azalttığını belirtmişlerdir.

2.3.4 Oluk şekli (çap, derinlik, şekil)

Yaygın olarak kullanılan tahıl ekim makinalarında tohumların gömücü ayaklara dozajlanarak iletilmesinde kullanılan oluklu makaralardaki oluk çapı, derinliği ve şekli akış düzgünlüğüne etki eden önemli faktörlerdendir. Oluklu makaraların bu özelliklerinin tohum akış miktarı ve düzgünlüğüne etkisinin belirlenmesi için yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Yonca tohumu ile yapılan çalışmada oluk çap ve uzunluğunun etkileri araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda oluk çapının artışıyla tohum akış miktarı ve düzgünlüğü de artmıştır. Yonca tohumu için en uygun değerler 6-8 mm oluk çapı,

15-25 mm oluk uzunluğu ve 20-40 d/dak makara devir sayısı olarak belirlenmiştir (Güler, 2000).

Farklı oluk derinliklerinde buğday, arpa ve çavdar ile gerçekleştirilen ekim denemesinde buğday arpa ve çavdarda oluk derinliğinin artması ile akış düzgünlüğü norma bağılı olmadan iyileşmiştir (Kuş ve Yıldırım, 2009).

Yıldırım, vd., (2004), trapez, yarım daire ve yatık oluk şekillerinin buğday ve arpa tohumlarının akış düzgünlüğüne olan etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada trapez oluk şekilli makaranın da kullanıma uygun olacağını ifade etmişlerdir.

Oluk şekillerinin küçük daneli tohumların ekiminde akış düzgünlüğüne olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yarım dairesel oluk, üçgen ve trapez şekilli oluklu makaralar ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaya göre makaralı ekici düzenlerde makara şeklinin akış düzgünlüğüne etkisinin önemli derecede olduğu belirlenmiştir. Yonca ve susam tohumları ile gerçekleştirilen bu denemede en iyi akış sağlayan oluk şekli yarım daire şeklindeki oluklu makara olmuştur. Yonca ve susam için % VK değerleri yarım daire şekilli oluklu makarada sırasıyla % 7-13 ve % 10- 21 değerleri arasında gerçekleşmiştir (Yıldırım ve Turgut, 2007).

Oluk çapı ve oluğun helis açısının akış düzgünlüğüne etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada amonyum sülfat ve diamonyum fosfat gübreleri kullanılmıştır. Bu araştırmada helis açısının ve oluk çapının artması artan makara devri ile birlikte akış düzgünlüğünü iyileştirmiş ve en iyi sonucunda oluk çapının 14 mm helis açısının 20° olduğu belirlenmiştir (Kara, vd., 2010).

Güler (2011), yaptığı çalışmada oluk çapı ve helis açısının mercimek tohumu akış düzgünlüğü üzerine etkisini araştırmıştır. Oluk çapının artmasıyla akış düzgünlüğü bozulmuş yani % VK değeri artmış, helis açısının artması ile akış düzgünlüğü artmış, % VK değeri azalmıştır. Ayrıca aynı makara devir hızında en yüksek debiyi 0° helis açısına sahip makara sağlamıştır.

Soya tohumunun ekiminde kullanılan oluklu makaranın oluk çapı ve oluk derinliği değerlerinin etkisi incelenmiş ve oluk çapındaki azalış akış düzgünlüğünü iyileştirmiştir. Oluk derinliği değeri de azalırken azda olsa % VK değerini azaltmıştır. Soya için en uygun değerlerin $1,5 \text{ ms}^{-1}$ ilerleme hızı, 18 mm oluk çapı ve 5-8 mm oluk derinliği olduğu sonucuna varılmıştır (Yıldırım ve Kuş, 2016).

2.3.5 Karıştırıcı tipi

Genel olarak kombine normal sınavari ekim makinalarının gübre deposu bölümünde karıştırıcı bulunur. Bunun sebebi gübrelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı yapışkanlık özelliği göstermesindendir. Gübreler depo içerisinde kubbe oluşturmaya veya depoya konulan gübrenin topaklı olması durumunda makinanın dağıtım düzenleri boş kalmakta veya tıkanabilmektedir. Bunları engellemek için farklı tiplerde karıştırıcılar kullanılmaktadır. Tohum deposu kısmında bu tür tıkanmalar meydana gelmese de tohum ilaç karışımını gerçekleştirmek için tercih edilebilir.

Karıştırıcı tipinin akış düzgünlüğüne etkisini araştıran Yıldırım, vd, (2002), bar (çubuk) ve disk tipi karıştırıcıların farklı açılar değerlerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmada karıştırıcı tipi karıştırıcı mil hızı ve karıştırıcının mil üzerine bağlanma açısı değerlendirilmiştir. Karıştırıcı özellikleri akış düzgünlüğünde kayda değer bir değişim meydana getirmezken TSP gübresinde disk tipi % 7,23 VK değeri sağlarken CAN gübresinde VK değeri % 4,35 olarak ölçülmüştür. Ayrıca karıştırıcının devir sayısındaki artış TSP % VK değerinde artışa neden olurken CAN gübresinde istikrarsız bir azalış göstermiştir. Karıştırıcıların mile bağlantı açıları da % VK değerinde belirgin bir değişime neden olmamıştır.

2.3.6 Ekimi yapılacak alanın eğimi

Ülkemiz koşullarında tarım alanlarının bir kısmı eğimli bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla bu alanlarda gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerde bazı zorluklar meydana gelmektedir. Ekim makinaları da eğimden etkilenebilecek makinalar arasındadır. Eğime dik çalışmada makine o kadar etkilenmese de eğime paralel

Çalışmalarda bazı sorunlar meydana gelebilmektedir. Bunlardan bazıları, normal sınavari ekim makinalarında tohumun depo içerisinde bir tarafta toplanması ve makinanın eğimin yüksek olduėu noktalarda aşıėı doėru kayarak tarlada ekilmemiş noktaların kalmasına neden olmasıdır. Bunlar iřletme esnasında meydana gelebilecek olsa da tohum daėılım dűzgűnlűėűnde doėrudan etki etmeyen faktűrlerdir.

Par ve Kuřhan, (1986), yaptıkları bir çalışmada makinanın űne, arkaya, saėa ve sola % 15 deėerindeki eğim için performansını belirlemiş ve tohum daėılım dűzgűnlűėűnűn kabul edilebilir sınırlar içinde kaldıėını bildirmiřtir.

Eėimin sıralar arası tohum daėılım dűzgűnlűėűne etkisinin arařtırıldıėı bir bařka çalışmada ise % VK deėerinin % 10-20 arasında kabul edilebilir deėerler de olduėu ifade edilmiřtir. Bu sonuçlar saėa, sola, űne ve arkaya 11° eğim deėerlerinde elde edilmiřtir (űzelik ve Yumak, 2010).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

3.1.1 Tohumlar

Oluklu makaralarla çalışmada dolma katsayısı belirlemek için gerçekleştirilen akış (g/dak) denemelerinde; arpa, aspir, buğday, çavdar, keten, kişniş, susam, yonca, yulaf tohumları kullanılmıştır.

3.1.2 Tohumların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Dolma katsayısını belirlemek için tasarlanan ekici düzende, makaralardan dökülen tohumların ağırlıklarını ölçmek için 0,01 gram hassasiyet ile ölçüm yapabilen Sartorius marka hassas ölçüm terazisi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Sartorius TE3102S hassas terazi

Tohumların doğal yığılma açıları belirlenirken kullanılan düzenek Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu amaçla, içi tohumlarla doldurulmuş bir huni, cam zemin üzerinden yukarıya doğru yavaşça kaldırılmış ve zeminden 120 mm yüksekliğe

ulaşıldığında tohum kapağı kapatılıp bir süre bekledikten sonra oluşan koninin tepe noktası ve tabanın sekiz noktadan alınan çap ortalaması ile oranlanarak doğal yığılma açısı ve bu açının tanjantı alınarak materyal-materyal üstünde sürtünme katsayısı (μ_1) belirlenmiştir. Bu denemeler, her tohum için 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Doğal yığılma açısı ölçüm düzeneği (Alayunt, 2000)



Şekil 3.3. Buğday doğal yığılma açısı ölçümü

Tohumların hacim ağırlıklarının tespiti için Hektolitre ölçüm aleti kullanılmıştır. Ölçümler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilip ortalamaları alınmıştır. Kullanılan Hektolitre ölçüm aleti Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Hektolitre ölçüm aleti ve parçaları

Tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlık gibi boyutsal özellikleri de dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçümlerde, her bir tohum çeşidi için 100 adet tohum kullanılarak ortalama değer ve standart sapması hesaplanmıştır. Ölçüm uygulaması Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Tohumların boyutlarının ölçümü

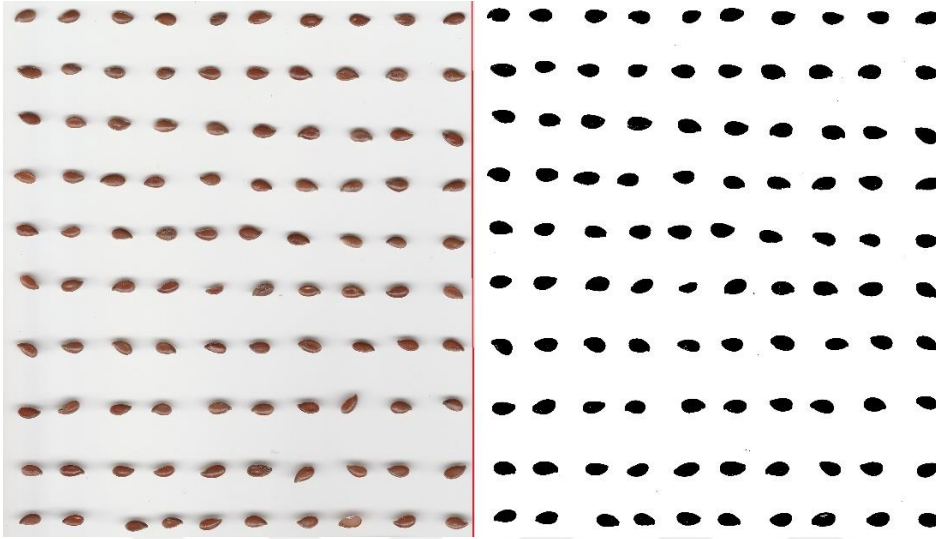
Bütün tohumların boyutları ölçüldükten sonra küresellik değerleri;

$$\phi = \frac{\sqrt[3]{l.w.t}}{l} \quad (3.1)$$

Eşitliğe göre her tohum için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986).

Bu ölçümün yanı sıra tohumların her biri için en büyük yanal alan (iz düşüm alanı) ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Tohumlar yüz adet olacak şekilde tarayıcıda

taratılıp Image Tool 3.0 programı ile görüntü işleme tekniği kullanılarak tohumların en büyük yanal alanları ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Yanal (iz düşüm) alan ölçümü

Materyal ve ekici düzenin yapıldığı malzeme arasındaki sürtünme katsayısının belirlenmesi için Şekil 3.7’de gösterilen düzenek kullanılmıştır. Düzeneğin, yatay zemini üzerine yerleştirilen fleksiglas malzeme üzerine çapı ve yüksekliği 50 mm olan silindirik bir parça içerisine tohumlar doldurulduktan sonra düzeneğe hareketli sonsuz vida vasıtası ile yüzeye eğim verilmiştir. Tohumun aşağı kaymaya başladığı noktada durularak hareketli düzlemin yatay ile yaptığı açı ölçülerek materyal-fleksiglas yüzey arası sürtünme katsayısı (μ_2) belirlenmiştir (Saracoglu and Ozarslan, 2012). Ölçümler her tohum çeşidi için on tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir ve ortalamaları alınmıştır. Ölçüm düzeneğinde kullanılan açı ölçer Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Sürtünme katsayısı ölçüm düzeneği



Şekil 3.8. Bosch PAM220 Açık ölçer

Ölçümlerde kullanılan tohumların bin dane ağırlıklarının ölçümünde her bir tohum çeşidi için rastgele alınan yüz adet tohumun ağırlığı ölçülerek (Keten tohumları için Şekil 3.9’da gösterildiği üzere) değerin on katı alınmıştır. Her tohum için beş tekerrürlü olarak gerçekleştirilip ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Bin dane ağırlığı ölçümü

Tohumların nem içerikleri, ASABE standardına (ASAE-S352.2, 1998(R2017)) uygun olarak belirlenmiştir. Standart uyarınca her bir tohuma özgü olacak şekilde uygun miktarlarda örnekler hazırlanmış ve farklı kurutma sıcaklıkları ve sürelerde nem değerleri hesaplanmıştır. Nem belirleme işlemi Şekil 3.10’da gösterilen etüv ve desikatör kullanılarak her bir tohum için 3’er tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.10. Nem tayini için kullanılan etüv ve desikatör

Yapılan ölçümler sonucunda, bu çalışmada kullanılan tohumların ölçülen fiziksel özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

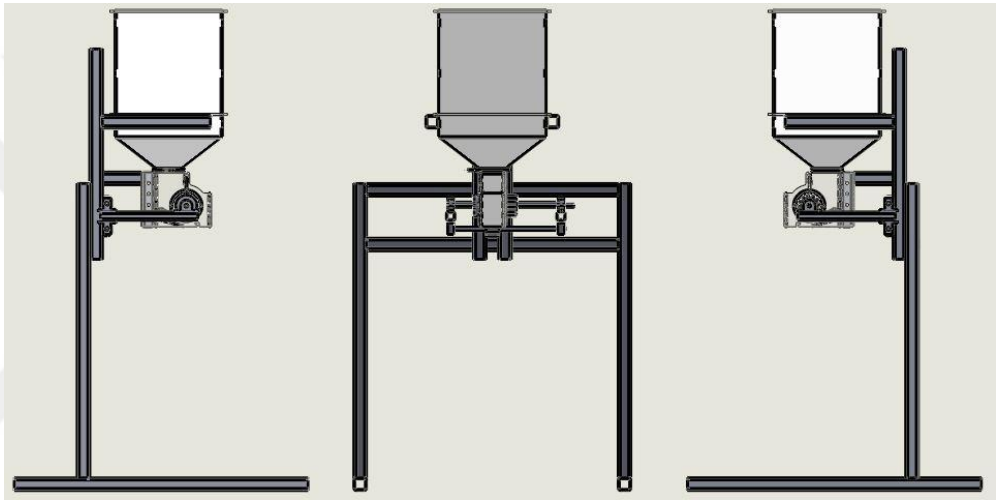
Çizelge 3.1 Denemelerde kullanılan tohumların fiziksel özellikleri

Tohumlar		m_{1000}	γ	μ_1	μ_2	A_p	Nem	l	w	t	ϕ
		g	kg/m ³	-	-	mm ²	%; yb*	mm	mm	mm	-
Arpa	Ort.	41,02	657,29	0,521	0,323	30,69	11,08	9,16	3,53	2,61	0,48
	S	0,061	0,364	0,009	0,02	5,1	0,06	0,72	0,24	0,23	
Aspir	Ort.	39,8	509,67	0,501	0,361	22,82	6,65	7,75	4,28	3,55	0,63
	S	0,095	0,302	0,011	0,02	4,26	0,2	0,499	0,333	0,255	
Buğday	Ort.	40,38	746,51	0,519	0,33	17,04	13,39	7,68	3,07	2,86	0,53
	S	0,119	0,073	0,02	0,002	2,88	0,03	0,443	0,290	0,256	
Çavdar	Ort.	28,56	759,25	0,419	0,323	17,14	12,1	7,65	2,6	2,53	0,48
	S	0,073	0,582	0,011	0,02	2,48	0,05	0,788	0,557	0,206	
Keten	Ort.	6,54	685,12	0,404	0,29	11,2	7,04	4,84	2,5	1,02	0,48
	S	0,015	0,477	0,01	0,011	1,16	0,12	0,268	0,142	0,107	
Kışniş	Ort.	6,2	340,44	0,494	0,339	6,06	7,06	3,61	2,85	2,66	0,83
	S	0,029	0,271	0,012	0,013	1,09	0,4	0,310	0,254	0,243	
Susam	Ort.	2,42	656,75	0,363	0,23	4,38	3,41	3,03	1,75	0,73	0,52
	S	0,004	0,125	0,008	0,001	0,59	0,16	0,291	0,146	0,081	
Yonca	Ort.	3,3	834,79	0,569	0,368	2,8	5,79	2,38	1,52	1,18	0,68
	S	0	1,131	0,018	0,005	0,35	$3,2 \times 10^{-14}$	0,184	0,127	0,107	
Yulaf	Ort.	30,9	554,31	0,515	0,343	30,05	11,37	10,35	2,82	2,23	0,39
	S	0,039	0,183	0,02	0,06	7,08	0,06	0,895	0,230	0,212	

S: standart sapma; *: yaş baza göre

3.1.3 Ekici düzen

Dolma katsayısını hassas olarak bulabilmek amacıyla, makara oluğu dışında tohumun serbest akışa geçmesini (tohum kaçaklarının önlenmesi) engelleyici şekilde üstten akışlı yarım daire oluklu makaralı bir ekici düzen tasarlanmış ve imal edilmiştir. İmal edilen ekici düzenin model görünümü Şekil 3.11’de, imal edilmiş görünümü ise Şekil 3.12’de verilmiştir. Üretim malzemesi olarak şeffaf fleksiglas malzeme kullanılmıştır. Böylesi bir malzemenin kullanılması, tohumların ekici düzen içindeki hareketinin gözlenmesine de olanak sağlamıştır.



Şekil 3.11. Ekici düzen model görünümü

Tohum deposu yaklaşık 20 litre hacimli şeffaf fleksiglas malzemeden yapılmıştır. Normal sınav ekim makinaları için tohum deposunu en az % 50 doluluk oranında olması genel kabulüne uygun olması için 25x25x30cm ölçülerinde tasarlanmıştır. Tohum deposu ekici düzeni modüler olarak imal edilmiş ve bu amaçla tohum deposunun altına yerleştirilen bir kapağın kapatılarak düzenekten ayrılabilmesi sağlanmıştır.



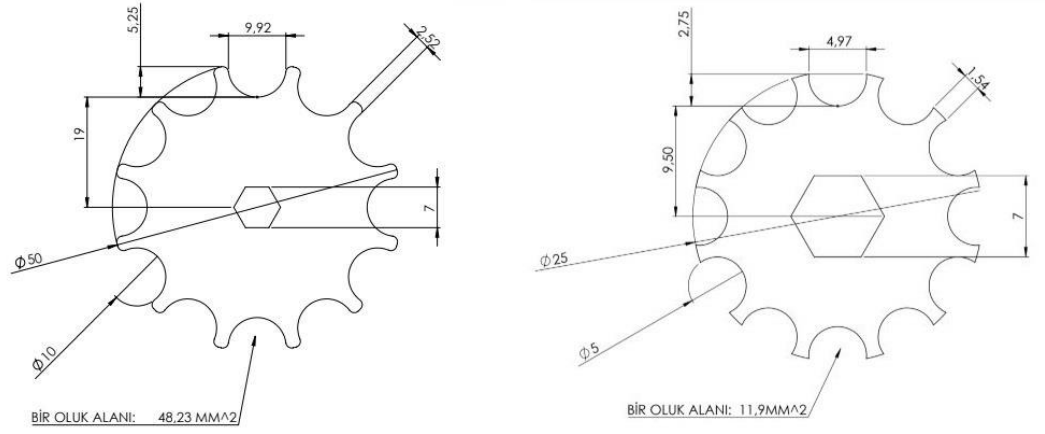
Şekil 3.12. İmal edilmiş makaralı ekici düzenin genel görünüşü

Bu ekici düzen, çapı 20 – 50 mm arasındaki oluklu makaralar ile 0 – 50 mm aktif oluk uzunluğunda çalışılmasına imkân sağlamaktadır. Yani bu değerler arasında imal edilen farklı çap ve oluk şekillerinde makaralar ile farklı çalışmalar yapmak da mümkündür. Makara hareketini altıgen mil vasıtası ile almaktadır. Makara aktif uzunluğu, makaranın sağa ve sola hareketini sağlayan bir vida mekanizması ile hassas olarak ayarlanabilecek şekilde imal edilmiştir. Bu çalışmada, çapları 25 mm ve 50 mm olan iki farklı çapta fleksiğlas malzemeden yapılmış yarım daire oluklu makaralar ile çalışılmıştır. Makaralar Şekil 3.13’te makara ölçüleri de Şekil 3.14’te verilmiştir.

Ekici düzende kullanılan makaralarda aktif uzunluk ve makara devri değiştirilerek norm ayarı yapılabilmektedir.



Şekil 3.13. Oluklu makaralar

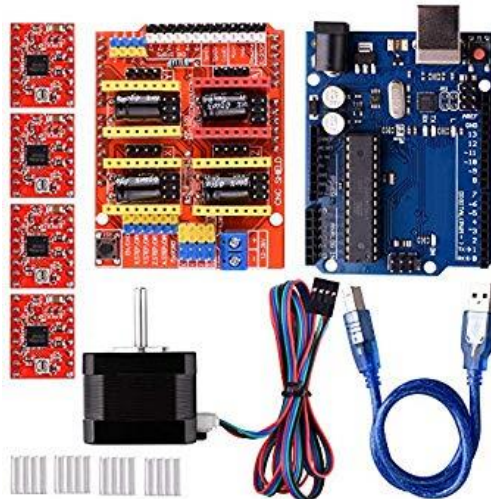


Şekil 3.14. Oluklu makara ölçüleri

Ekici düzen, dönü hareketini Şekil 3.15'te elemanları verilen bilgisayar kontrollü bir step motordan almaktadır.

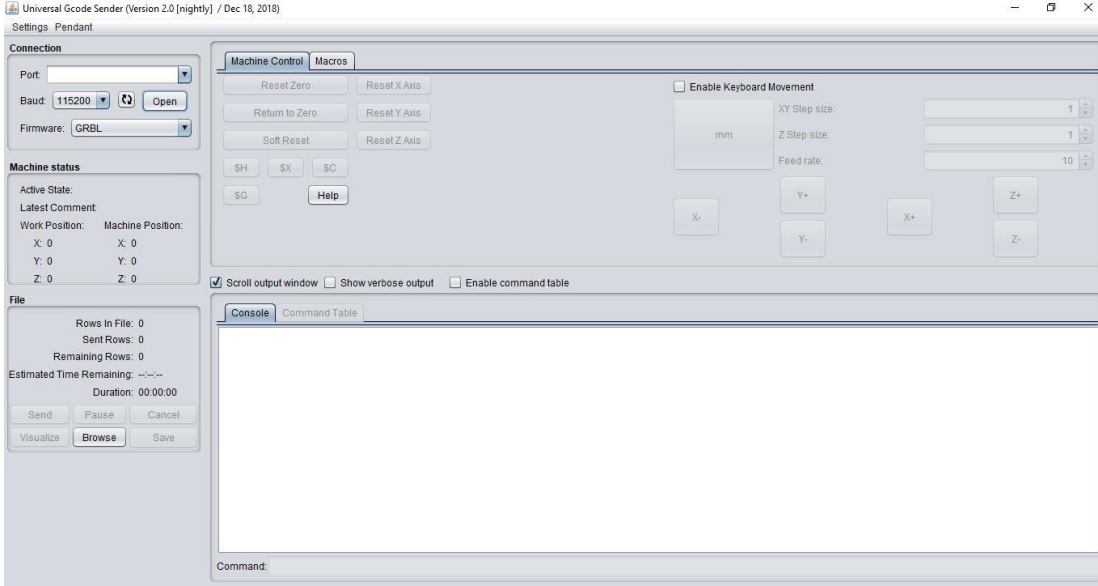
Kontrol devresi elemanları;

- Arduino Uno R3
- Arduino CNC Shield
- DRV8825 step motor sürücü
- DC güç kaynağı (19V, 4.74A)
- Data kablosu
- Nema 23 step motor (0.55Nm)



Şekil 3.15. Step motor kontrol elemanları

Step motorun kontrolü, Universal Gcode Sender programı ile 0-500 d/dak aralığında (sistem değişkenlerine göre değer değişebilir) 0,1 hassasiyetle olarak ayarlanabilmektedir. Bu program genel olarak amatör düzeyde üç boyutlu yazıcılarda kullanılmaktadır. Ancak step motor kontrolünü hassas olarak sağladığı için bu çalışmada kullanılmıştır. Şekil 3.16’da bu programın kullanım esnasındaki ara yüzü verilmiştir.



Şekil 3.16. Universal Gcode Sender (Version 2.0[nightly]) arayüzü

Devrenin temel elemanı olan arduino basit düzeyde otomasyon ve robotik uygulamalarda kullanılmaktadır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Oluklu makara dolma katsayısının belirlenme ölçümleri

Her bir tohum için dolma katsayısının belirlenmesi için yapılan tartım denemeleri oluşturulan deneme desenine bağlı olarak bir dakikalık sürelerle beş tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2). Deneme deseninde belirtilen makara uzunlukları ve makara devir sayıları pratikte ekim normunu sağlayacak şekilde seçilmiştir. Ölçüm için kurulan düzenekte hareketini step motordan alan makara için devir sayısı, bilgisayar üzerinde bir dakika süreyle döndürülecek şekilde ayarlanmıştır. Denemeler her bir ölçüm için kesikli olarak

gerçekleştirilmiştir. Bunun sebebi step motorun ani durup kalkmaya müsait olması ve sürekli akış olurken örnek almadaki hatayı ortadan kaldırmaktır. Veriler alınmaya başlanmadan önce iki yöntemde denenmiş ve iki yöntem arasında farkların önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir. Deneme düzeninde oluklu makaralı ekici düzenin altına yerleştirilen kap ile makaraların döktüğü tohumların ağırlıkları hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir.

Çizelge 3.2 Tohum çeşitlerine göre gerçekleştirilen tam faktöriyel deneme deseni

Materyal	Makara	Makara uzunluğu (mm)	Makara devir sayısı (d/dak)	Toplam deneme sayısı*
Arpa	M2	9,12,15,20,25,30	9,11,14,17,20,30,40	42
Aspir	M2	8,10,15,20	5,8,14,20,25,30,35	28
Buğday	M2	9,15,20,25,30	9,11,14,17,20,30,40	35
Çavdar	M2	9,12,15,20,25,30	9,11,14,17,20,30,40	42
Keten	M1	10,13,15	30,35,41,44,60	15
	M2	9,12,15,20,25,30	9,11,14,17,20,30,40	42
Kıyış	M1	6,8,10	9,11,14,17,20,40	18
	M2	6,8,10,12	5,7,9,15	16
Susam	M1	6,8,10,12,15	6,11,18,30,40	25
	M2	6,8	6,11,18,30,40	10
Yonca	M1	6,8,10	3,4,5,6,8,15,20	21
	M2	6,8	3,4,5,8,20	10
Yulaf	M2	15,20,25,30	9,11,14,17,20,30,40	28
Toplam				332

M1: Küçük makara (ϕ_{M1} :25mm); M2: büyük makara (ϕ_{M2} :50mm); *: Her bir deneme 5 tekrardan oluşmaktadır

Çizelge 3.2’de görüldüğü üzere her tohum için iki makarada ölçüm gerçekleştirilmemiştir. Veriler alınmaya başlanmadan önce gerçekleştirilen ön denemelerde, arpa, aspir, buğday, çavdar ve yulaf tohumlarının 25 mm çapındaki üstten akışlı oluklu makara ile ölçüme uygun olmadığı saptanmıştır.

Tohumların agroteknik isteğine göre farklı ekim normu ve ilerleme hızına bağlı olarak oluşturulan deneme desenine uygun olarak Şekil 3.17’de gösterildiği şekilde dokuz farklı ürünle, 332 deneme gerçekleştirilmiş ve 1660 adet (332 deneme x 5 tekrür) akış verisi (g/dak) elde edilmiştir. Elde edilen akış ölçümleri ve hesaplanan teorik akış oranından dolma katsayısı (η) değeri hesaplanmıştır.



Şekil 3.17. Buğday tohumu dolma katsayısı ölçümü

Hacimsel veya kütleli akış arasındaki ilişkiler aşağıda verildiği şekildedir.

$$V_{Qvteo} = V_{Qmteo} / \gamma = A \cdot L \cdot N \quad (3.2)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

V_{Qvteo} : Teorik hacimsel akış miktarı (mm^3/dak)

V_{Qmteo} : Teorik kütleli akış miktarı (g/dak)

γ : İletimi yapılan materyalin hacim ağırlığı (g/mm^3)

A : Oluklu makara toplam kesit alanı (mm^2)

L : Makara uzunluğu (mm)

n : Makaranın devir sayısı (d/dak)

Dolma katsayısı diğer deyişle hacimsel/kütleli akış verimliliği ise deneysel ve teorik hacimsel akış miktarının oranı olup aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$Q_{mölç} / Q_{mteo} = \eta \quad (3.3)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

$Q_{mölç}$ = deneysel akış miktarı (g/dak)

η = Dolma katsayısı veya hacimsel verim (-)

Tüm ölçümler sonunda elde edilen verilere Microsoft Excel ve Minitab programları ile analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler önce her tohum için ayrı ayrı incelenmiş ve dolma katsayısını etkileyen faktörler belirlenmiştir. Bütün veriler toplu olarak incelenerek matematiksel model geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Denemeler sonrasında akış düzgünlüğünün (5 tekerrür ve aynı ekici düzenden elde edilen) değerlendirilmesi ve yorumu için Çizelge 3.3'te verilen değerler referans alınmıştır.

Çizelge 3.3 Tohum akışındaki düzgünlük (Önal, 2011)

VK (%)	Değerlendirme
<1	Çok iyi
1-2	İyi
2-3	Orta
3-4	Yeterli
>4	Yetersiz

3.2.2 Dolma katsayısının matematiksel modellemesi

Dolma katsayısı ölçüm düzeneğinden elde edilen tartım sonuçlarına ilişkin matematiksel modelleme uygulamaları, Çizelge 3.4'te verilen model formları denenerek gerçekleştirilmiştir. Her bir matematiksel form için elde edilen değişkenler Minitab programında % 95 önem düzeyinde Stepwise regresyon analizine tabi tutulmuştur.

Dolma katsayısının tahminlenmesinde kullanılacak her bir matematiksel form için aşağıda verilen teorik ilişki esas alınmıştır.

$$\eta = f(V, n, m_{1000}, \gamma, \mu_1, \mu_2, l, w, t, \phi, A_p) \quad (3.4)$$

Çizelge 3.4 Dolma katsayısını tahminleme için geliştirilen matematiksel model formları

Model no	Model adı	Teorik model formu
I	Doğrusal model	$\eta = a + bV + cn + \dots kA_p$
II	Dolma katsayısı transforme edilmiş doğrusal model-I	$\text{Arcsin} \sqrt{\eta} = a + bV + cn + \dots kA_p$
III	Dolma katsayısı transforme edilmiş doğrusal model-II	$\text{Log} \left(\frac{\eta}{1-\eta} \right) = a + bV + cn + \dots kA_p$
IV	Üstel model	$\eta = a V^b A_n^c + \dots A_p^k$
V	Dolma katsayısı transforme edilmiş üstel model	$\text{Log} \left(\frac{\eta}{1-\eta} \right) = a V^b n^c + \dots A_p^k$

Yukarıdaki modellerden bazılarında, dolma katsayısına $\text{Arcsin} \sqrt{\eta}$ veya $\text{Log} \left(\frac{\eta}{1-\eta} \right)$ transformasyonu yapılmıştır. Bunun nedeni ise kimi durumlarda geliştirilen modellerin yaptığı tahminlemelerin, dolma katsayısı örneğinde olduğu gibi 1 yani % 100 değerini geçmesini engellemek ve tahminlemeleri 0-1 (0 – 100%) aralığında sınırlama amacına yöneliktir.

Analizler sonucunda elde edilen model formlarından en uygun olanını belirlemek için model uyum kriterleri uyarınca bazı analizler yapılmıştır. Model kıyaslamalarında yaygın olarak kullanılan en önemli kriterlerden birisi olan korelasyon katsayısı (r) dışındaki kriterler (goodness of fit) aşağıda verildiği gibidir.

$$E_{RMS} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(M_{R_{tahmin,i}} - M_{R_{ölçülen,i}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left(M_{R_{tahmin,i}} - M_{R_{ölçülen,i}} \right)^2}{N - n_1} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

E_{RMS} , hata kareleri toplamı (Root Mean Square Error)

χ^2 : Ki kare değeri

N: Gözlem sayısı

$M_{R_{tahmin}}$: Tahmin edilen değer

$M_{R_{ölçülen}}$: Ölçülen değer

n: Modelde sabitlerin sayısı

Korelasyon katsayısı bağımlı bağımsız değişkenlerin hangi düzeyde tutarlı olduğunu ve ilişki yönünü açıklayan bir katsayıdır. Korelasyon katsayısı -1 ve 1

değerleri arasında değişir ve bu değer 1'e yakın olması aynı yönlü ilişkinin oldukça yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Negatif korelasyon katsayısı da bir değişkenin değerinin artarken diğerinin azaldığı durumlarda gözlenir. -1 değerine yaklaşıldıkça ilişki derecesi artmaktadır. Korelasyon katsayısının 0 olması iki değişken arasında hiçbir ilişkinin olmadığı anlamına gelir.

Geliştirilen modellerin oldukça iyi tahminlemeler yapabilmesi için ideal şartlarda E_{RMS} değerinin sıfıra yakın olması gerekmektedir. Modelleme çalışmalarında kullanılan en geçerli değerlendirme kriterlerinden birisi durumundadır.

Model değerlendirme çalışmalarında kullanılan bir diğer kriterde Ki-kare değeridir.

İyi bir model için Ki-kare değerinin 0'a yakın olması gerekmektedir (Demir, vd., 2004; Toğrul ve Pehlivan, 2005; Kabganian, et al., 2002).

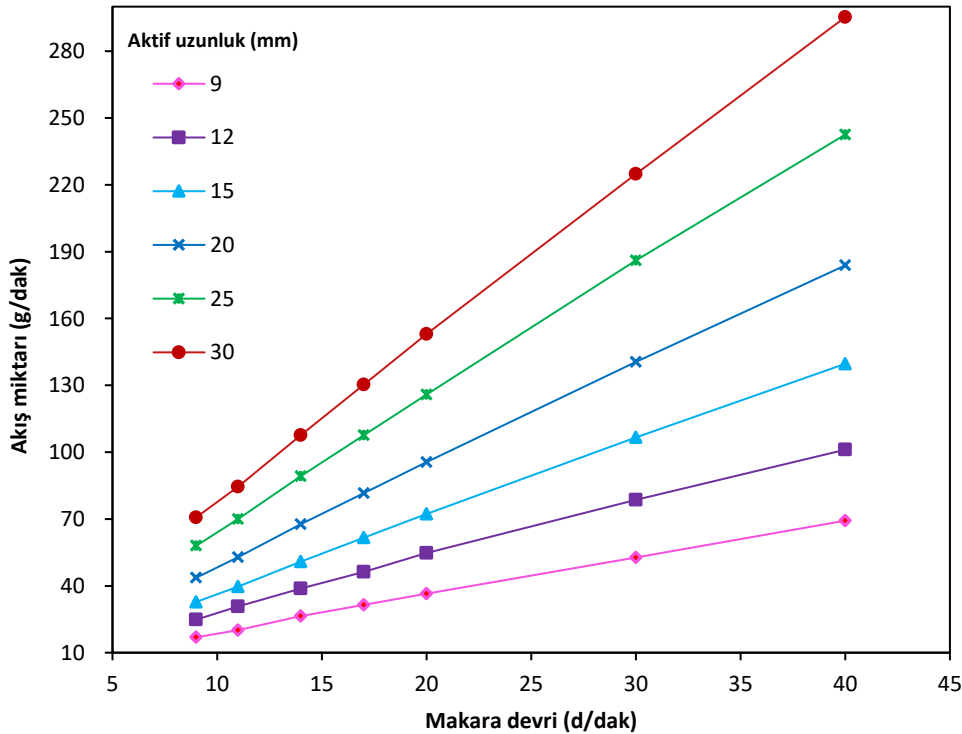
Model seçiminde kullanılan diğer bir karşılaştırma kriteri de modellerin tahmin ettiği dolma katsayısı ve akış miktarı değerlerinin denemeler sonucunda elde edilen dolma katsayısı ve akış miktarı verileri ile karşılaştırılmasıdır. Böylelikle, ölçülen ve tahmin edilen değerlerin en yakın olduğu modeli seçmek mümkün olacaktır.

4. BULGULAR

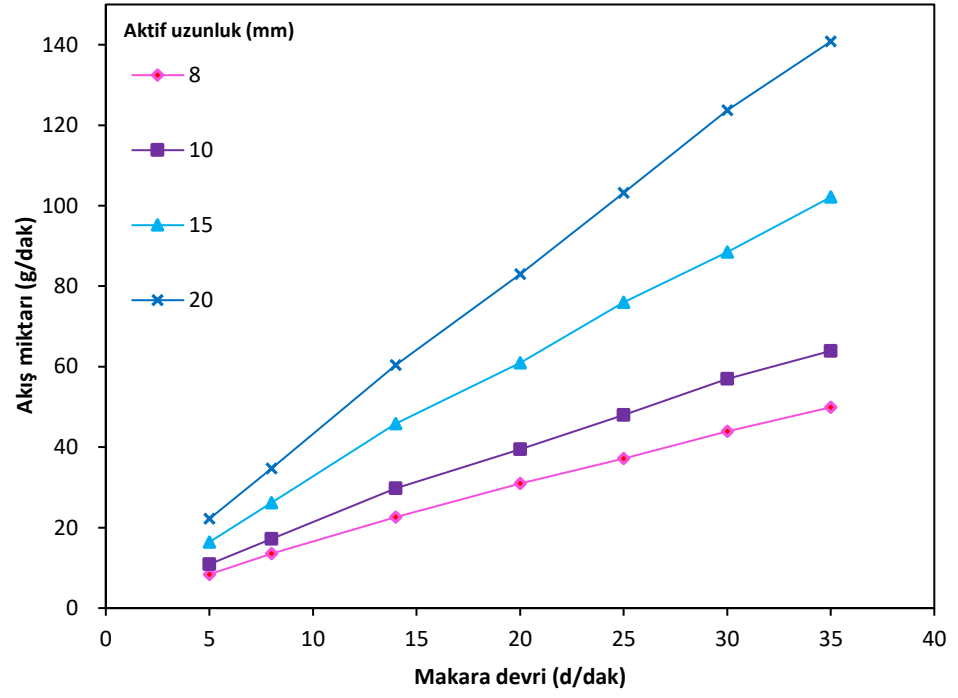
Farklı tohumların yarım daire oluklu makaralarla iletiminde dolma katsayısının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen denemeler sonucunda farklı makara çap, uzunluk ve devirlerde tüm tohumlar için elde edilen akış (g/dak) ve akış düzgünlüğü değerleri (VK, %) Ek-1’de verildiği gibidir.

4.1 Akış miktarı

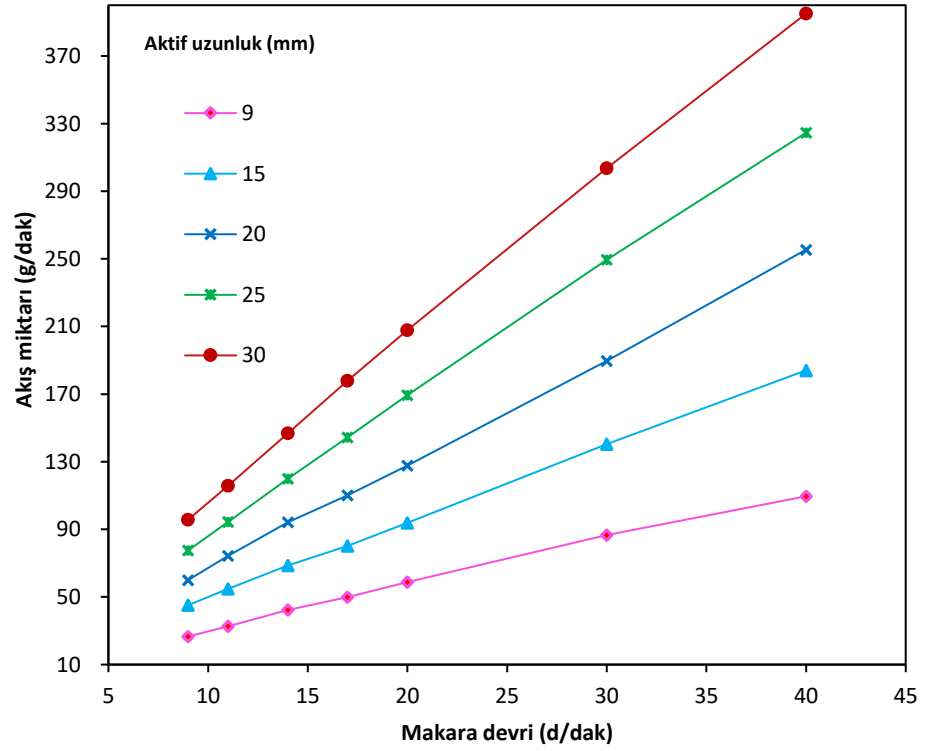
Çeşitli tohumlar ile gerçekleştirilen dolma katsayısı belirleme denemelerinde elde edilen tartım verilerine ilişkin tohum akış miktarları Şekil 4.1-4.13’te grafikler halinde verilmiştir. Grafiklerden görüldüğü üzere her bir tohum için akış miktarı makara aktif uzunluğu ve devir sayısına genel olarak doğrusal bir ilişki göstermektedir. Ancak grafikler dikkatlice incelendiğinde makara devri yükseldikçe makaranın dolma katsayısına bağlı olarak akış doğrusunda bir kırılma görülmektedir.



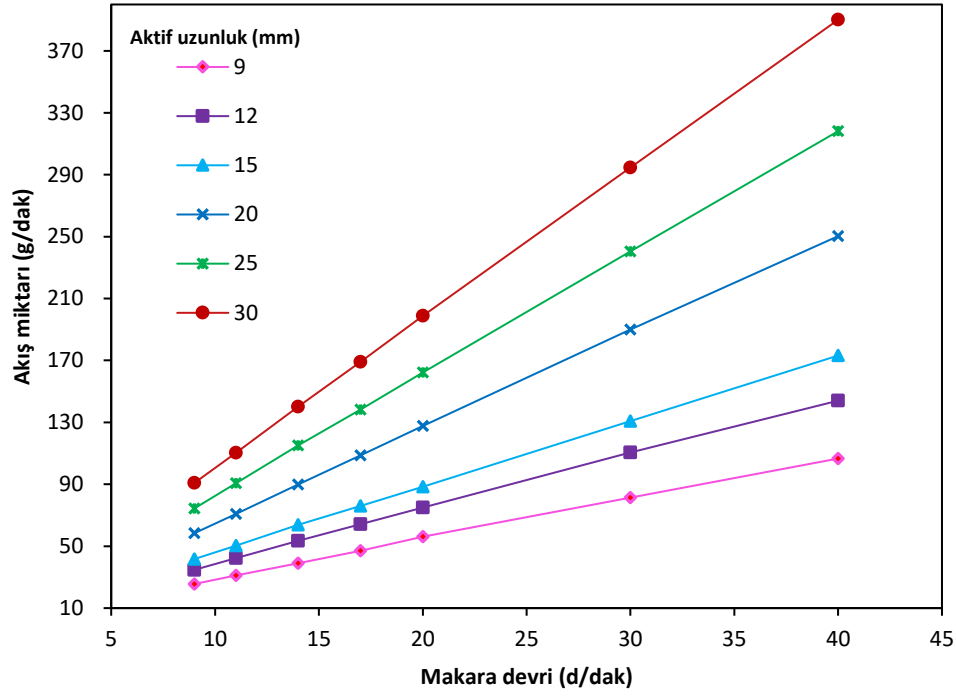
Şekil 4.1. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak arpa tohumlarının akış miktarı



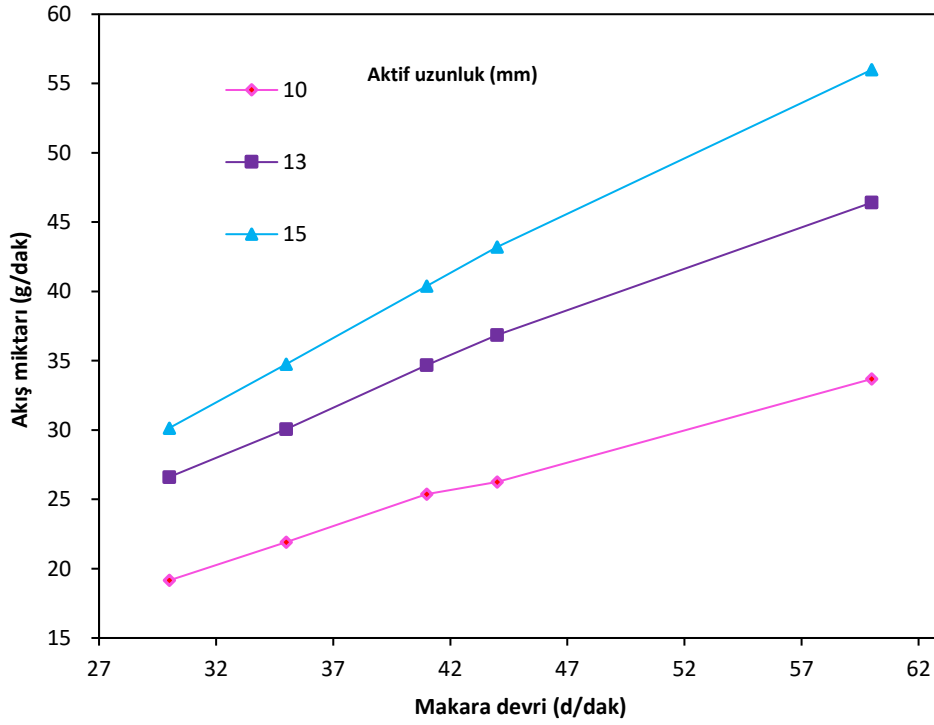
Şekil 4.2. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak aspir tohumlarının akış miktarı



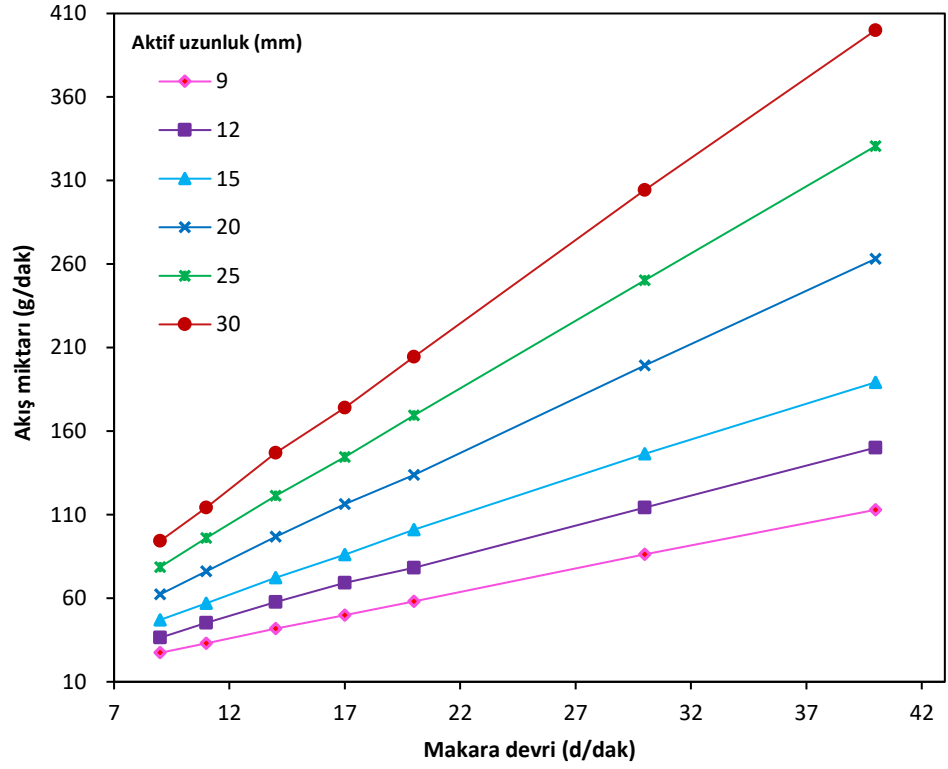
Şekil 4.3. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak buğday tohumlarının akış miktarı



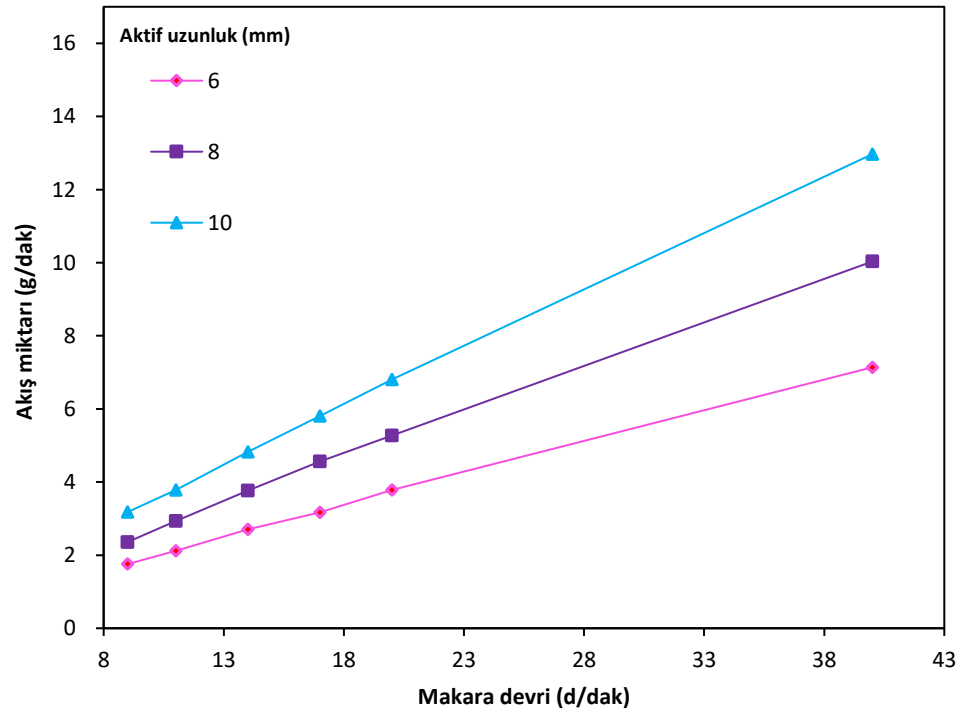
Şekil 4.4. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak çavdar tohumlarının akış miktarı



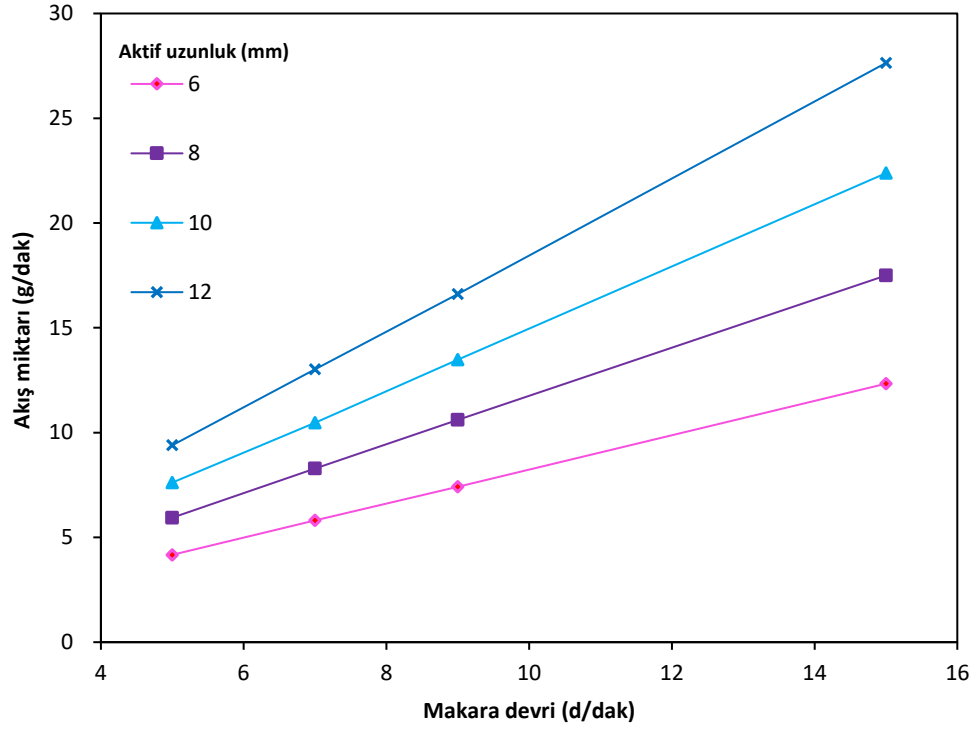
Şekil 4.5. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akış miktarı



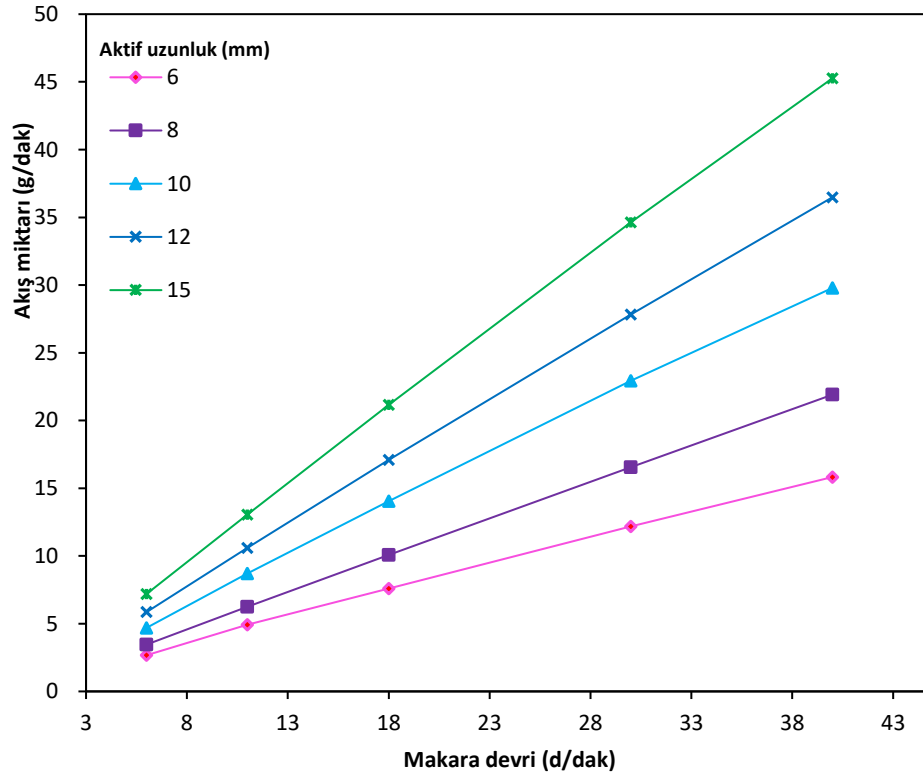
Şekil 4.6. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akış miktarı



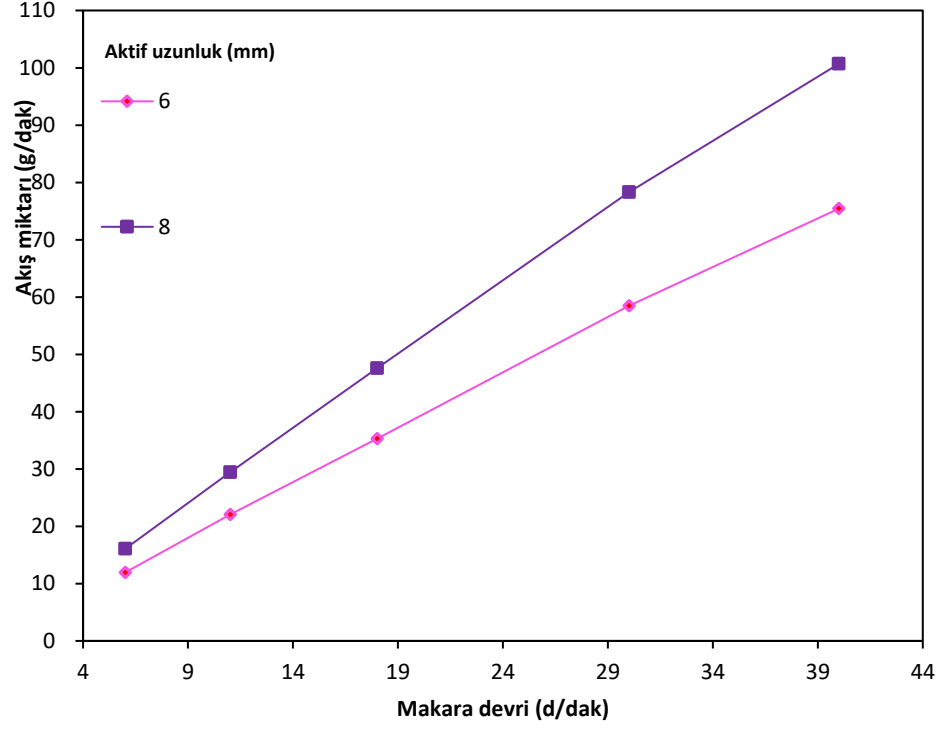
Şekil 4.7. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akış miktarı



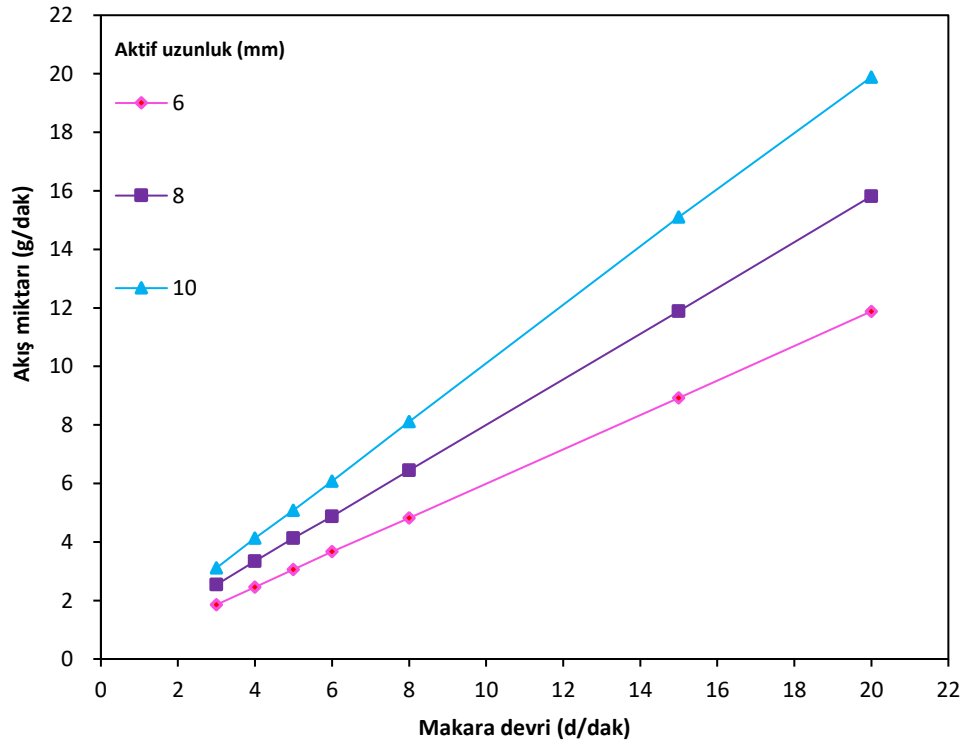
Şekil 4.8. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akış miktarı



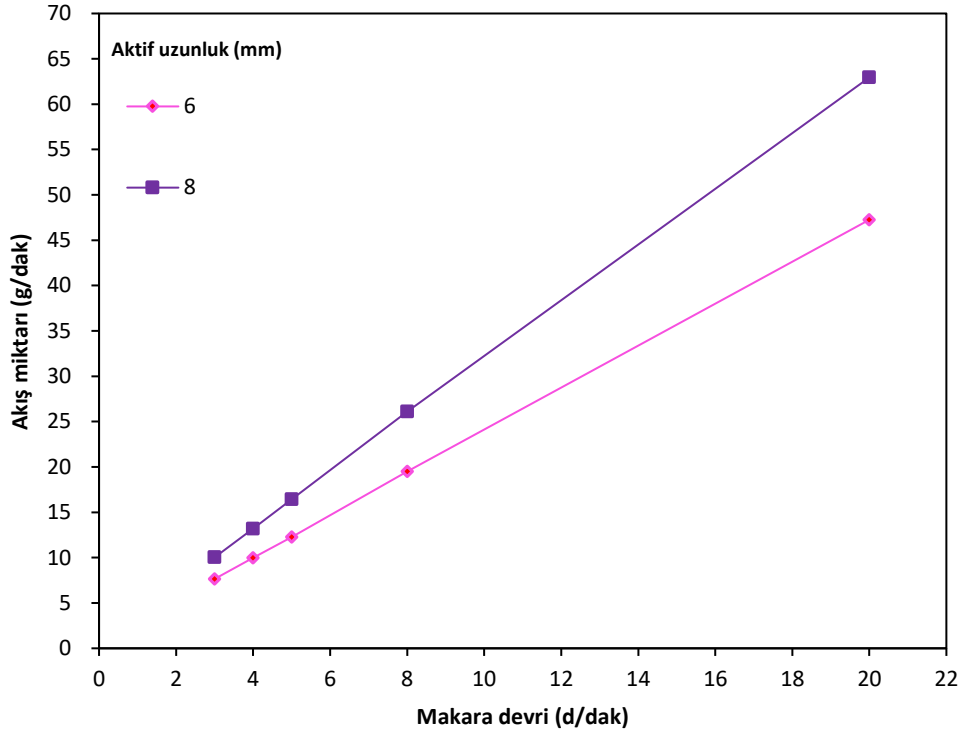
Şekil 4.9. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akış miktarı



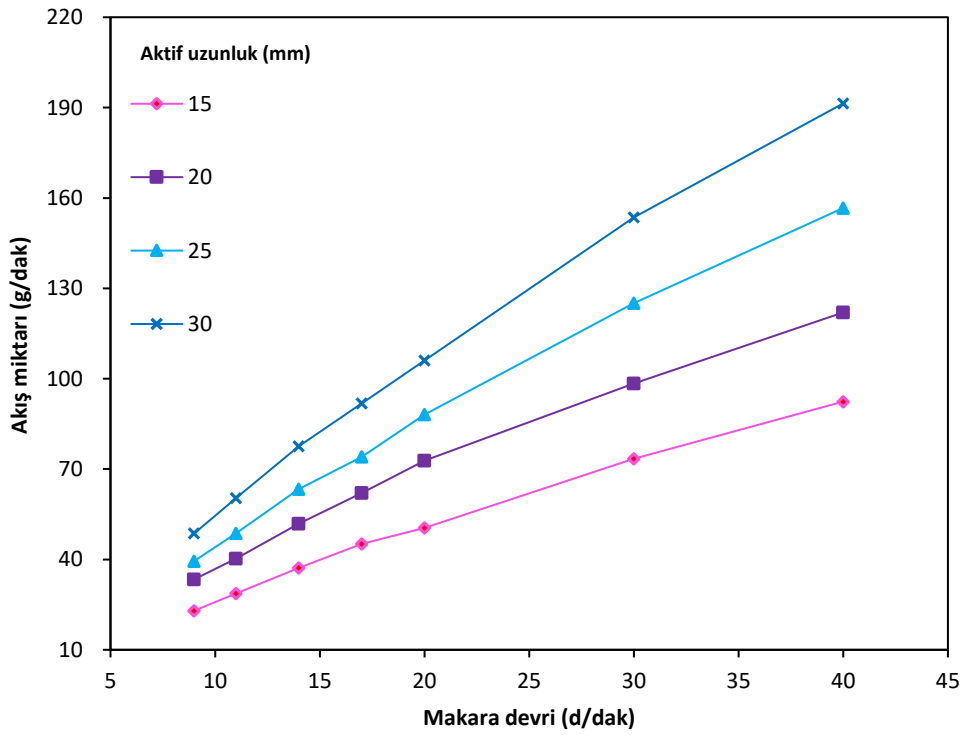
Şekil 4.10. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akış miktarı



Şekil 4.11. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akış miktarı



Şekil 4.12. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akış miktarı



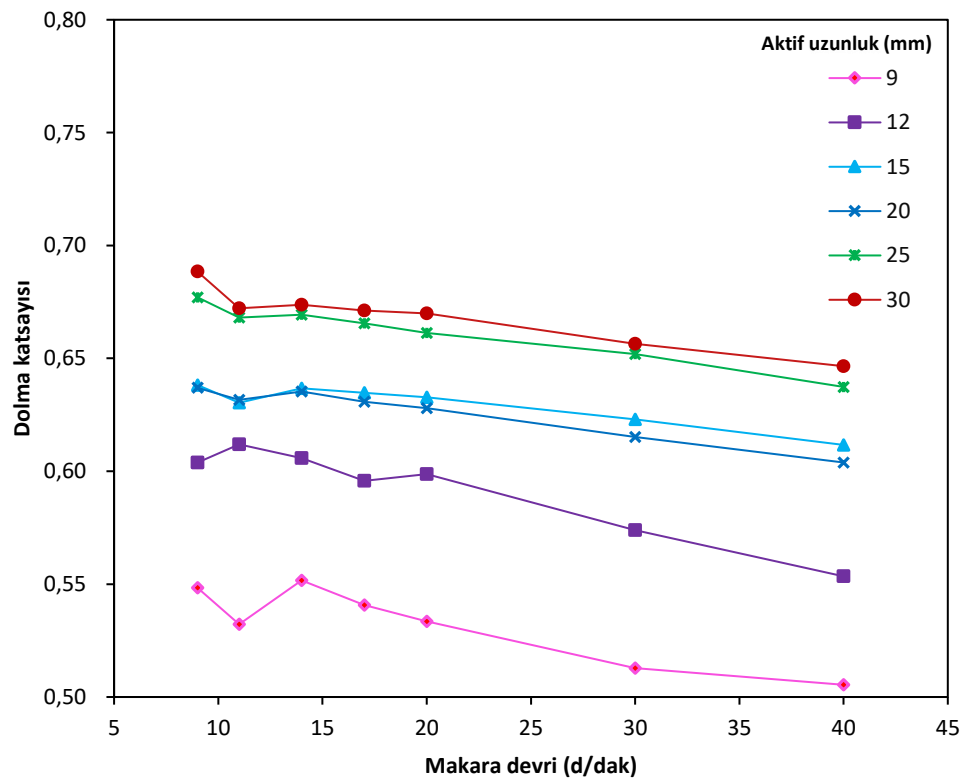
Şekil 4.13. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yulaf tohumlarının akış miktarı

Önceki çalışmalarda da ifade edildiği üzere oluklu makaralı ekici düzenlerde istenilen ekim normu değerine, makara aktif uzunluğu ve makara devir hızının değiştirilmesi ile kolaylıkla ulaşılabileceği görülmektedir.

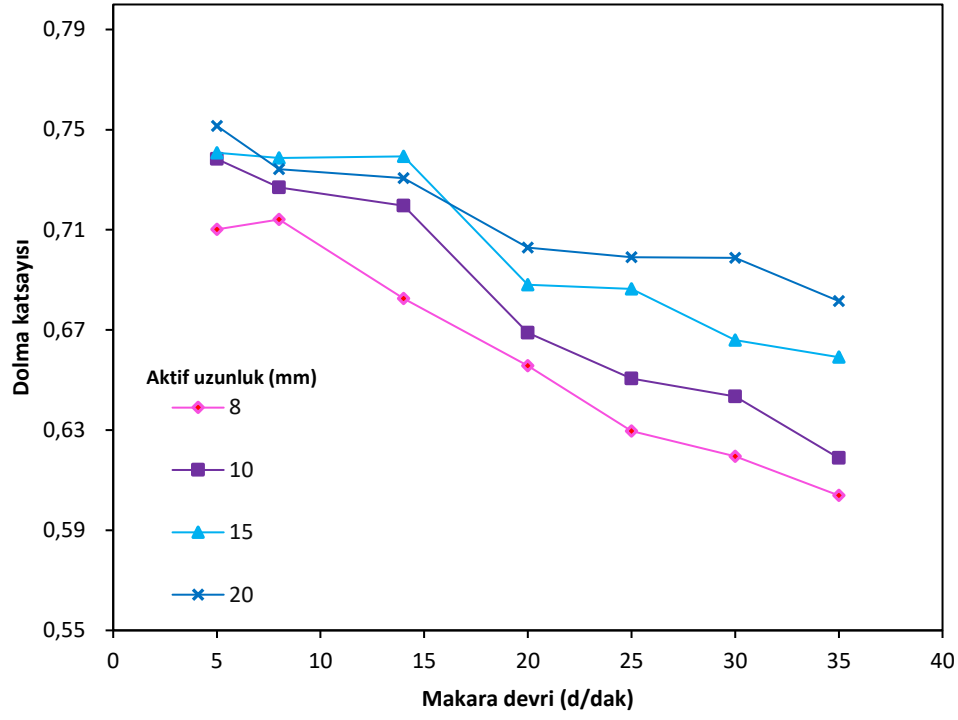
4.2 Dolma Katsayısı

Bu çalışmaya konu olan dolma katsayısı verileri Şekil 4.14-4.26'da her bir tohum çeşidi için ayrıntılı olarak verilmiştir. Bir önceki bölümde belirtildiği üzere dolma katsayısındaki değişim, doğal olarak akış miktarını etkilemektedir.

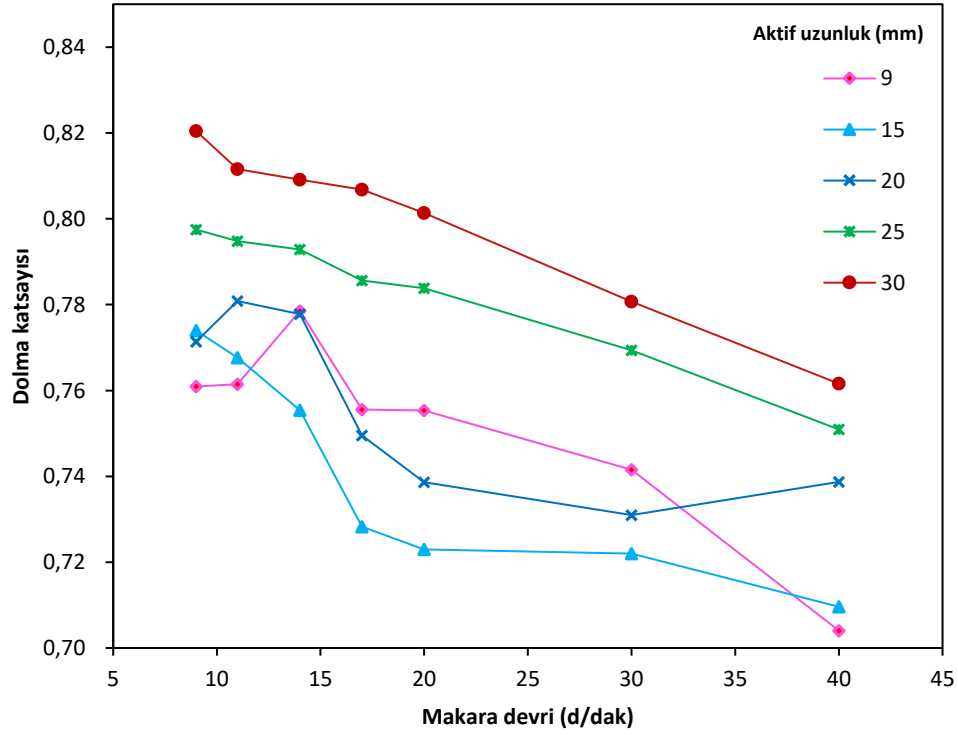
Dolma katsayısı 0-1 skala aralığının % 0-% 100 doluluğu ifade edeceği şekilde grafiklerde verilmiştir. Makara aktif uzunluğuna bağlı olarak oluşan hacmin doluluğunun bin dane ağırlığı, hacim ağırlığı, tohumun en büyük iz düşüm alanı gibi tohumun fiziksel özellikleri ve ekici düzenin konstrüktif yapısına bağlı olarak farklı oranlarda değiştiği görülmektedir.



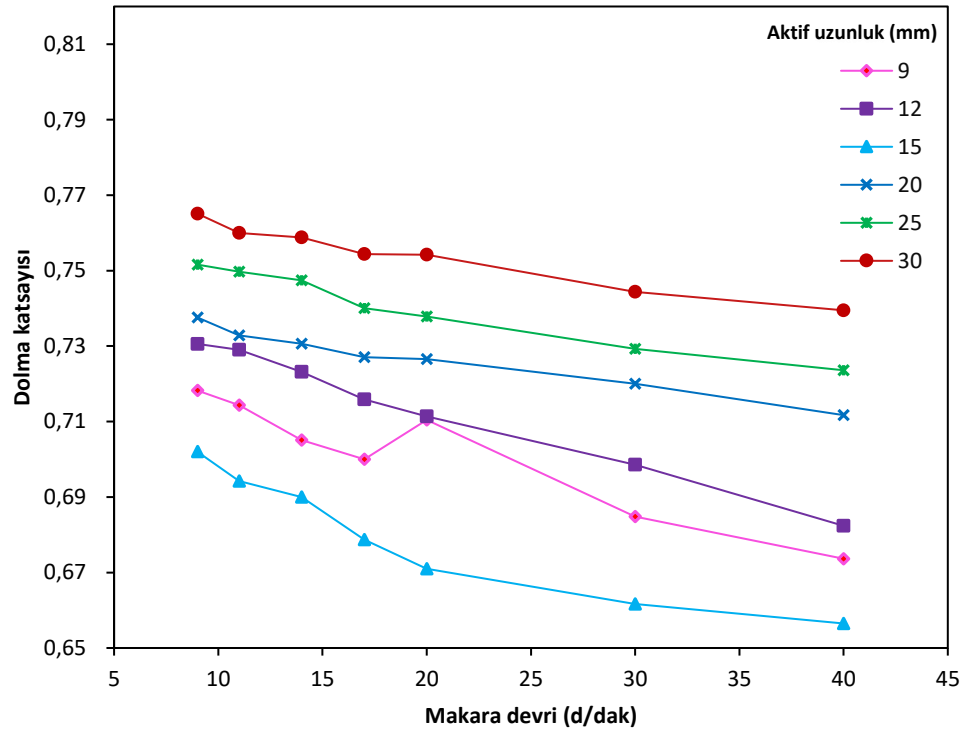
Şekil 4.14. Oluklu makara (M2) ile çalışmada arpa tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



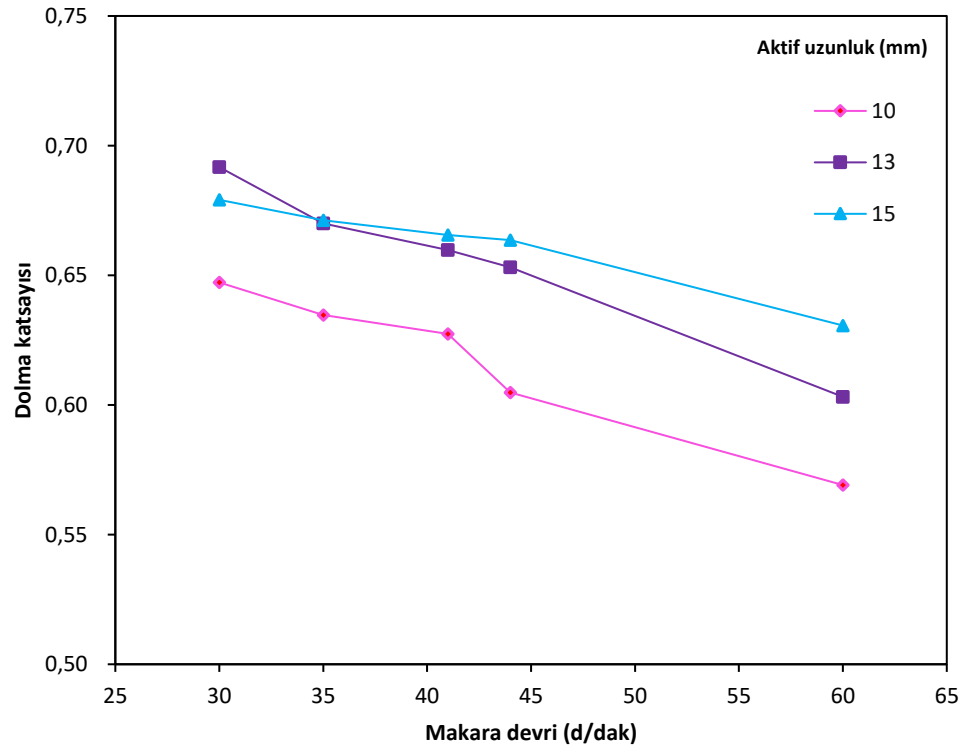
Şekil 4.15. Oluklu makara (M2) ile çalışmada aspir tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



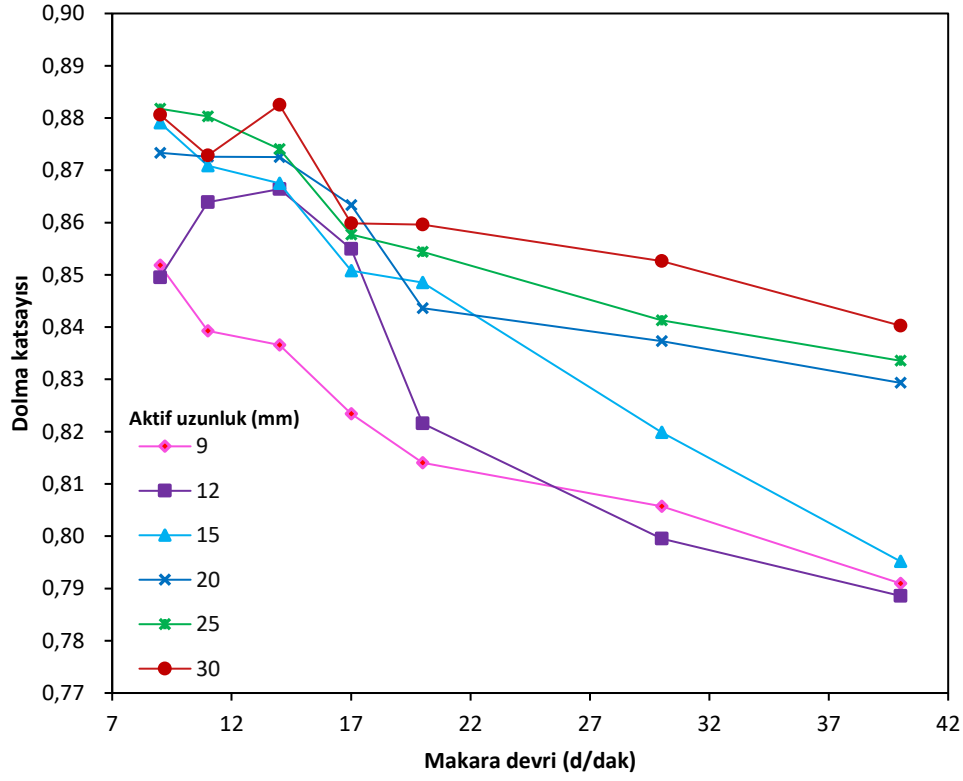
Şekil 4.16. Oluklu makara (M2) ile çalışmada buğday tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



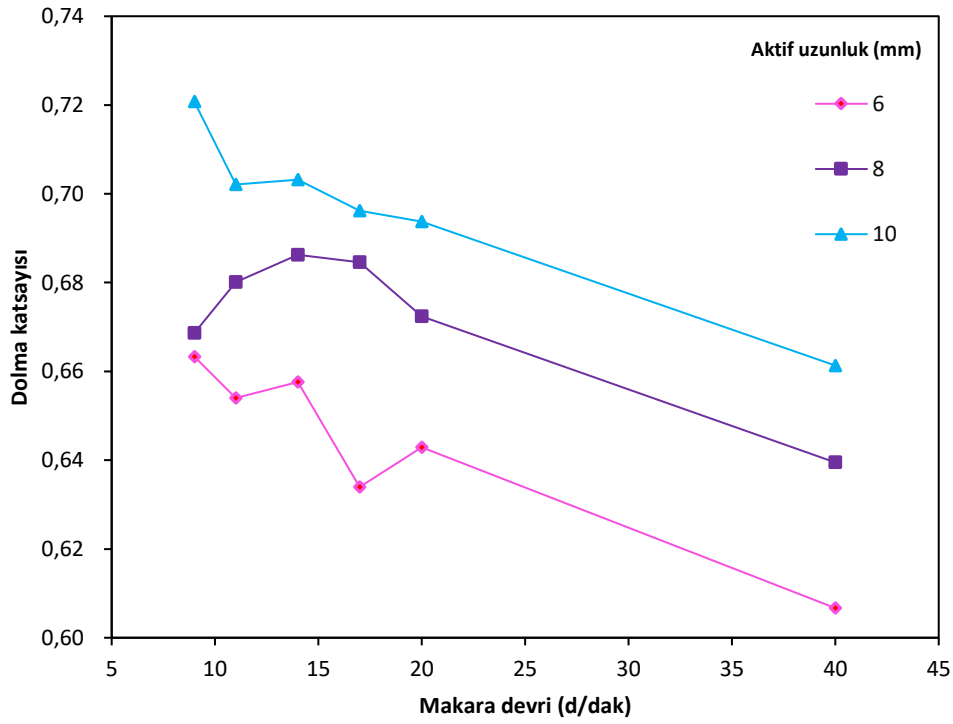
Şekil 4.17. Oluklu makara (M2) ile çalışmada çavdar tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



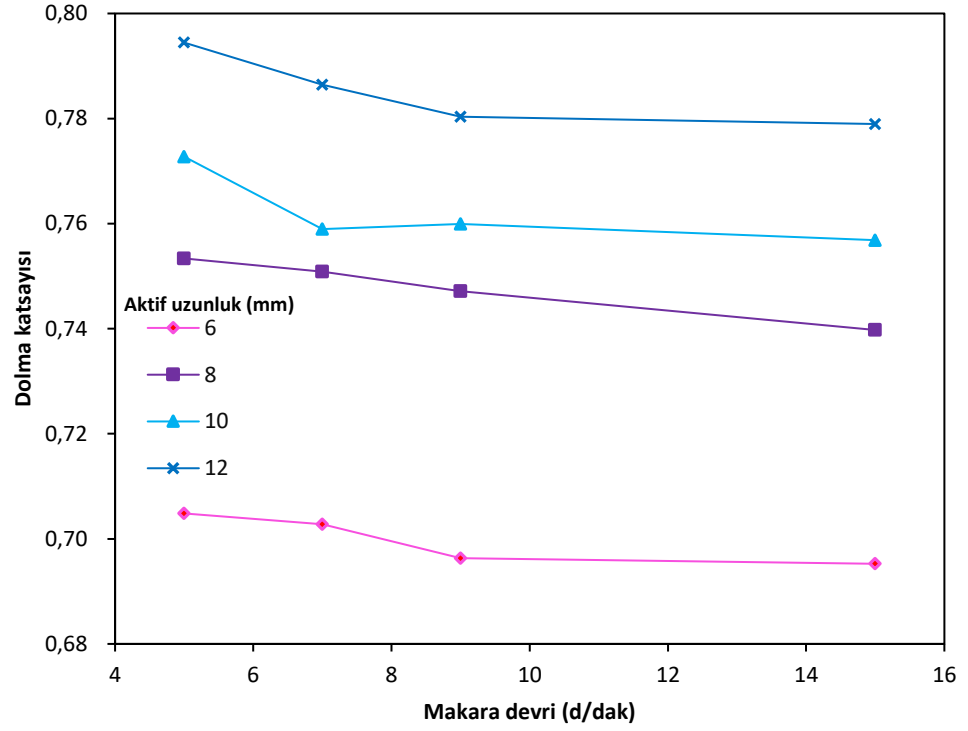
Şekil 4.18. Oluklu makara (M1) ile çalışmada keten tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



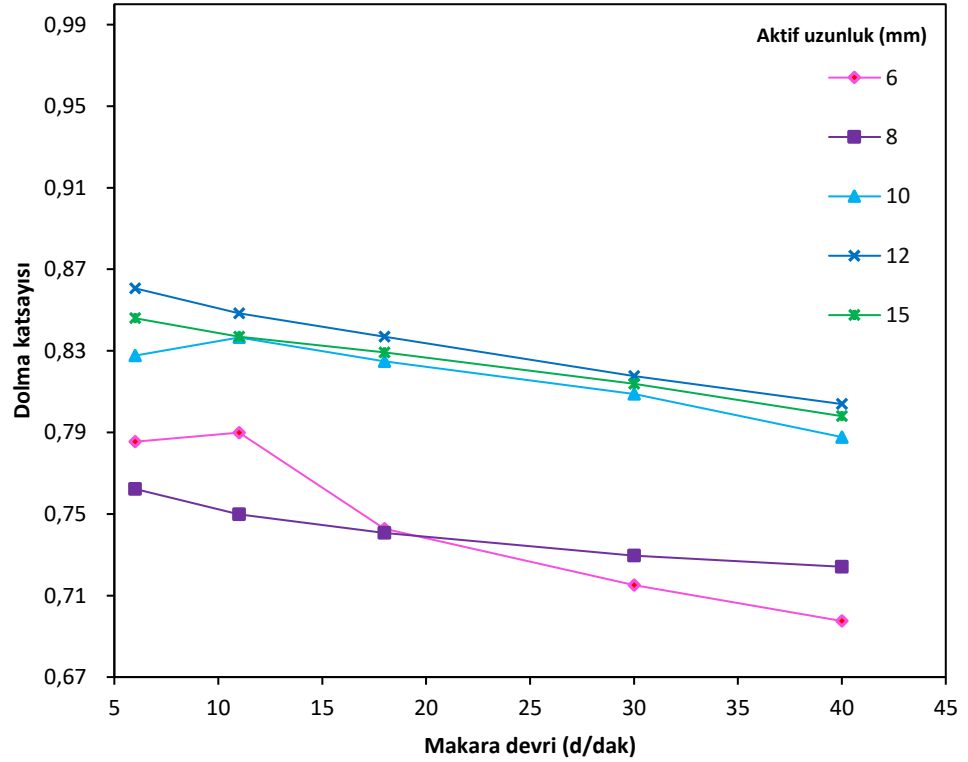
Şekil 4.19. Oluklu makara (M2) ile çalışmada keten tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



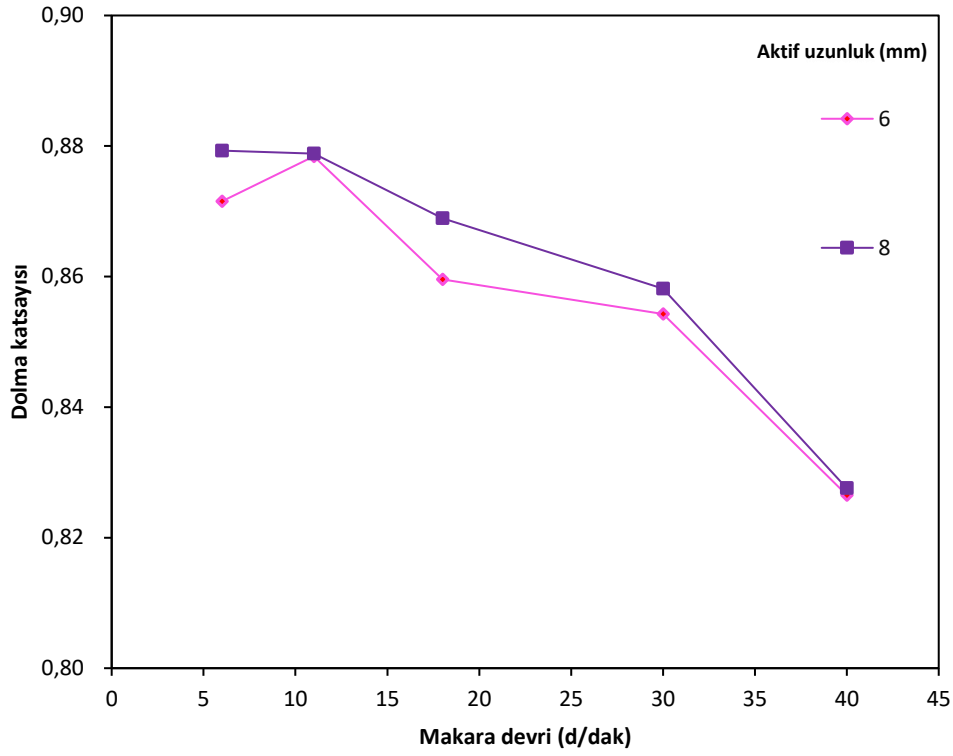
Şekil 4.20. Oluklu makara (M1) ile çalışmada kişniş tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



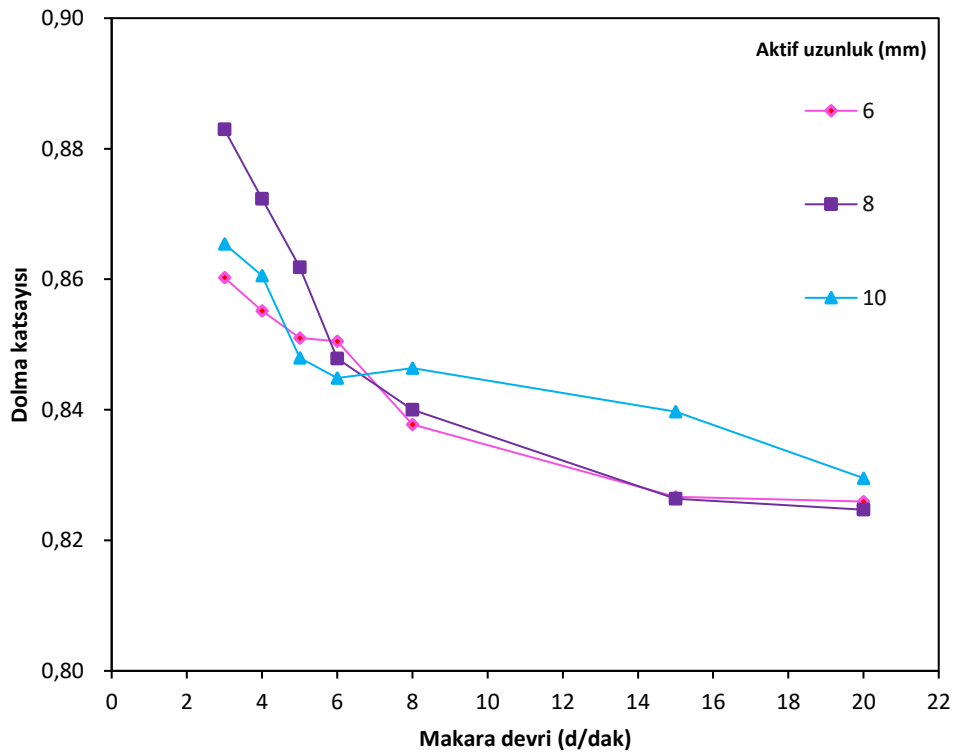
Şekil 4.21. Oluklu makara (M2) ile çalışmada kişniş tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



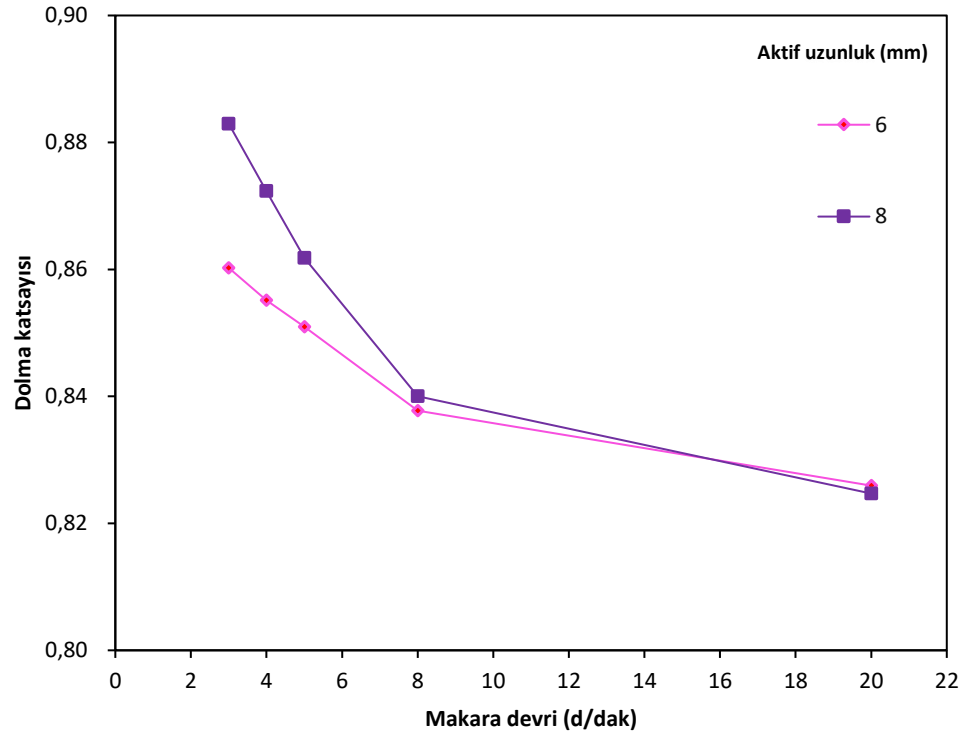
Şekil 4.22. Oluklu makara (M1) ile çalışmada susam tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



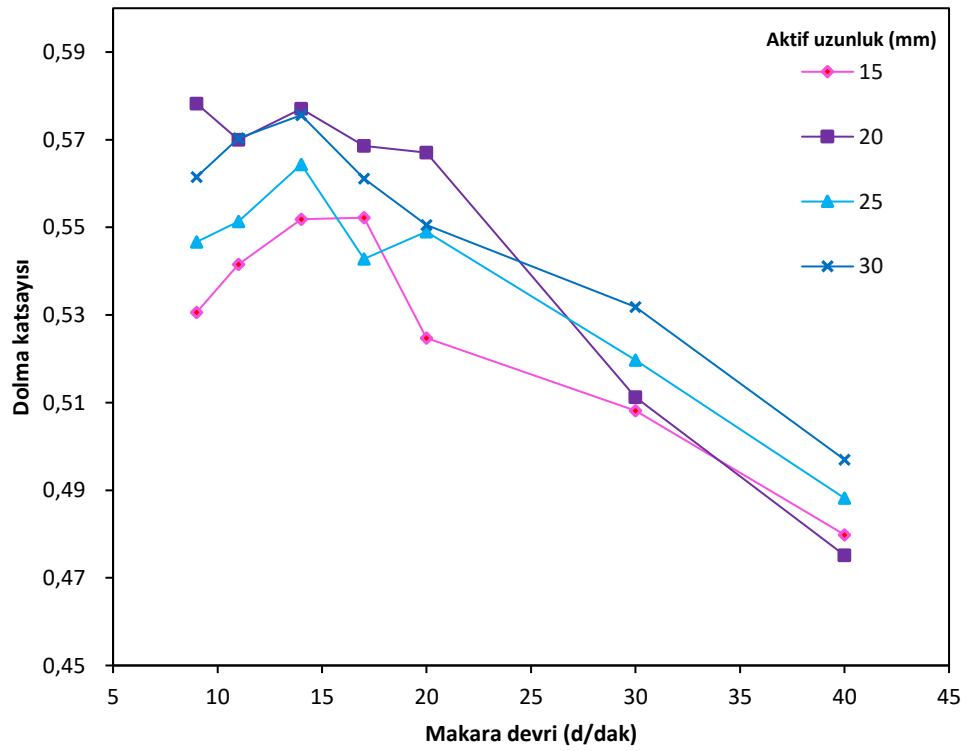
Şekil 4.23. Oluklu makara (M2) ile çalışmada susam tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



Şekil 4.24. Oluklu makara (M1) ile çalışmada yonca tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



Şekil 4.25. Oluklu makara (M2) ile çalışmada yonca tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi



Şekil 4.26. Oluklu makara (M2) ile çalışmada yulaf tohumlarının dolma katsayısının makara devri ve aktif uzunluğuna bağlı olarak değişimi

Şekillerden de anlaşılacağı üzere makara aktif uzunluk ve devir sayısının dolma katsayısını önemli düzeyde etkilediği görülmektedir. Makara aktif uzunluğunun artışı dolma katsayısını arttırmaktadır. Bu etki, düşük makara uzunluklarında daha az olurken aktif uzunluğun artışıyla dolma katsayısına etkisi azalmaktadır. Arpa tohumlarının sonuçları incelendiğinde 9-12-15 mm aktif uzunluklar arasındaki değişim daha fazla olurken 15-20-25-30 mm aktif uzunluklar arasındaki değişimin daha az olduğu görülmektedir. Bu durum göstermektedir ki aktif uzunluk değerlerinin yüksek olması olukların daha verimli çalışmasını sağlamaktadır.

Makara devri, oluklu makara dolma katsayısını önemli düzeyde etkilemektedir. Düşük aktif uzunluklarda makara devir sayısının artışı dolma katsayısı değerlerini daha yüksek oranda düşürmektedir. Buna karşın yüksek uzunluklarda bu etki daha az olmaktadır.

Dolma katsayısı verilerinden çıkarılan başka bir sonuç ise makara aktif uzunluğunun her tohuma göre değişmek üzere belirli bir değerin altında olmaması gerekmektedir. Buna yapılan denemeler esnasında tohumun boyutsal özelliklerinin neden olduğu gözlenmiştir. Küresellik oranı yüksek tohumlarda ortalama çap değerinden, diğer tohumlarda ise uzunluk değerinden az olmaması gerekmektedir. Az olduğu taktirde arpa grafiğinde açıkça görüldüğü üzere çok düşük dolma katsayısı değerlerine sebep olmaktadır.

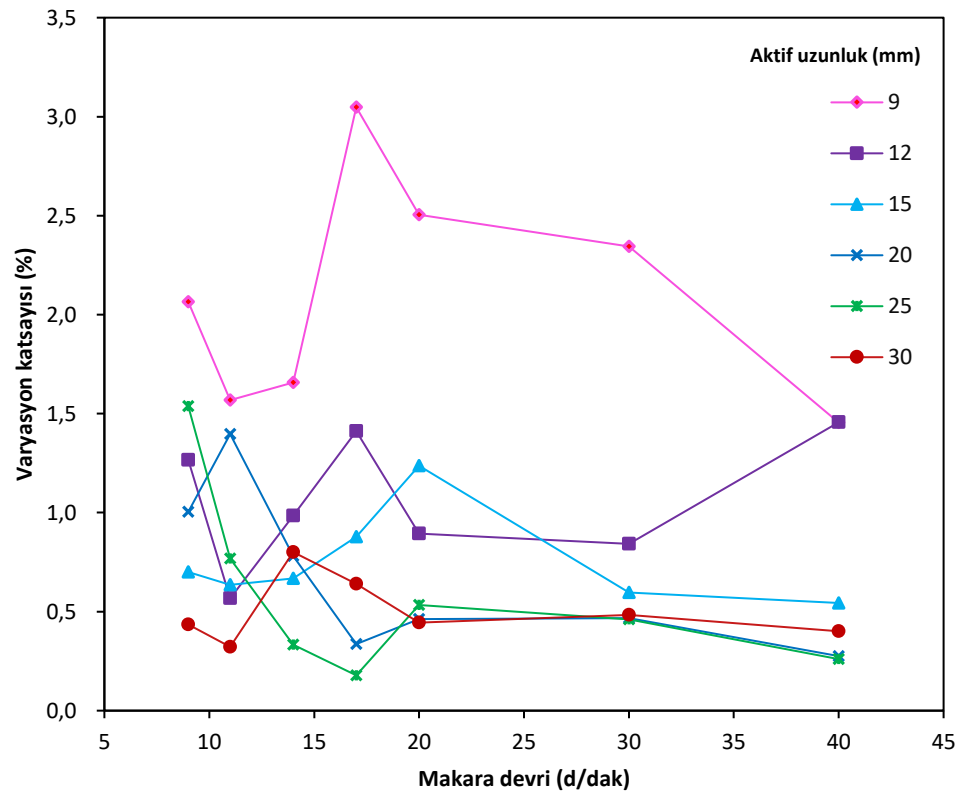
Tohum büyüklüğü de dolma katsayısını etkilemektedir. Grafiklerde küçük taneli tohumların dolma katsayısının yüksek olduğu görülürken büyük tohumlarda bu değerler azalmaktadır.

Makaranın oluk çapının büyüklüğü de dolma katsayısını etkilemektedir. Her iki makarada da ölçümü yapılan tohumların dolma katsayısı değerleri küçük makarada daha düşük iken büyük oluklu makarada daha yüksek değerlere ulaşmıştır.

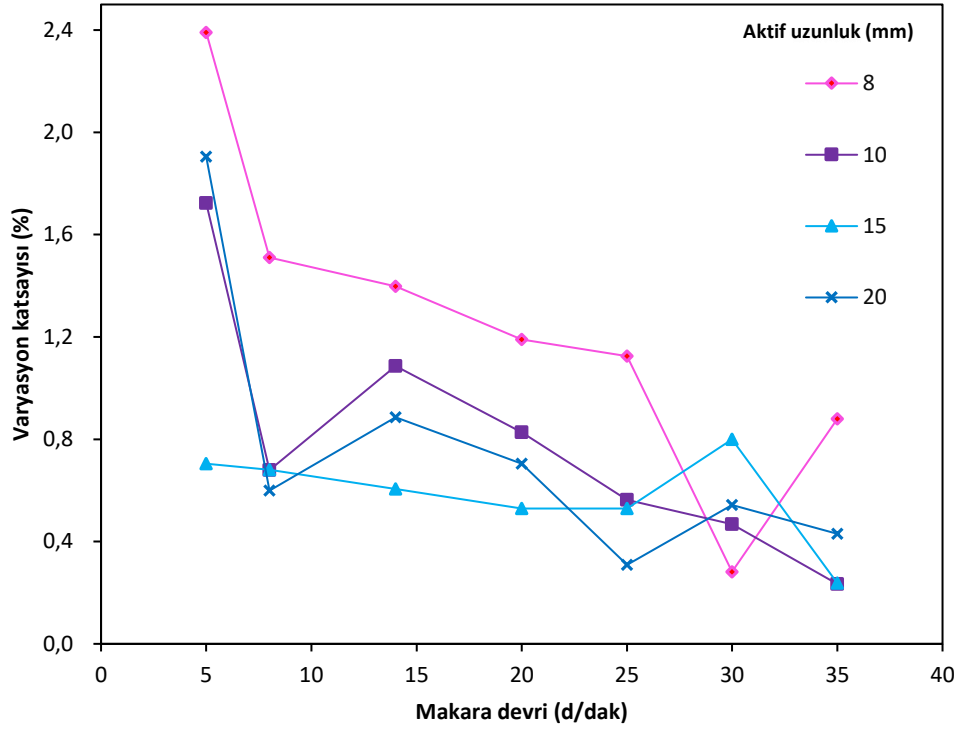
4.3 Akış Düzgünlüğü

Her tohum için yapılan birer dakikalık beş tekerrürlü tartım denemelerinden elde edilen verilerin varyasyon katsayısı (% VK.) değerleri Şekil 4.27-4.39’da verilmiştir.

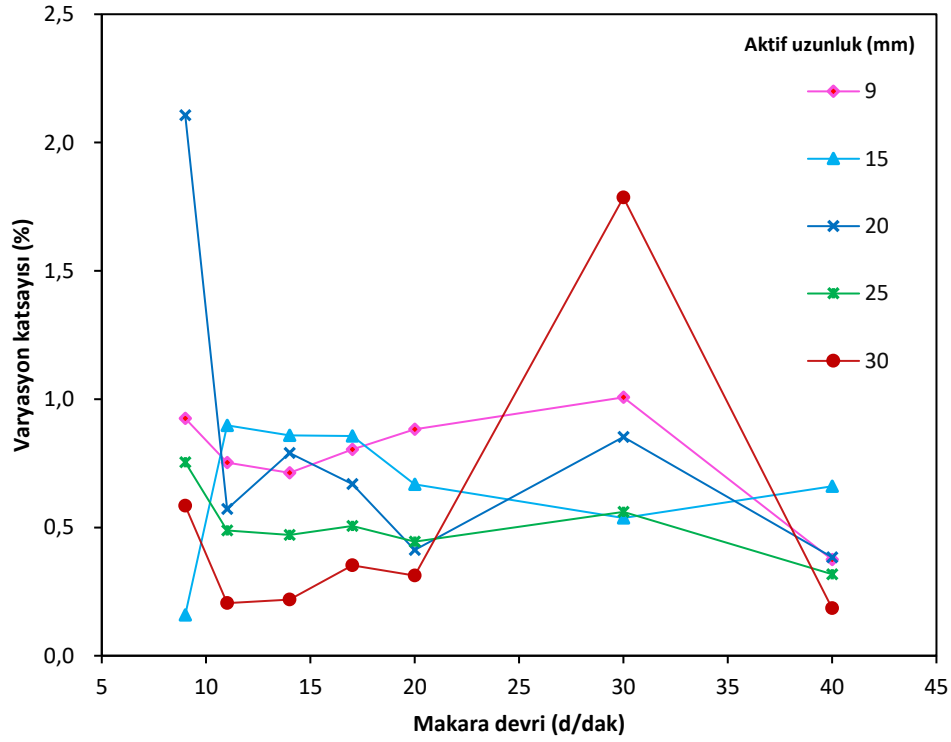
Yapılan ölçümlerde varyasyon katsayısı % VK değerleri her bir tohum için ayrı ayrı ve sonrasında yapılan tüm denemeler için toplu olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.



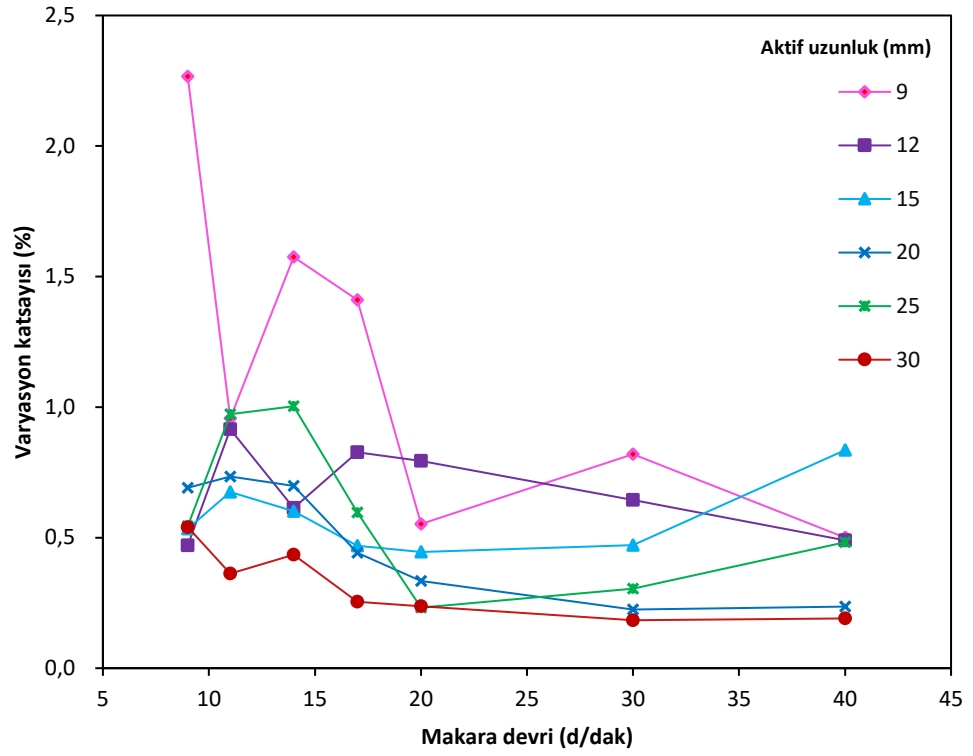
Şekil 4.27. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak arpa tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



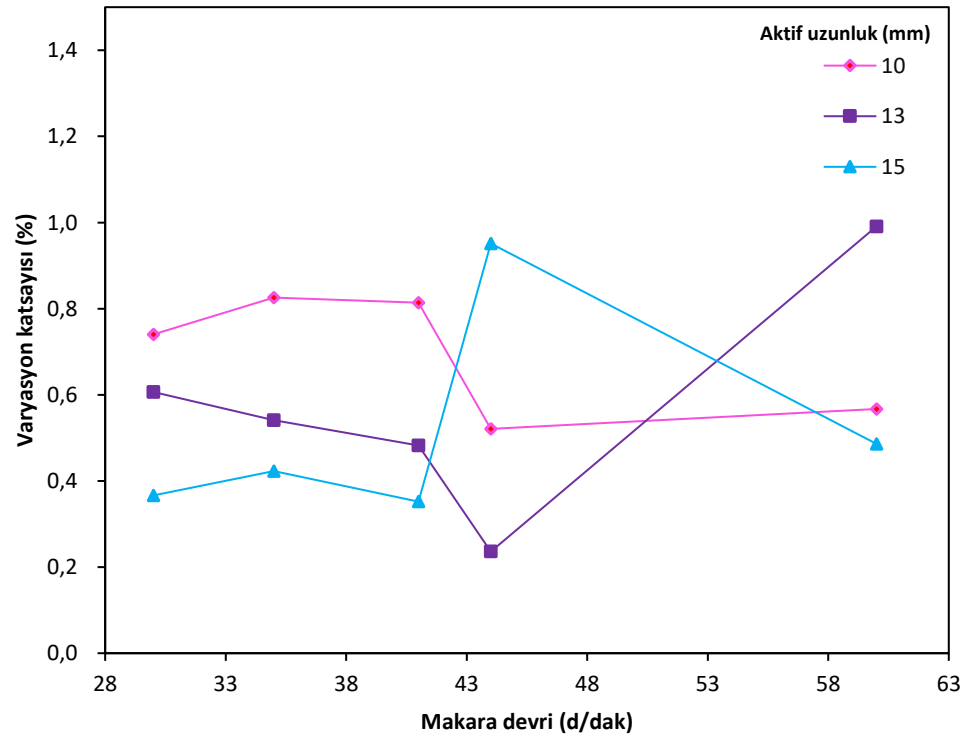
Şekil 4.28. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak aspir tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



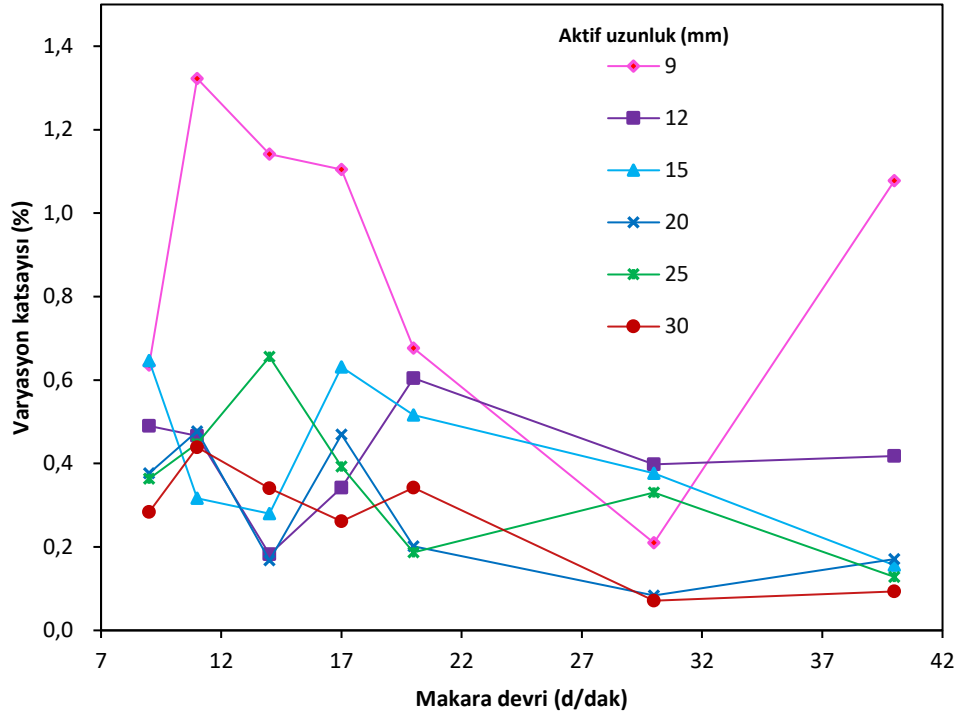
Şekil 4.29. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak buğday tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



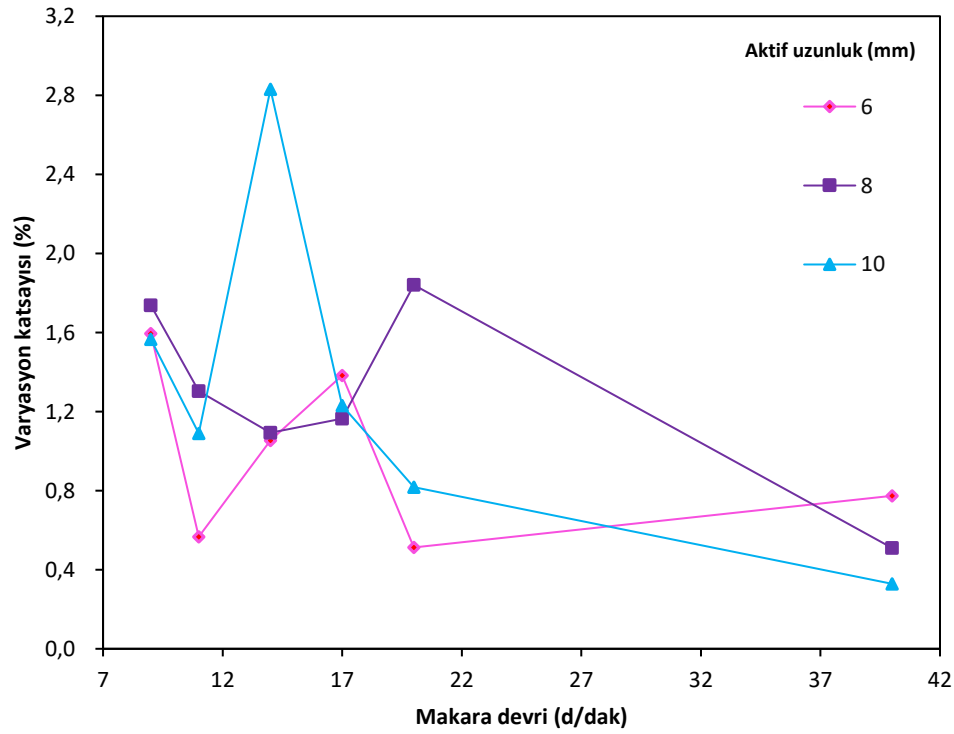
Şekil 4.30. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak çavdar tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



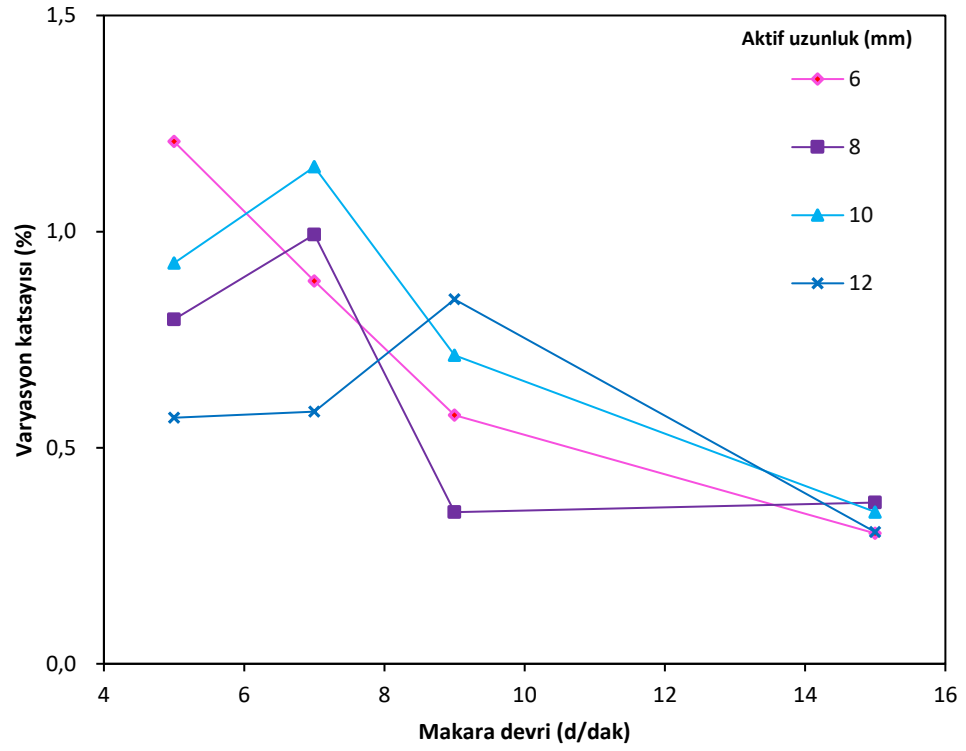
Şekil 4.31. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



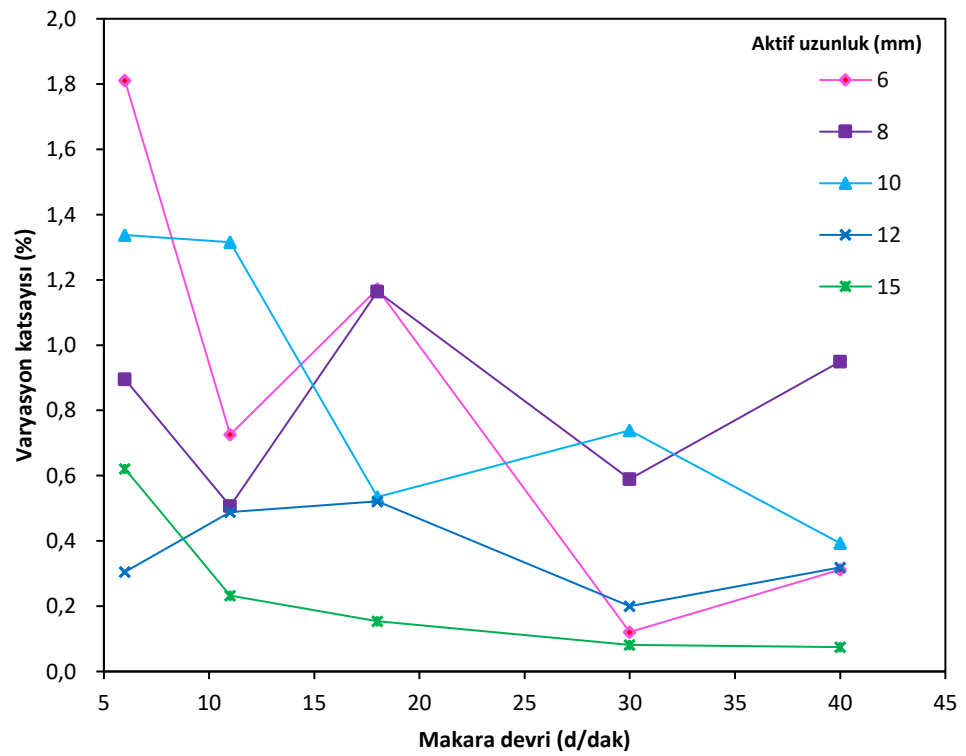
Şekil 4.32. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



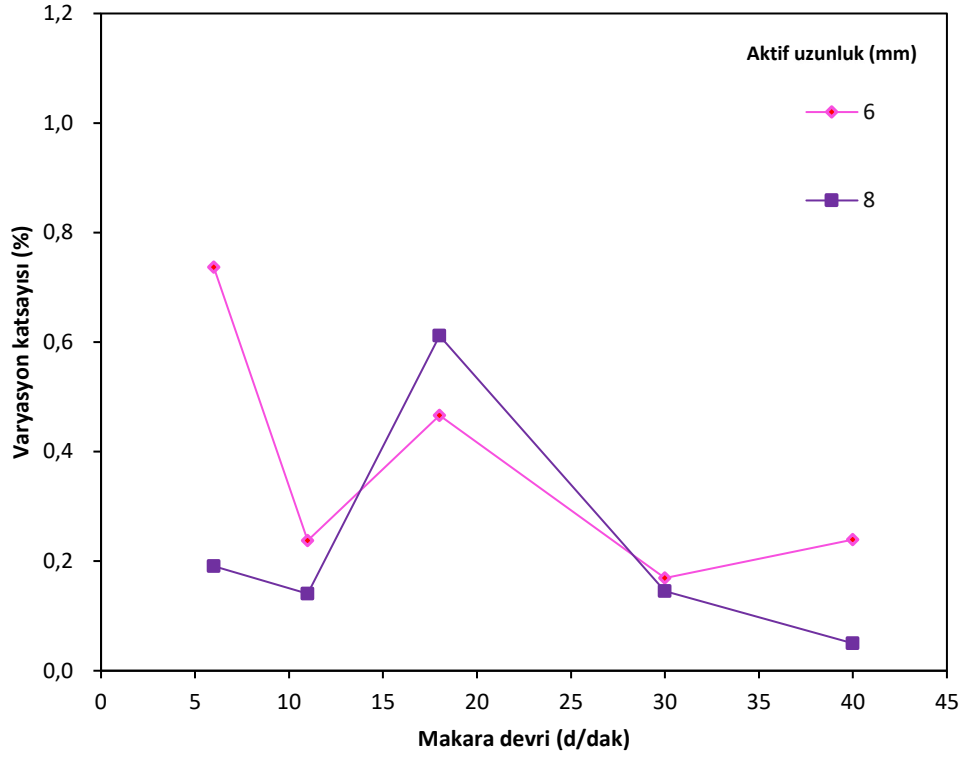
Şekil 4.33. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak keten tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



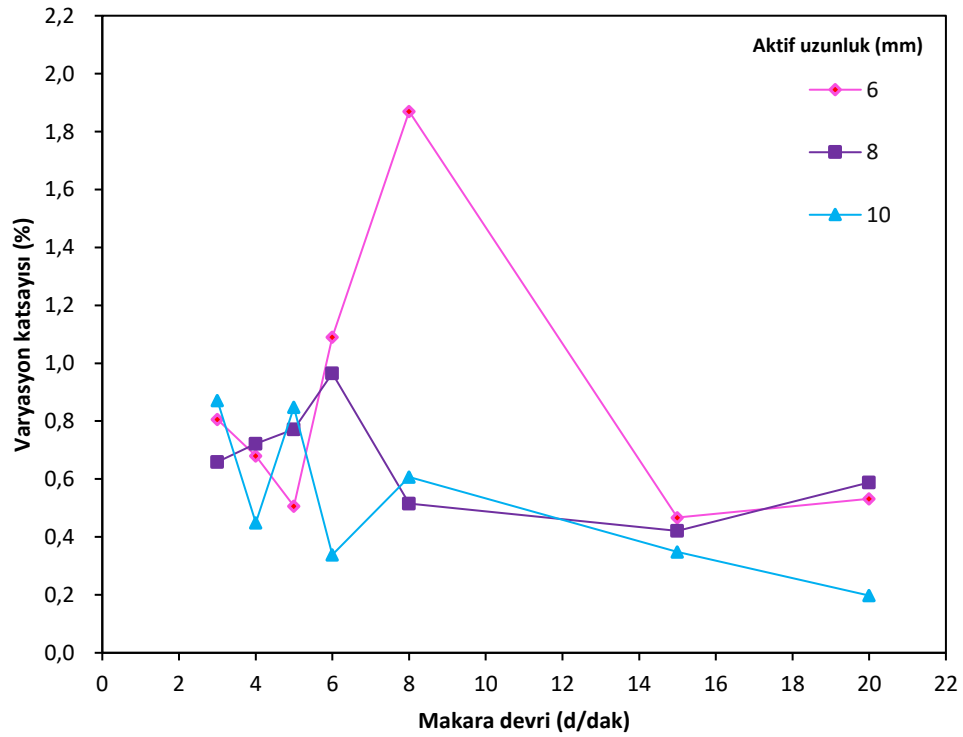
Şekil 4.34. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak kişniş tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



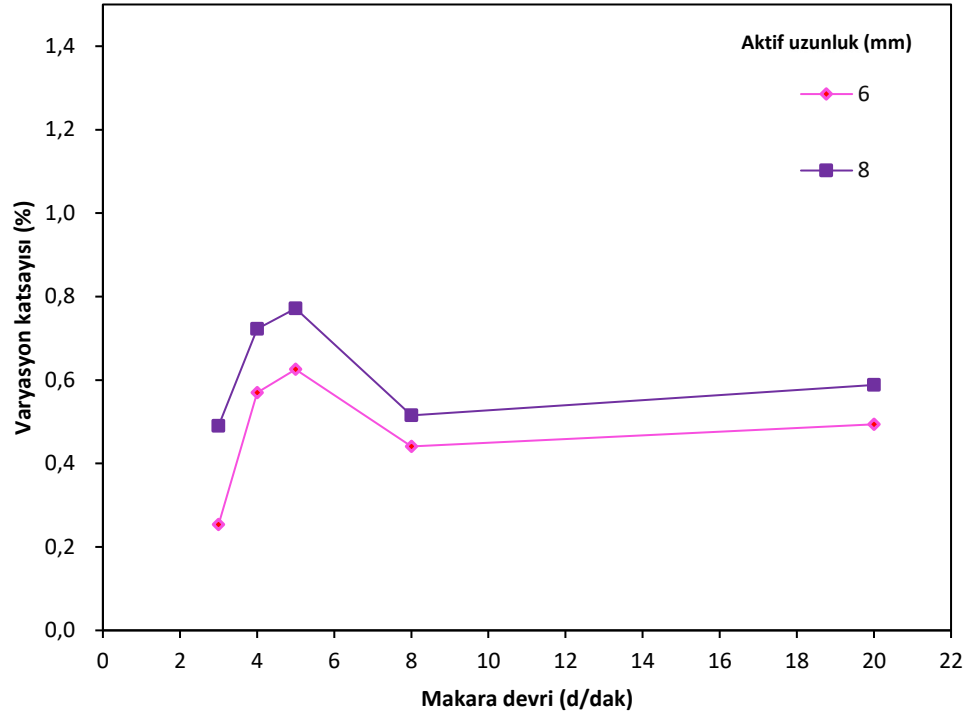
Şekil 4.35. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



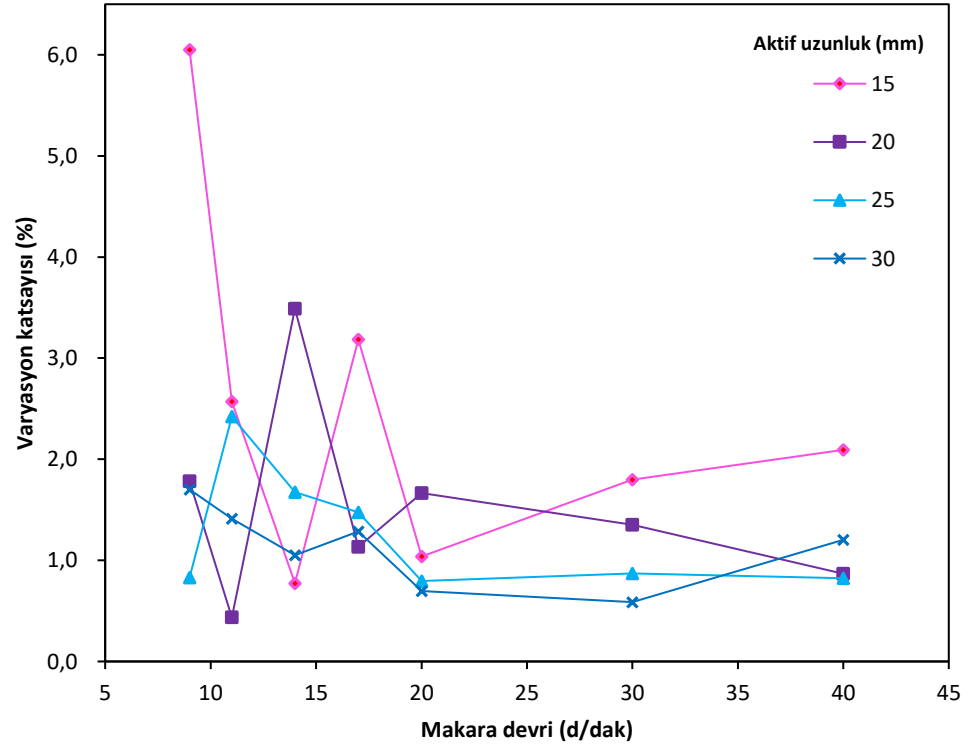
Şekil 4.36. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak susam tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



Şekil 4.37. Oluklu makara (M1) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



Şekil 4.38. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yonca tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı



Şekil 4.39. Oluklu makara (M2) devir sayısı ve aktif uzunluğuna bağlı olarak yulaf tohumlarının akışında tekerrürler arası varyasyon katsayısı

Tekerrürler arası varyasyon katsayısı değerleri, Çizelge 3.3'te verilen (Önal, 2011) akış düzgünlüğü değerlendirmesi ürün bazında analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1'den görüleceği üzere dokuz farklı üründe, farklı makara çapı, makara uzunluğu ve devir kombinasyonda gerçekleştirilen 332 denemeden, her bir denemede 5'er tekerrürden hesaplanan akış düzgünlüğü değerlerinin % 78'lik dilimi (259 deneme) çok iyi akış (% VK<1) grubundadır. Bunun dışında % 1-2 aralığındaki % VK dilimi % 17,8 (59 deneme) düzeyindedir. Tüm denemeler dikkate alındığında % 0- 4 aralığında kabul edilebilir % VK dilimi, % 99,7 olarak hesaplanmıştır. Sadece tek bir denemede (Yulaf da 10 d/dak ve 15 mm makara uzunluğunda) % 6 düzeyinde VK elde edilmiştir. Akış düzgünlüğü ile ilgili elde edilen verilerde en dikkat çeken nokta, genel bilgiler kısmında aktarılan çalışmalara göre beklenenden daha düşük % VK değerleri elde edilmiş olmasıdır. Bazı tohumların akışında meydana gelen % VK değerleri makara dönü sayısına (d/dak) bağlı olarak düşme eğilimi gösterirken kimi tohumlarda % VK değerleri belirli bir aralık içerisinde dalgalanma gösterdiği (belirli bir eğilimin olmadığı) bulunmuştur. Makara aktif uzunluğunun da % VK değerlerini önemli düzeyde etkilemediği görülmektedir.

Çizelge 4.1 Akış düzgünlüğü (% VK) değerlerinin kullanılan tohum ve makara çapına bağlı olarak gerçekleştirilen denemeler uyarınca sayısal ve yüzdesel dağılımı

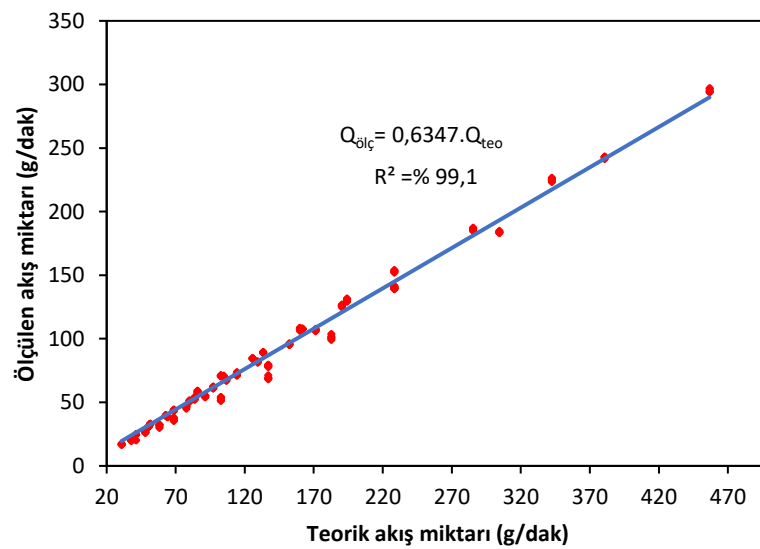
Materyal	Makara	Akış Düzgünlüğü %VK değerlerine göre yüzdesel ve sayısal dağılımı				
		<1	1-2	2-3	3-4	>4
Arpa	M2	66.7 (28)	23.8 (10)	7.1 (3)	2.4 (1)	0 (0)
Aspir	M2	71.4 (20)	25 (7)	3.6 (1)	0 (0)	0 (0)
Buğday	M2	91.4 (32)	5.7 (2)	2.9 (1)	0 (0)	0 (0)
Çavdar	M2	90.5 (38)	7.1 (3)	2.4 (1)	0 (0)	0 (0)
Keten	M1	100 (15)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	M2	90.5 (38)	9.5 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Kısnış	M1	33.3 (6)	61.1 (11)	5.6 (1)	0 (0)	0 (0)
	M2	87.5 (14)	12.5 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Susam	M1	80 (20)	20 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	M2	100 (10)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Yonca	M1	90.5 (19)	9.5 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	M2	100 (10)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Yulaf	M2	32.1 (9)	46.4 (13)	10.7 (3)	7.1 (2)	3.6 (1)
Toplam		78 (259)	17.8 (59)	3 (10)	0.9 (3)	0.3 (1)
Genel toplam		100 (332)				

Parantez dışındaki değerler yüzdesel dilim, parantez içindeki değerler deneme sayısıdır.

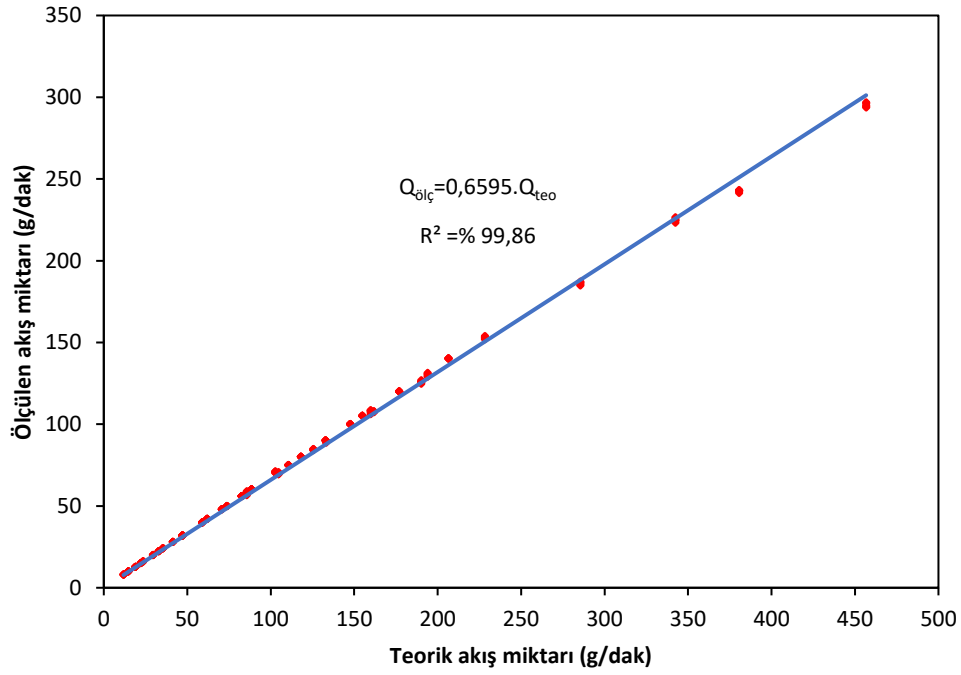
Çizelge 4.1’de verilen bilgiler ışığında küçük çaplı makara (M1) ile çalışmada Keten, büyük çaplı makara (M2) ile çalışmada susam ve yonca tohumlarının % VK değerlerinin tamamı <1 değerinin altındadır. Sonuç olarak 332 denemeden elde edilen verilerin % 78’i % VK değeri <1’in altında yani çok iyi değerlendirme grubunda olup % 17,8’i ise iyi değerlendirme grubunda yer almıştır. Orta düzeyde kabul edilen % VK 2-3 aralığındaki oran % 3, yeterli olarak kabul edilen %VK 3-4 bandındaki oran ise sadece % 0,9 düzeyindedir (Önal, 2011). Genel itibariyle akış düzgünlüğü açısından dağılım bandı en geniş olan tohum yulaf tohumlarıdır. Bu tohum için uygun % VK değerinde çalışılması için uygun makara devri ve aktif makara uzunluğunun seçimi önemlidir. Uygun ekim normunu ve düşük % VK değerinin sağlama açısından bu üründe 20 d/dak ve üzerindeki devirlerde ve 25,30 mm makara uzunluklarında çalışılması uygun olacaktır.

4.4 Teorik ve Ölçülen Akış Miktarı İlişkisi

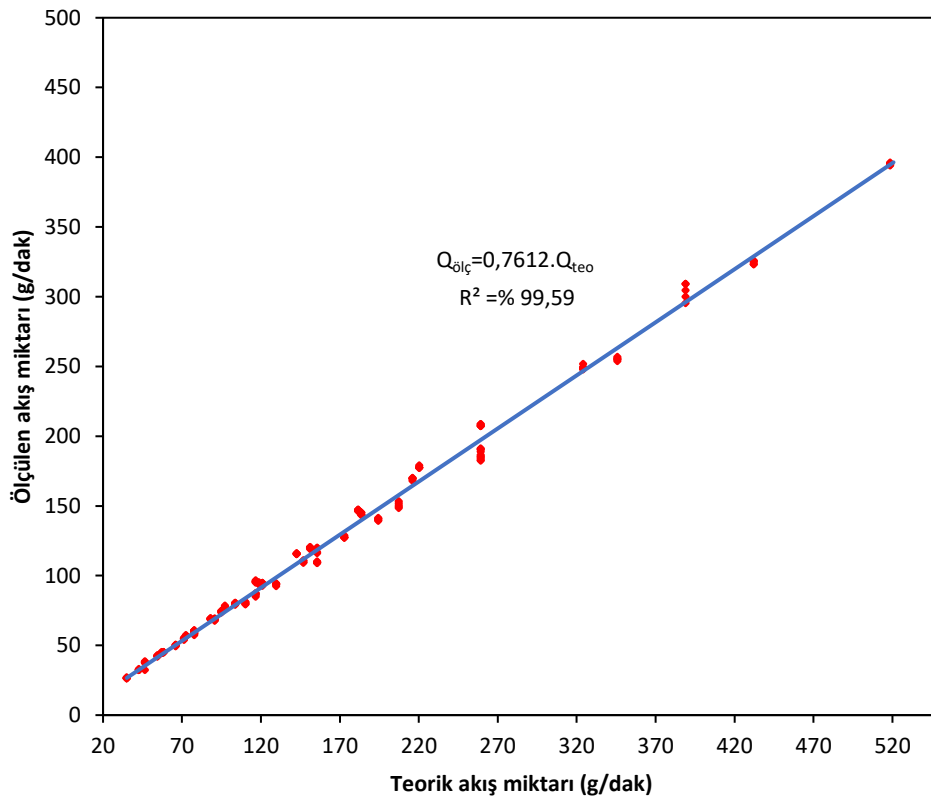
Şekil 4.40-4.52’de makara devir hızı, aktif uzunluğu ve tohum hacim ağırlığına bağlı olarak hesaplanan teorik akış miktarı ve denemeler sonucunda elde edilen akış miktarları (g/dak) karşılaştırılmıştır. Excel’de gerçekleştirilen basit regresyon analizleri sonucunda her bir tohum için farklı makara devri ve uzunluğuna bağlı olarak dolma katsayısı (η) değeri elde edilmiştir.



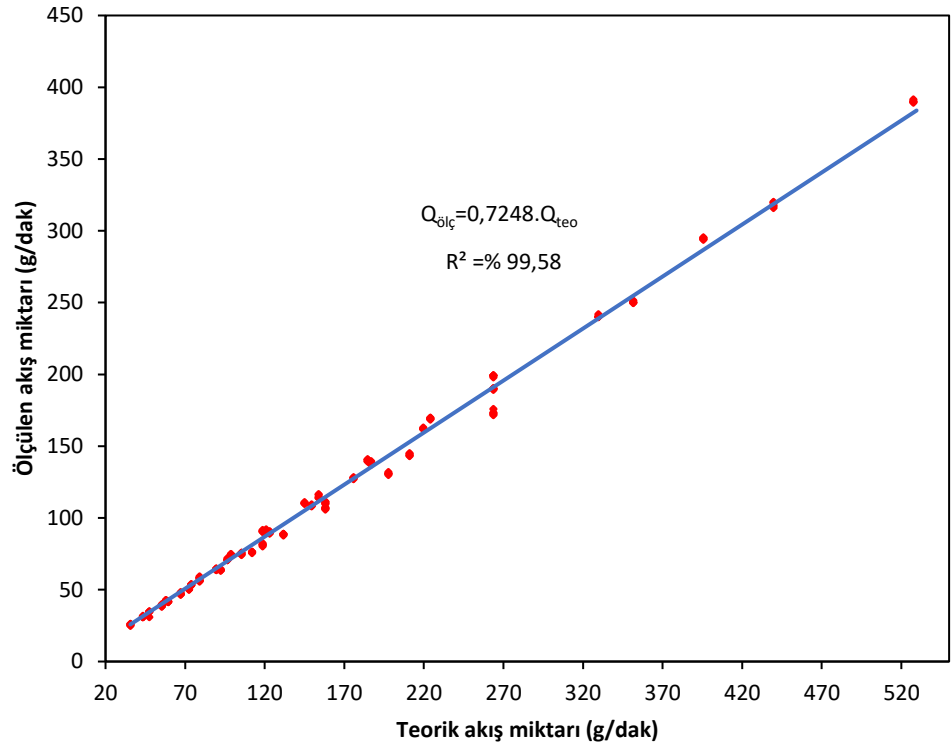
Şekil 4.40. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6347$)



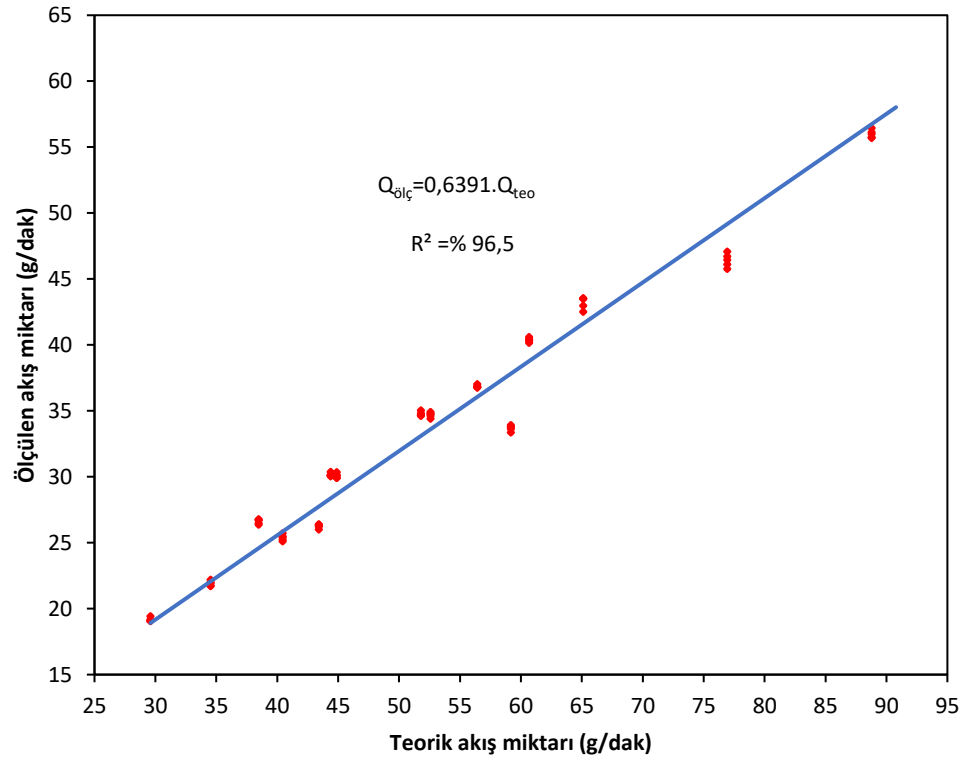
Şekil 4.41. Oluklu makara (M2) ile aspir tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta = 0,6595$)



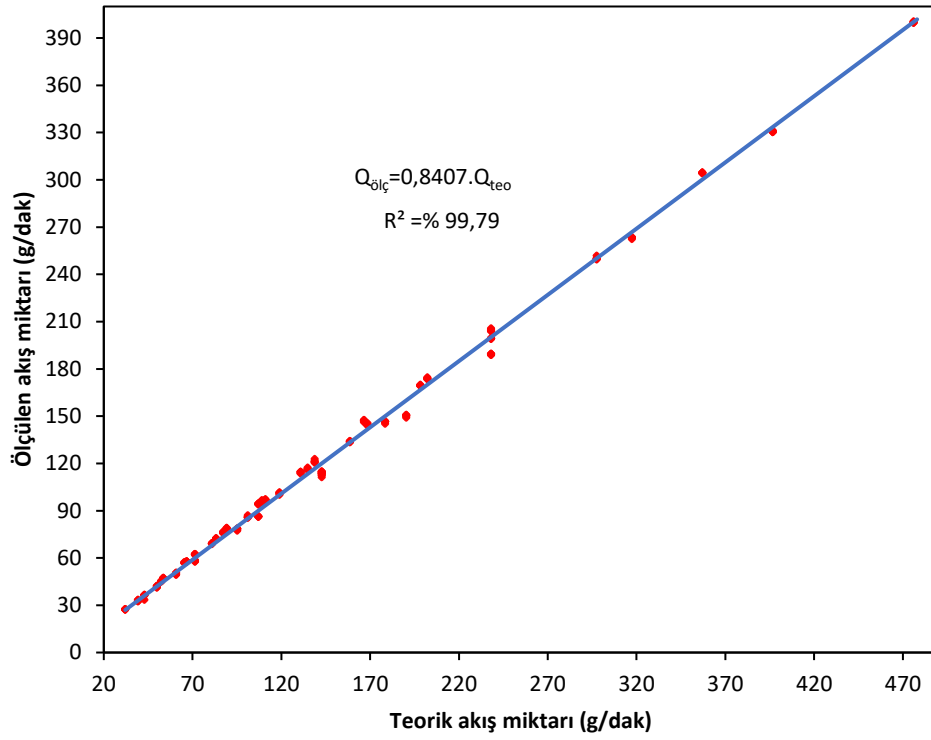
Şekil 4.42. Oluklu makara (M2) ile buğday tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta = 0,7612$)



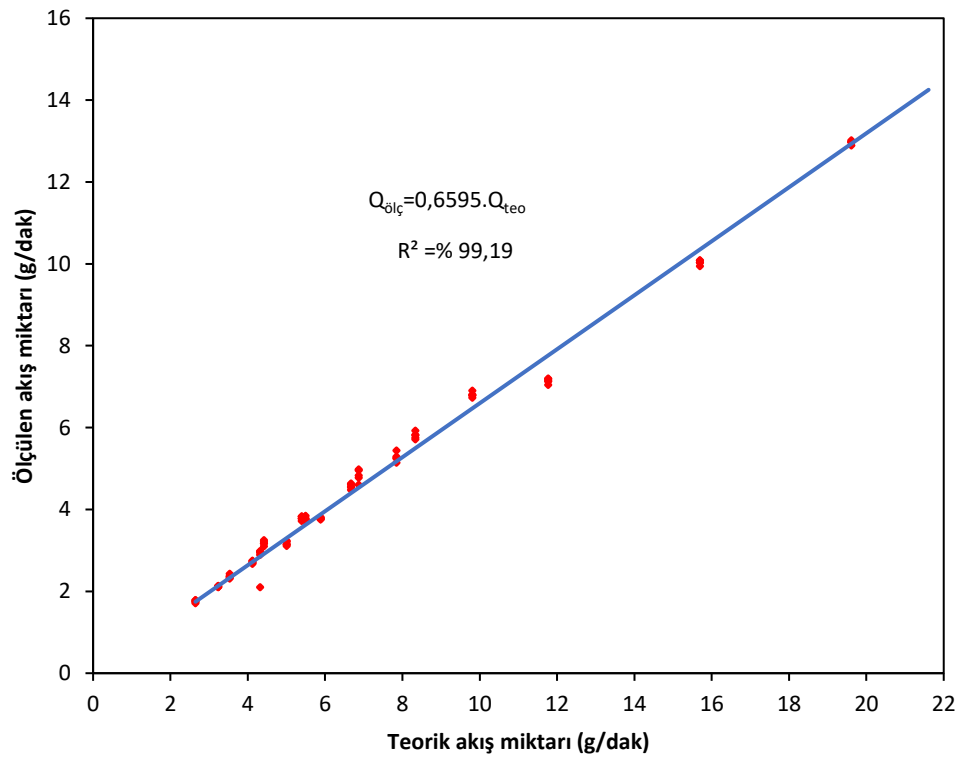
Şekil 4.43. Oluklu makara (M2) ile çavdar tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7248$)



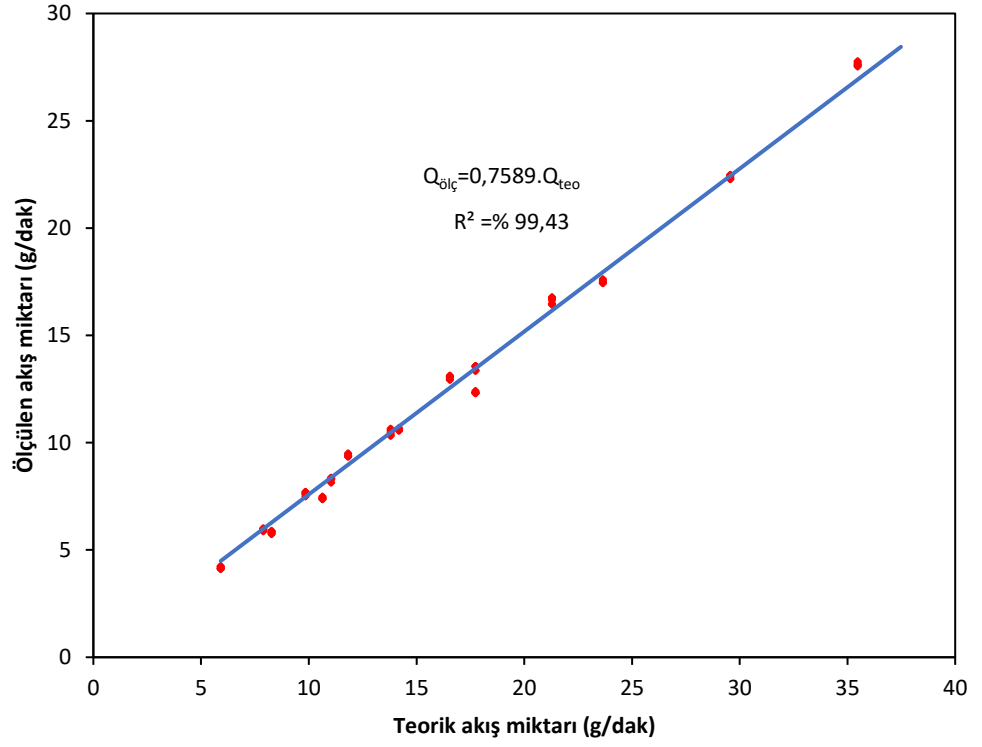
Şekil 4.44. Oluklu makara (M1) ile keten tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,6391$)



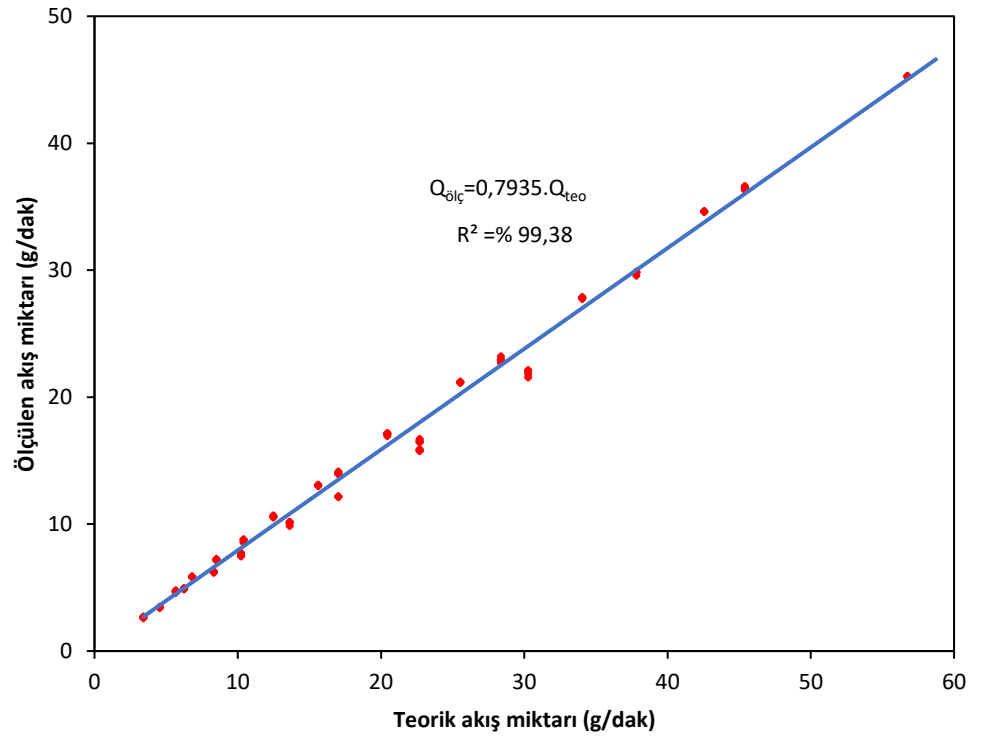
Şekil 4.45. Oluklu makara (M2) ile keten tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları
 $(\eta = 0,8407)$



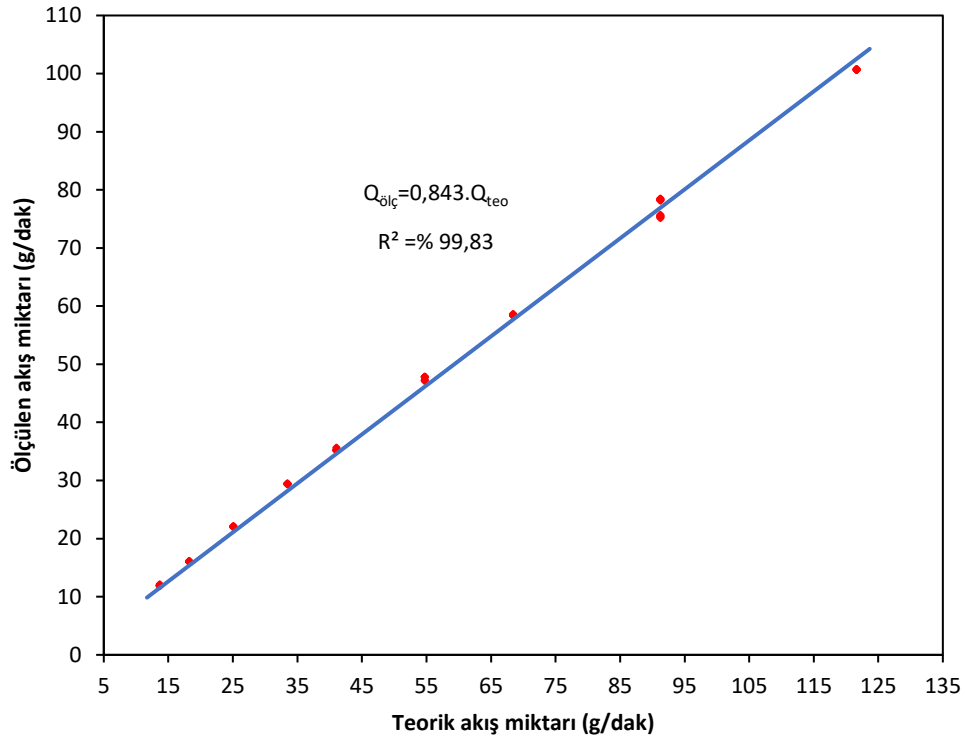
Şekil 4.46. Oluklu makara (M1) ile kişniş tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları
 $(\eta = 0,6595)$



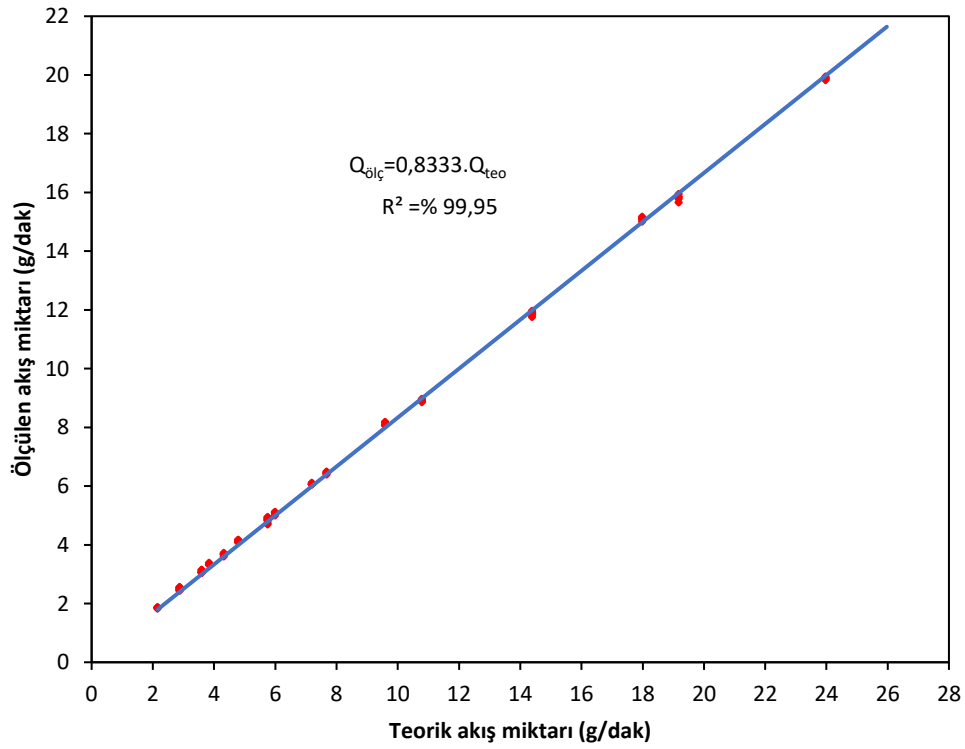
Şekil 4.47. Oluklu makara (M2) ile kişniş tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7589$)



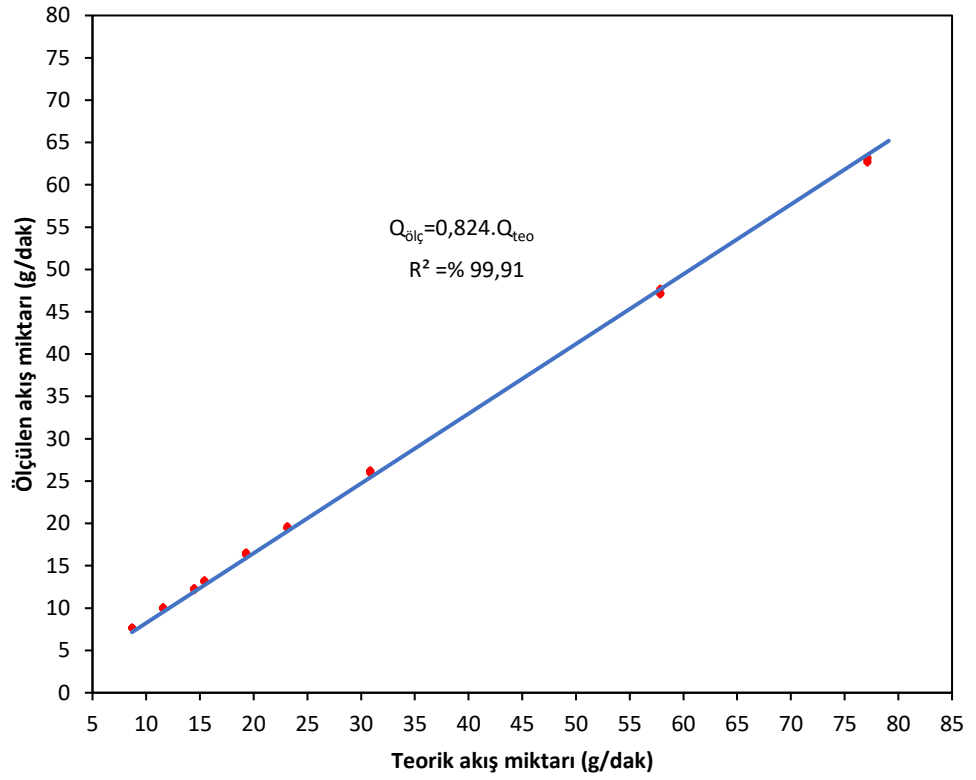
Şekil 4.48. Oluklu makara (M1) ile susam tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta=0,7935$)



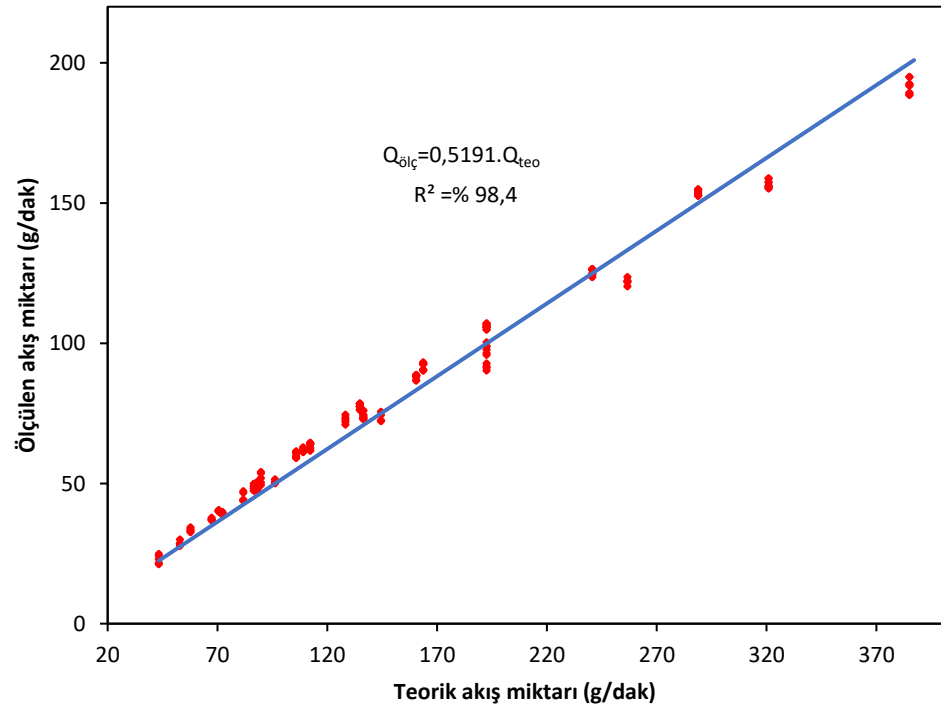
Şekil 4.49. Oluklu makara (M2) ile susam tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta_c = 0,843$)



Şekil 4.50. Oluklu makara (M1) ile yonca tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta_c = 0,8333$)



Şekil 4.51. Oluklu makara (M2) ile yonca tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta_c=0,824$)



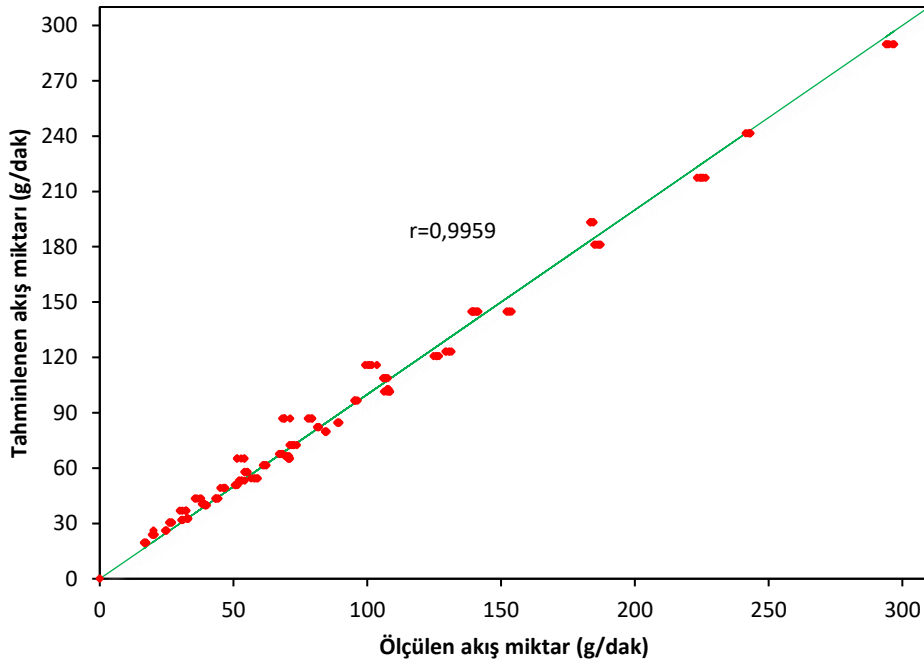
Şekil 4.52. Oluklu makara (M2) ile yulaf tohumları ile çalışmada teorik ve ölçülen akış miktarları ($\eta_c=0,5191$)

Yukarıdaki akış değerleri arasındaki ilişkilere göre elde edilen veriler ışığında hem küçük (M1) hem de büyük makarada (M2) denemesi yapılan 4 tohumdan 3 tanesinde (keten, kişniş ve susam) dolma katsayısının değişime uğradığı ancak yonca tohumlarında makara çapındaki değişimin dolma katsayısını önemli düzeyde değiştirmedığı bulunmuştur.

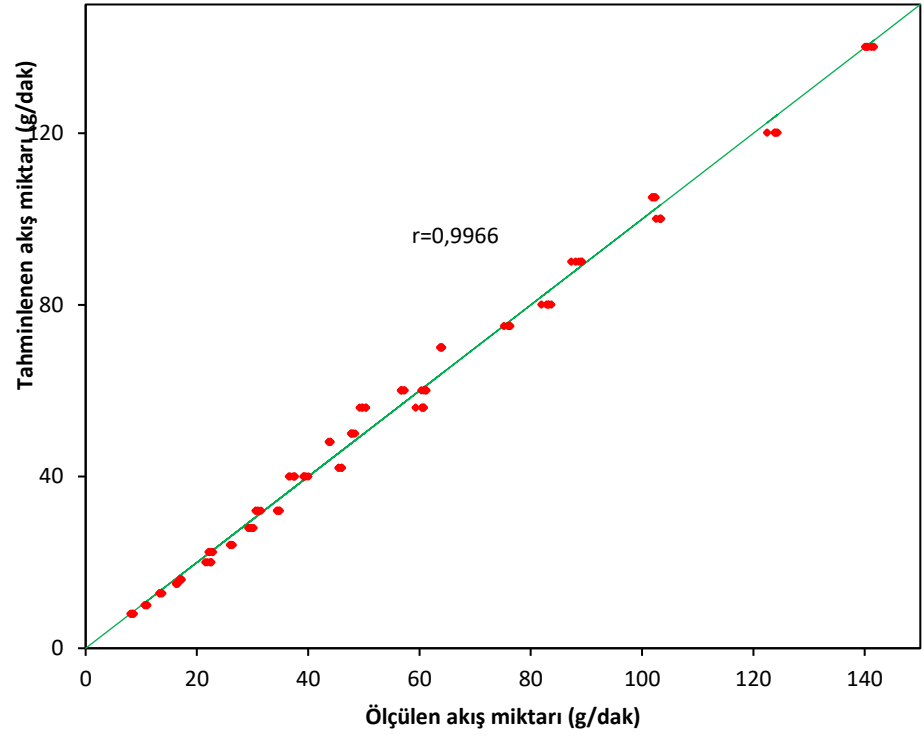
Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre tüm tohumlar için teorik değerler ile ölçülen değerler arasında yüksek düzeyde ilişki mevcuttur. Analiz sonuçlarına göre en düşük tahminleme katsayısı (R^2) değeri yulaf tohumlarında elde edilmiştir ($R^2=0.984$).

4.5 Tahmin Edilen ve Ölçülen Akış Miktarı Arasında Hassasiyet Analizi

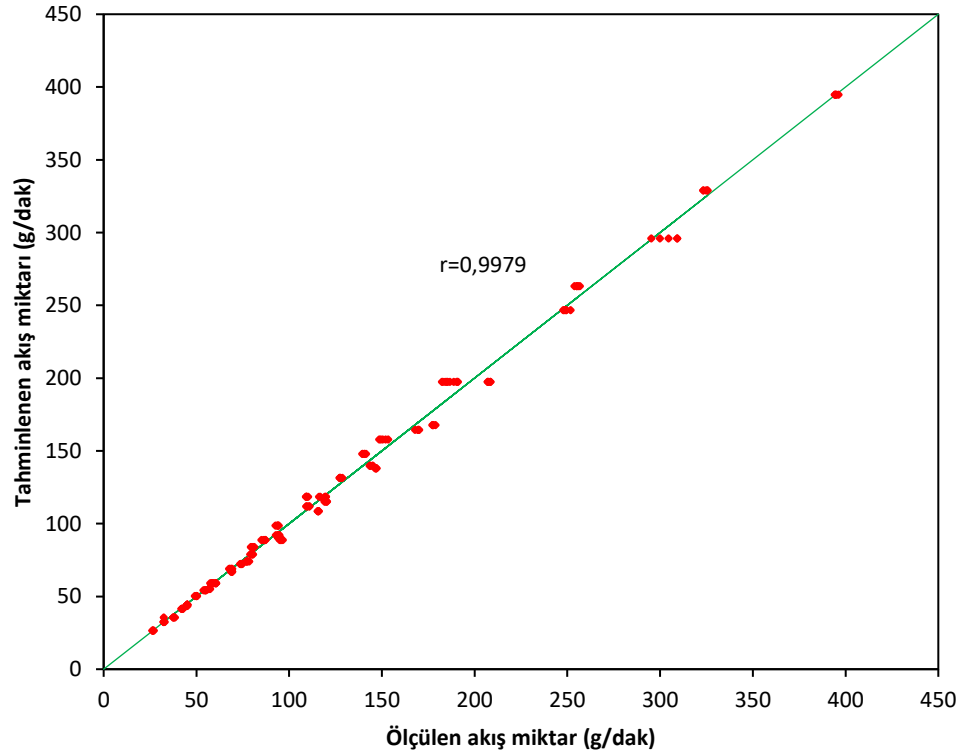
Yapılan regresyon analizi ile elde edilen dolma katsayısı (η) değerlerinin doğruluğunu görebilmek için tartım denemeleri sonucunda elde edilen akış verileri ile tahmin edilen akış miktarı değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar şekil 4.53-4.65'te görüldüğü gibi hassasiyet analizine tabi tutulmuştur.



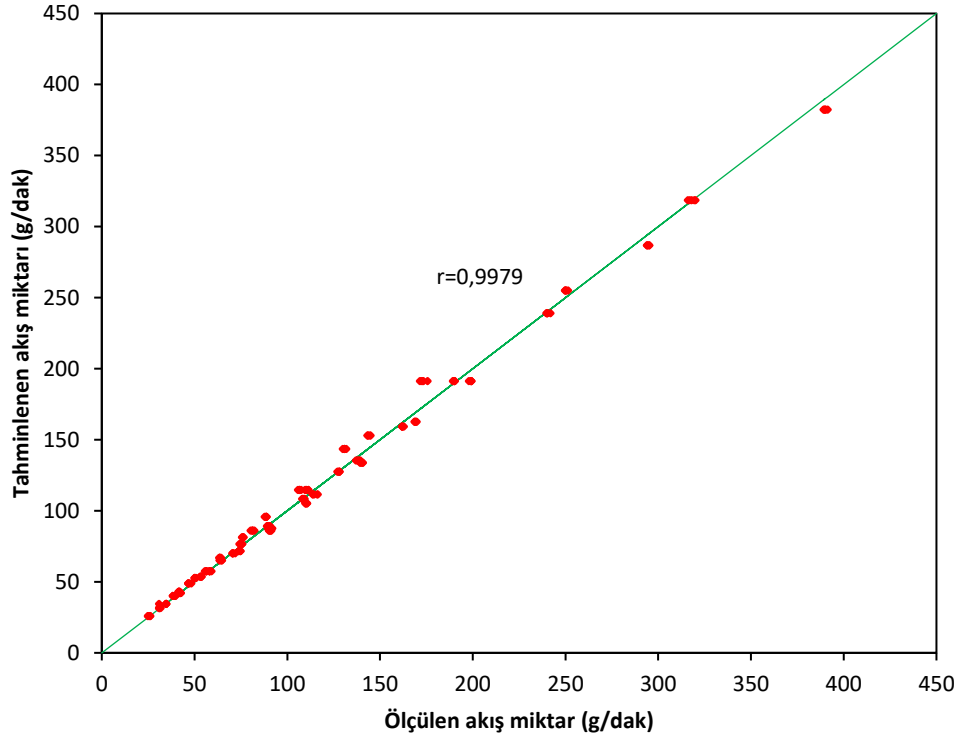
Şekil 4.53. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



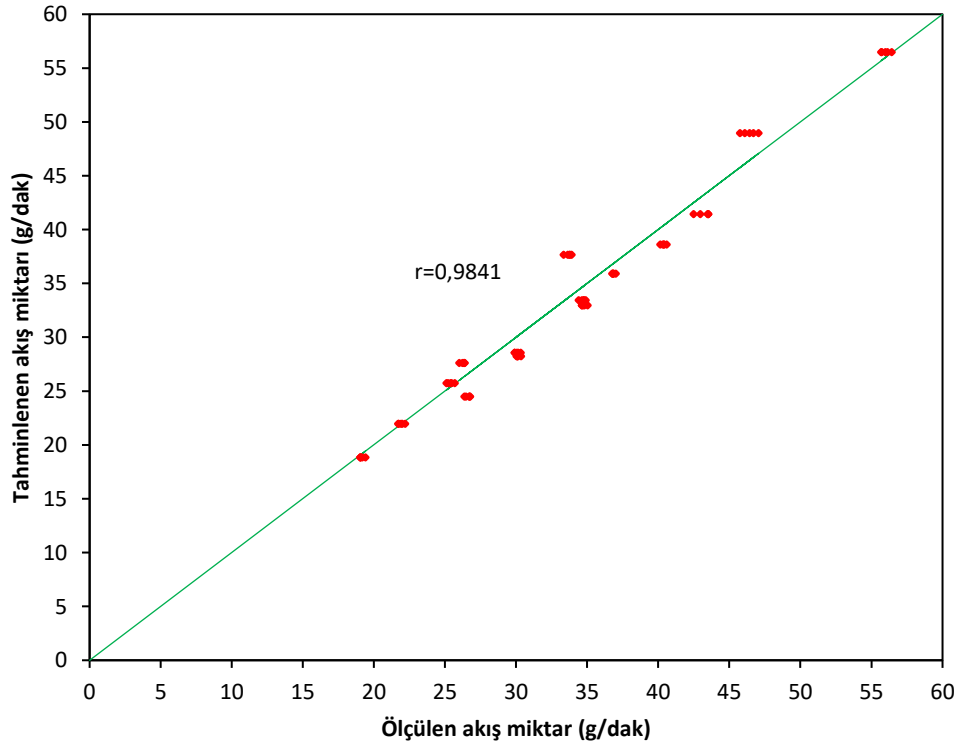
Şekil 4.54. Oluklu makara (M2) ile aspir tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



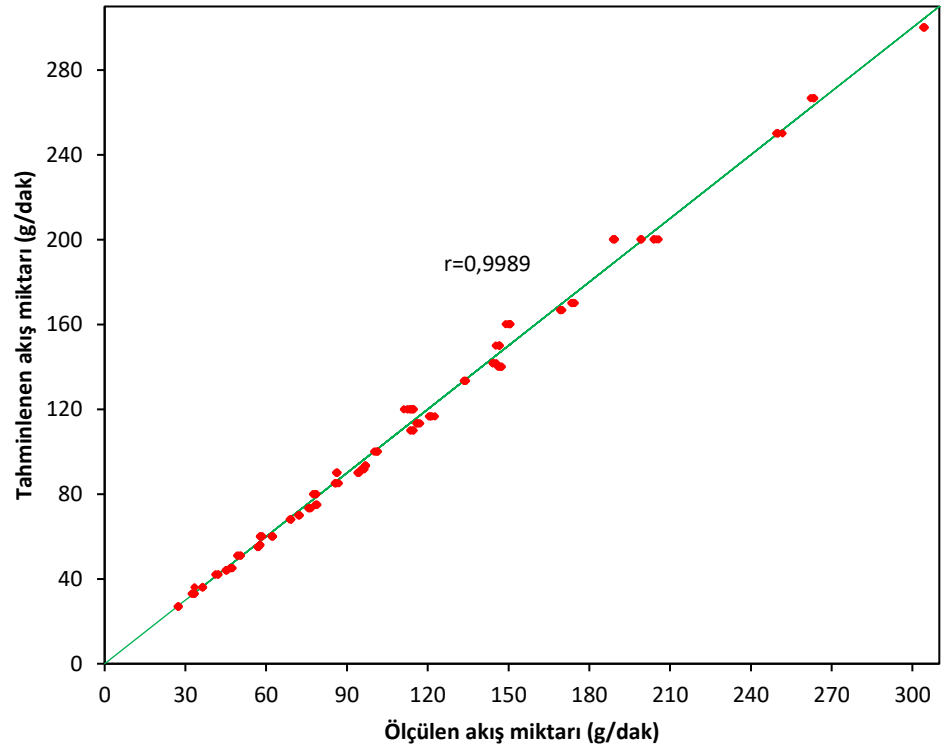
Şekil 4.55. Oluklu makara (M2) ile arpa tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



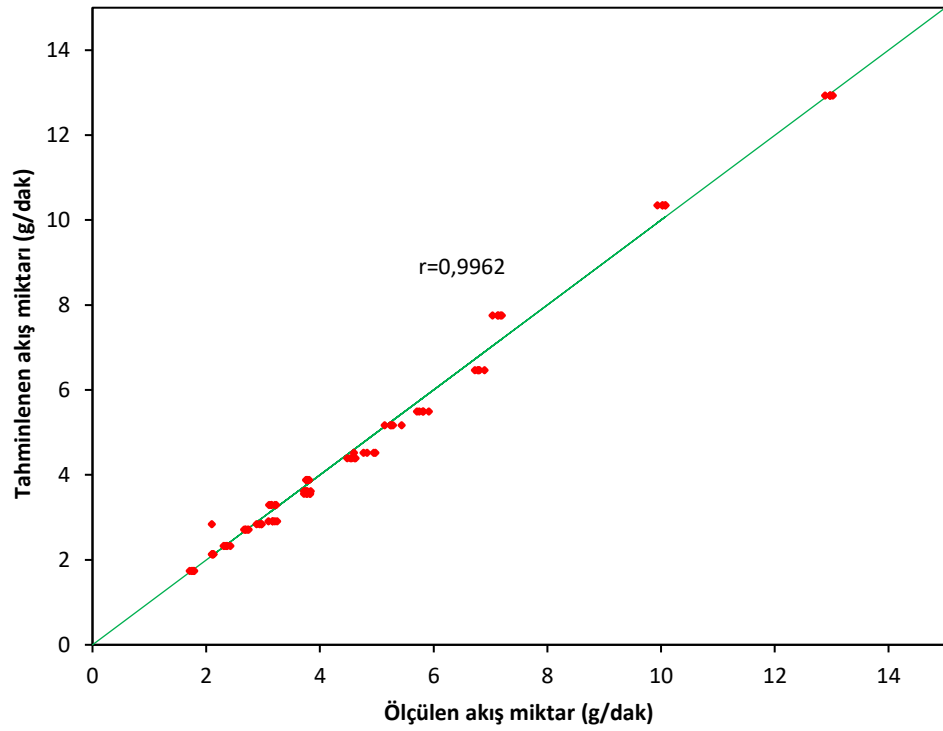
Şekil 4.56. Oluklu makara (M2) ile çavdar tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



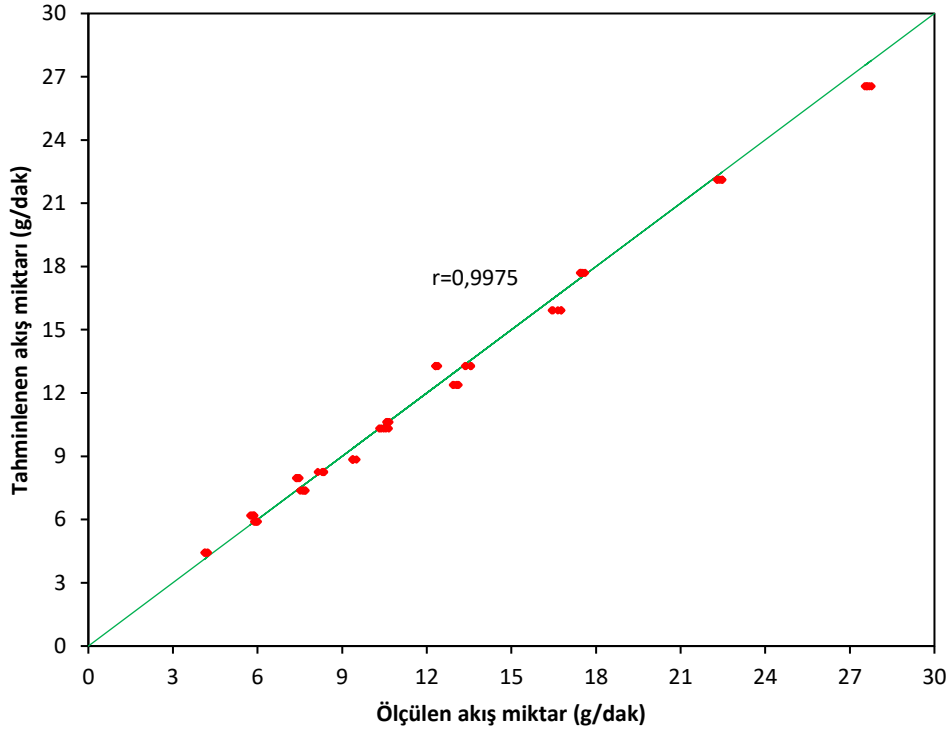
Şekil 4.57. Oluklu makara (M1) ile keten tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



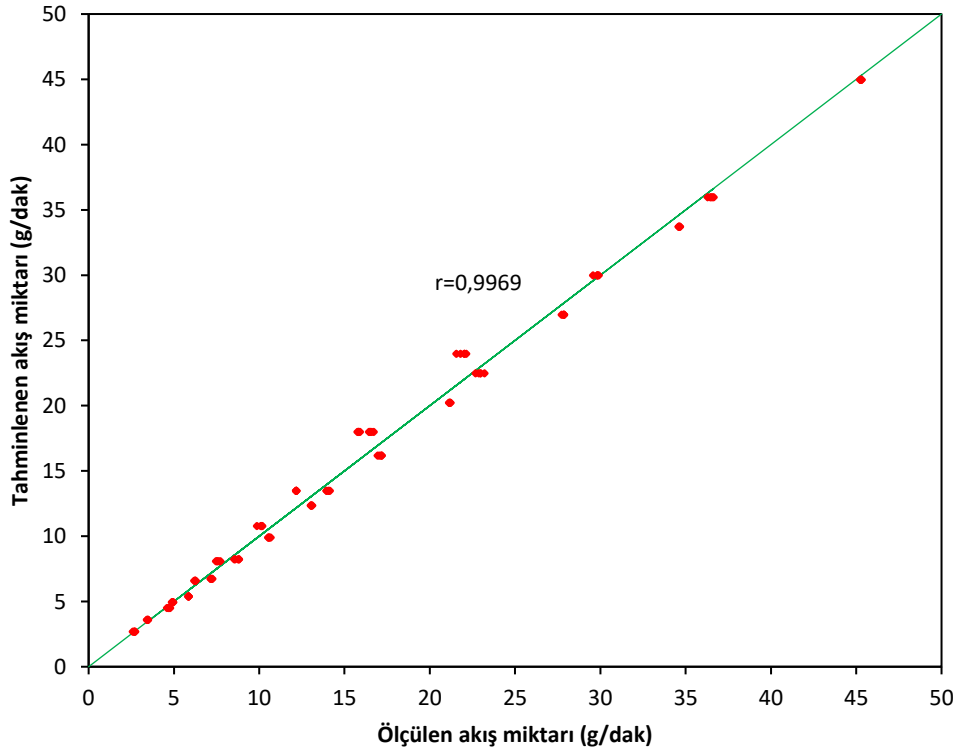
Şekil 4.58. Oluklu makara (M2) ile keten tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



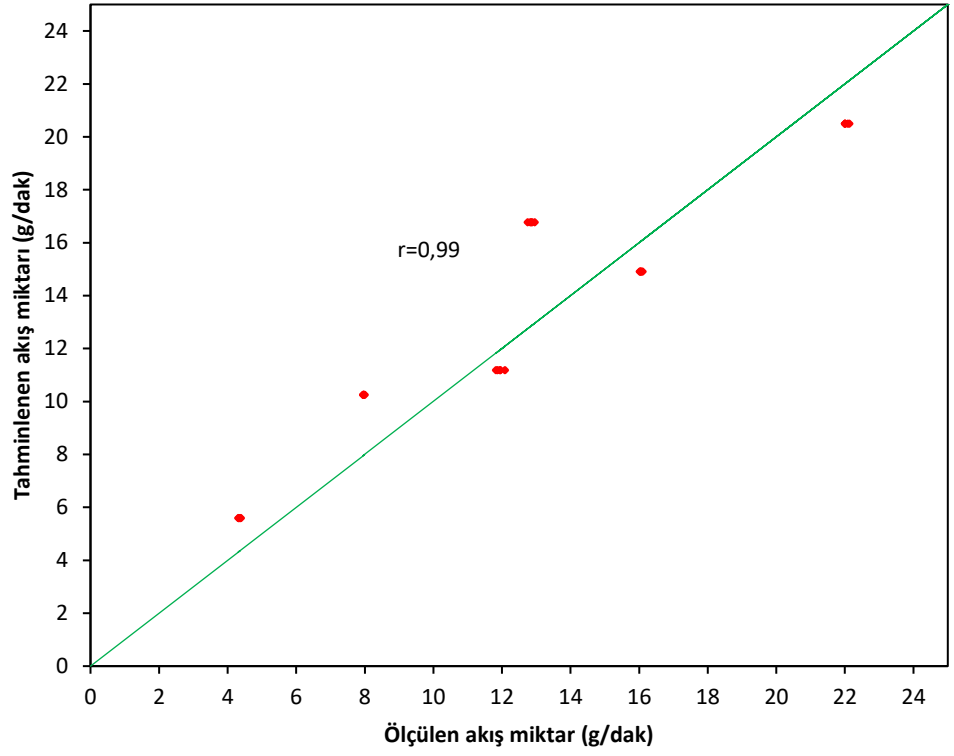
Şekil 4.59. Oluklu makara (M1) ile kişniş tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



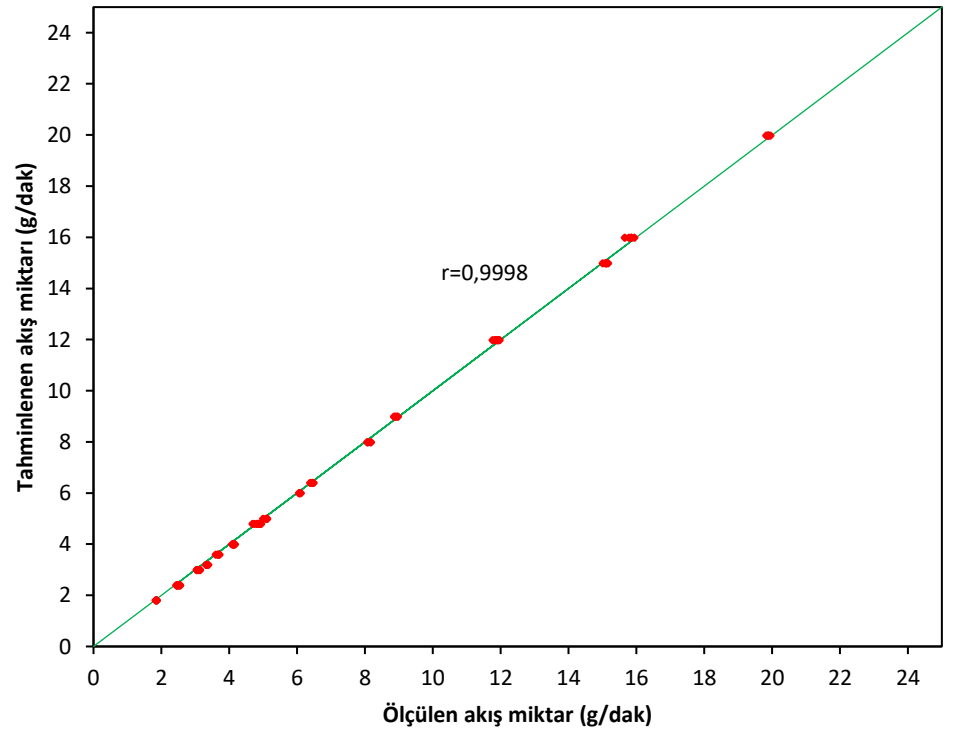
Şekil 4.60. Oluklu makara (M2) ile kişniş tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



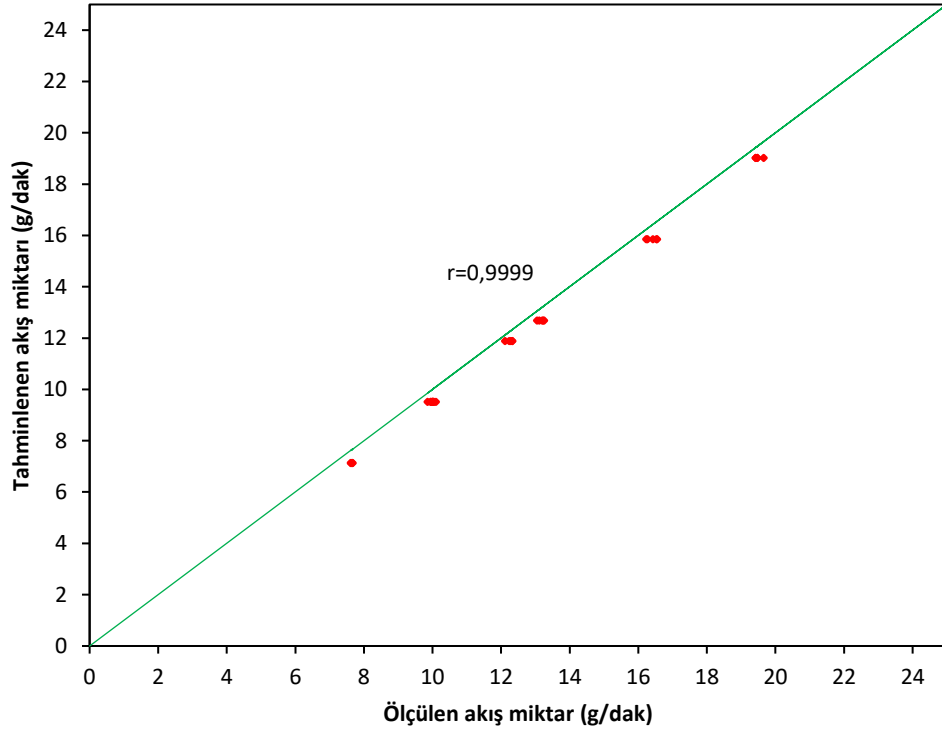
Şekil 4.61. Oluklu makara (M1) ile susam tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



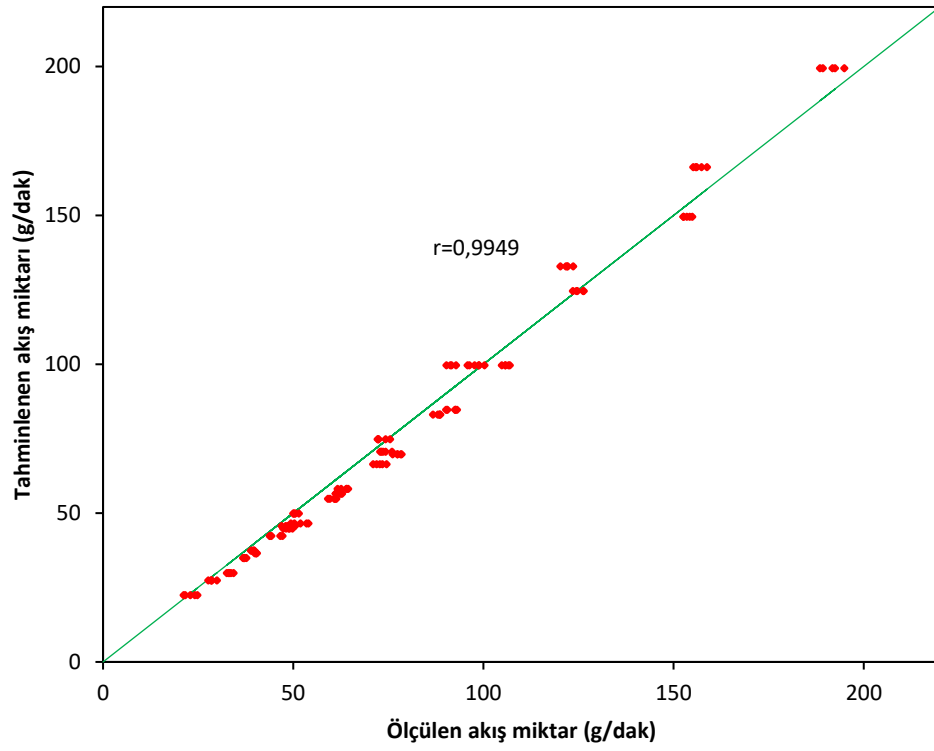
Şekil 4.62. Oluklu makara (M2) ile susam tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



Şekil 4.63. Oluklu makara (M1) ile yonca tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



Şekil 4.64. Oluklu makara (M2) ile yonca tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı



Şekil 4.65. Oluklu makara (M2) ile yulaf tohumları ile çalışmada ölçülen ve tahmin edilen akış miktarı

Tahmin edilen değerler ile ölçülen değerlerin yüksek oranda yakın olduğu görülmektedir. Verilen grafiklerde görüldüğü üzere tüm verilerin diyagonalde çizilen doğru ($R^2 = \% 100$ 'ü temsil eden doğru) üzerinde dağılım göstermektedir. Bu durum da tahminlemelerin oldukça iyi olduğunu göstermektedir.

4.6 Matematiksel Model Yaklaşımları

Dolma katsayısı modelleri geliştirme öncesinde modele alınacak bağımsız değişkenlerin neler olacağı konusunda bazı ön analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler üç farklı modelde gerçekleştirilmiştir. Küresellik (ϕ), iz düşüm alanı (A_p) ve bin dane ağırlığı (m_{1000}) değişkenlerinin; tohumların uzunluk (l), genişlik (w), kalınlık (t) ve sürtünme katsayısı (μ_1, μ_2) değerleri arasındaki doğrusal ve/veya doğrusal olmayan bir ilişkisi olduğu düşüncesi ile teorik formda modeller kurulmuştur. Bu teorik formda modellerde, küreselliğin (ϕ), iz düşüm alanı (A_p) ve bin dane ağırlığı (m_{1000}) değerinin modellere dahil edilip edilmemesi durumunda modele girecek terimlerin dolma katsayısı üzerinde etkilerinin yorumlarına katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Yani küreselliğin, iz düşüm alanının ve bin dane ağırlığının gözetilmediği modellerde tohum ayrıtlarının yalın halde modelde olmalarının ne denli etkin ve anlamlı olacağı ortaya konulmuş olacaktır. Bunun dışındaki değişkenlerin de model içerisine katılmalarının yorumlanması da mümkün olacaktır. Aşağıda verilen teorik formdaki modellerde, model sabitleri ($a, b, c; a_1, b_1, c_1; \dots, a_5, b_5, c_5, \dots$) verilmemekle birlikte, modeller bu çalışmada elde edilen 1660 veri kullanılarak oluşturulmuştur.

$$\eta = a - b \cdot A_p - c \cdot \phi + d \cdot \gamma + e \cdot V - f \cdot n + g \cdot m_{1000} - h \cdot l + i \cdot w - j \cdot t \quad (4.1)$$

$$\eta = a_1 + b_1 \cdot \gamma + c_1 \cdot V - d_1 \cdot n - e_1 \cdot \mu_1 - f_1 \cdot \mu_2 - g_1 \cdot l + h_1 \cdot w + i_1 \cdot t \quad (4.2)$$

$$\text{Arcsin} \sqrt{\eta} = a_2 - b_2 \cdot A_p - c_2 \cdot \phi + d_2 \cdot \mu_2 + e_2 \cdot m_{1000} + f_2 \cdot V + g_2 \cdot \gamma - h_2 \cdot n - i_2 \cdot l + j_2 \cdot w - k \cdot t \quad (4.3)$$

$$\text{Arcsin} \sqrt{\eta} = a_3 - b_3 \cdot \mu_1 - c_3 \cdot \mu_2 + d_3 \cdot V + e_3 \cdot \gamma - f_3 \cdot n - g_3 \cdot l + h_3 \cdot w + i_3 \cdot t \quad (4.4)$$

$$\eta = 10^{-a_4} A_p^{-b_4} \cdot V^{c_4} \cdot m_{1000}^{-d_4} \cdot \gamma^{e_4} \cdot n^{-f_4} \cdot \mu_1^{-g_4} \cdot \mu_2^{h_4} \cdot l^{i_4} \cdot w^{j_4} \quad (4.5)$$

$$\eta=10^{-a5} V^{b5} .\gamma^{c5} .n^{-d5} .\mu_1^{-e5} .\mu_2^{-f5} .I^{-g5} .w^{h5} .t^{i5} \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.1 ve 4.2’de verilen modeller doğrusal modeller olup aralarındaki terk fark 4.2 eşitliğini yaratmada küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığının modelde değişken olarak tanımlanmamış olmasıdır. Bu iki eşitlikte fiziksel olarak tüm terimler anlamlı olmakla birlikte, modelden küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığının çıkarılması eşitlik 4.2. de görüleceği üzere materyal-materyal arası ve materyal-plexiglass üstünde sürtünme katsayısının girmesini sağlamıştır. Bu katsayıların önündeki (-) işareti dolma katsayısını azalttığı yönündedir ve beklenen bir durumdur.

Dolma katsayısının transforme edildiği 4.3 ve 4.4 eşitliklerinde ise yine bazı farklılıklar söz konusudur. Eşitlik 4.3’te küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığı değişken olarak tanımlanmış ve eşitlikte yer almıştır. Ancak bin dane ağırlığının etkisi dolma katsayısını arttırdığı yöndedir ki bu fiziksel olarak anlamlı değildir.

Üstel formdaki eşitlik 4.5 ve 4.6 arasında da küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığının olup olmamasına bağlı olarak değişiklikler meydana gelmiştir. Eşitlik 4.5’te materyal-fleksiglas arasındaki sürtünme katsayısının artışı dolma katsayısını arttırmaktadır ve beklenmeyen bir durumdur. Küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığının değişken olarak tanımlanmadığı eşitlik 4.6’ya materyal-flexiglass sürtünme katsayısı değeri dolma katsayısı ile ters orantılıdır. Yani söz konusu sürtünme katsayısının artışı dolma katsayısında azalma meydana gelmektedir.

Yukarıda verilen irdelemeler ışığında dolma katsayısı modellerinde küresellik, iz düşüm alanı ve bin dane ağırlığı değişkenlerinin olmaması gerektiği ortaya çıkmıştır. Böylesi bir durumda dolma katsayısı modelleri sekiz farklı bağımsız değişkenle geliştirilmesi söz konusudur. Matematiksel modellerde makara aktif uzunluğu (L) ve olukların toplam alanı (A) değişken olarak ele alınmamıştır. Bu değerlerin yerine iki değişkenin çarpımı olan toplam hacim (V) olarak dolma katsayısı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tohumların nem içeriğindeki değişim yine bu çalışmada bir değişken olarak ele alınmamıştır. Tüm

tohumların Çizelge 3.1’de verilen nem değerlerinde ekime uygun oldukları düşünülmüştür. Geliştirilen modeller başlıklar halinde aşağıda verildiği gibidir.

4.6.1 Model no:I (Doğrusal model)

Dolma katsayısını ölçmek için gerçekleştirilen beş tekerrürlü denemeler sonucunda elde edilen veriler ışığında geliştirilen ve R^2 değeri % 89,69 olan doğrusal model aşağıda verilmiştir.

$$\eta = 0,7993 + 0,000369.\gamma + 0,000009.V - 0,002282.n - 0,1638.\mu_1 - 0,3533.\mu_2 - 0,048571.l + 0,04255.w + 0,01781.t \quad (4.7)$$

Doğrusal model eşitliğinde görüldüğü üzere ele alınan 8 farklı değişkenin tamamı yapılan Stepwise regresyon analizi sonucunda % 95 önem düzeyinde modele girmiştir. Daha önce de açıklandığı üzere bu modelde küresellik (ϕ), iz düşüm alanı (A_p) ve bin dane ağırlığı(m_{1000}) bağımsız değişken olarak tanımlanmamıştır. Modele giren değişkenlerin katkı payları Çizelge 4.2’de verildiği gibidir. Detaylı regresyon analizleri sonuçları Ek 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Matematiksel Model I’e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

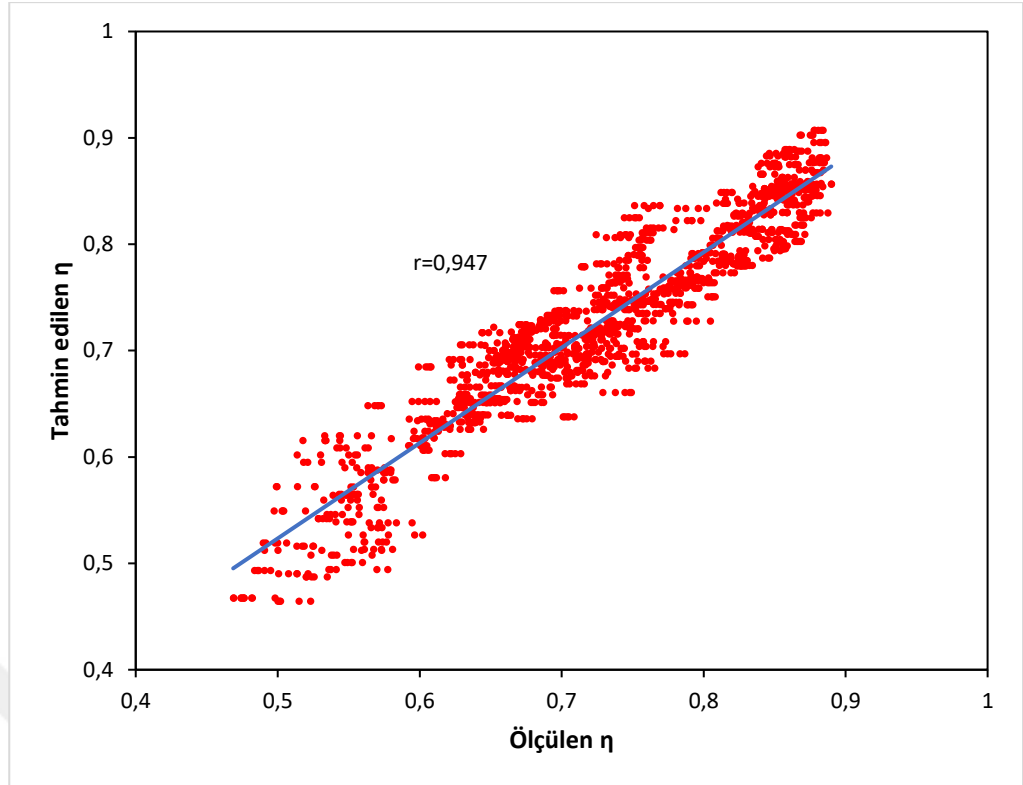
Değişken	Modele katkısı
γ	14,75%
V	3,86%
n	10,78%
μ_1	12,48%
μ_2	0,05%
l	42,37%
w	4,97%
t	0,43%
Regression	89,69%

Modele katılan değişkenler arasında en önemlisi tohumların uzunluğu (l) olarak görülmektedir. Yani oluklu makaralarda olukların tohumlarla dolma katsayısını en belirgin derecede etkileyen değişken % 42,37 katkı değeri ile modele katılan tohumların uzunluk değeridir. Tohumların uzunluk değerinin artışı model denkleminde anlaşılabileceği üzere dolma katsayısını azaltmaktadır. Tohum uzunluğunun yanı sıra hacim ağırlığı(γ) dolma katsayısını etkileyen ikinci önemli

değişkendir. Hacim ağırlığının artışı dolma katsayısını arttırmaktadır. Materyal-materyal ve materyal fleksiglas arasındaki sürtünme katsayısı değerleri dolma katsayısı ile ters ilişki içerisinde. Sürtünme katsayılarındaki artış dolma katsayısını azaltmaktadır. Aktif makara uzunluğu ve makara oluklarının toplam alanının çarpımı olarak bir model değişkeni olan hacim(V) değerinin artışı dolma katsayısını arttırmaktadır. Makara devir sayısının(n) artışı dolma katsayısını azaltmakta olan önemli model değişkenlerindendir. Tohumların genişlik(w) ve kalınlık(t) değerlerinin artışı düşük önem düzeyinde olsa da dolma katsayısını arttırmaktadır. Bu durum ölçüm denemelerinde gözlemlendiği gibi uzun-çubuksu tohum formundan ziyade yassı-eliptik tohum formlarından yüksek dolma katsayısı değerleri ölçülmüş olması ile açıklanabilir.

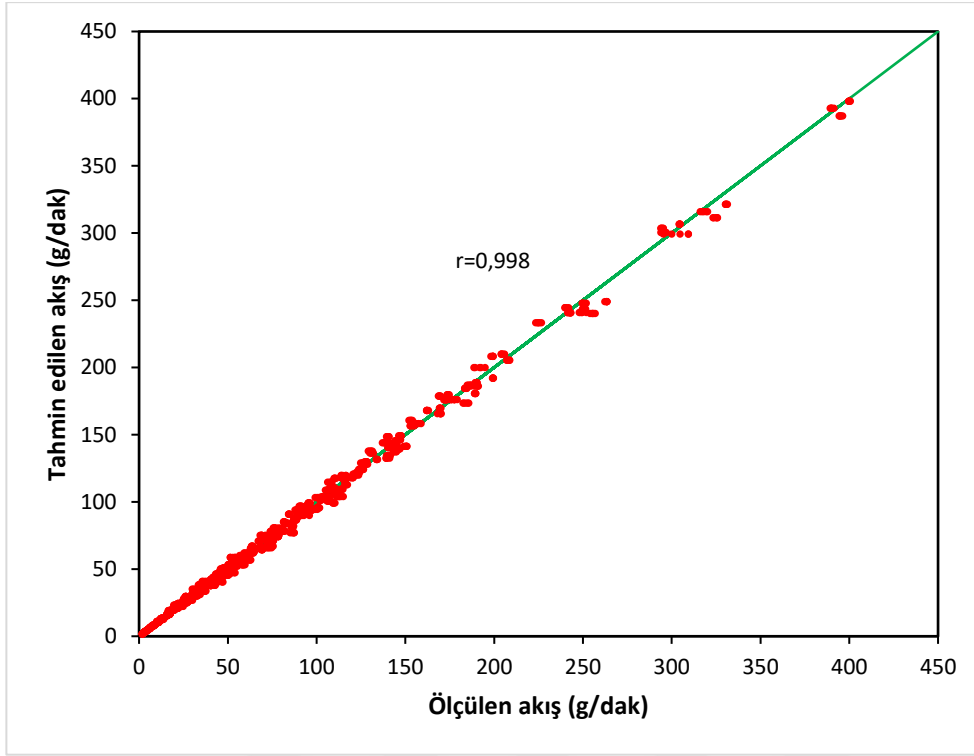
Ele alınan değişkenler ışığında görülmektedir ki doğrusal model sekiz değişken değerleri ile dolma katsayısındaki değişimin % 89,69'unu açıklayabilmektedir.

Doğrusal model için dolma katsayısı η değerlerinin tutarlılığını incelemek için denemelerden elde edilen η değerleri ile modelin tahmin ettiği η değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.66'da görüleceği üzere değerlerin bir doğru etrafında dağılım gösterdiği görülmektedir. Modelin korelasyon katsayısı $r=0,9470$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.66. Model No: I tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri

Modelden elde edilen η değerleri ile oluklu makara için tahmin edilen akış değeri Q (g/dak) hesaplanmış ve hesaplanan tahmini akış değerleri ile denemelerde ölçülen akış değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.67’de bu karşılaştırmada görülmektedir ki modelin tahmin ettiği akış değeri ile ölçülen değerler büyük oranda tutarlıdır. Değerler regresyon analizine tabi tutulduğunda korelasyon katsayısının $r=0,9988$ olduğu görülmektedir. Grafikte de değerlerin $R^2 = \% 100$ doğrusunun etrafında dağılım oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.67. Model No: I tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri

4.6.2 Model no:II (Dolma katsayısı transforme edilmiş (arcsin $\sqrt{\cdot}$) model)

Dolma katsayısı (arcsin $\sqrt{\cdot}$) transformasyonuna uğratılmış modelde R^2 değeri % 89.3 olarak hesaplanmıştır. Bu modele sekiz farklı değişken farklı oranlarda katkı değerleri ile katılmaktadır. Model denklemi aşağıda verildiği gibidir.

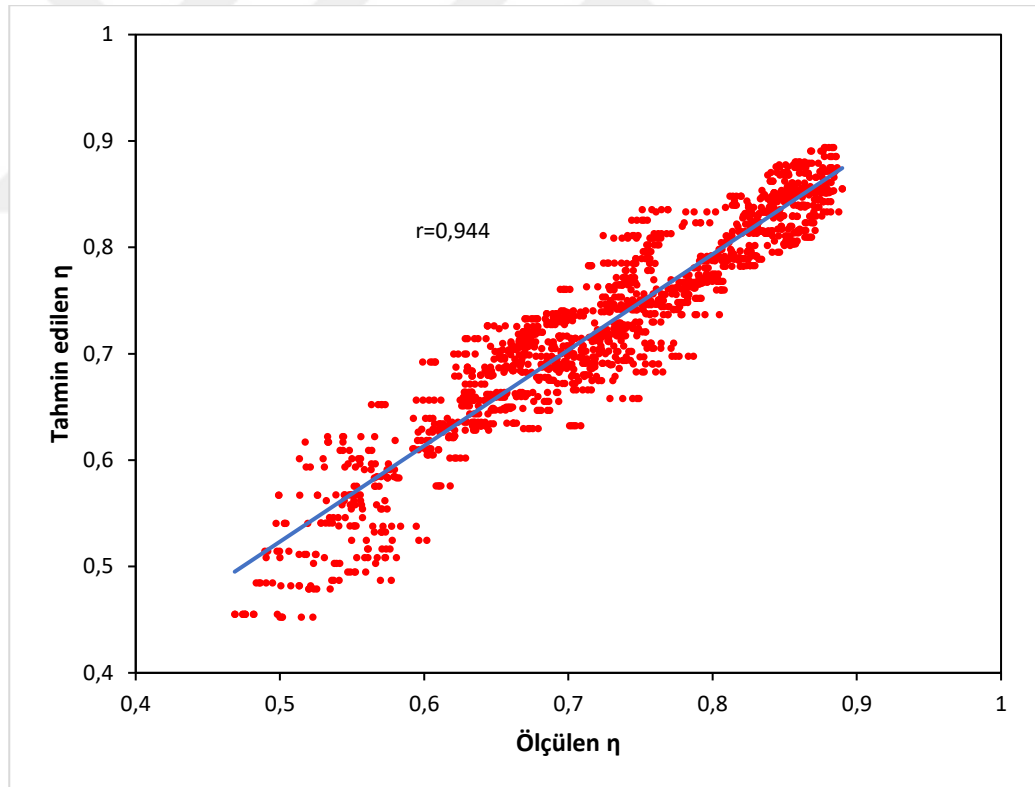
$$\text{Arcsin}\sqrt{\eta} = 1,0984 - 0,1563.\mu_1 - 0,3489.\mu_2 + 0,000010 V + 0,000404.\gamma - 0,002671.n - 0,053621.l + 0,05014 w + 0,00912.t \quad (4.8)$$

Modele doğrusal modelde olduğu gibi tohum uzunluğu (l) en büyük katkı payı ile katılmaktadır. Modele katılan değişkenler farklı katkı payları ile modele katılsa da dolma katsayısına etkileri doğrusal modelde olduğu gibidir. Değişkenlerin modele katkıları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Detaylı istatistik analiz sonuçları Ek 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Matematiksel Model II' ye katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

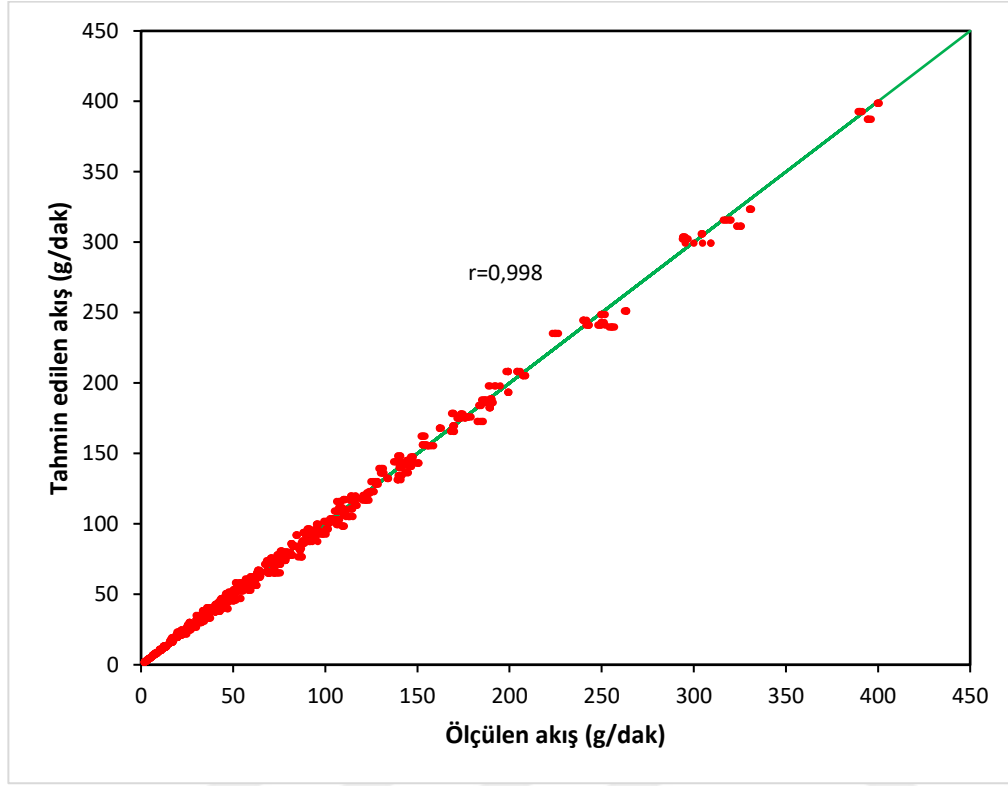
Değişken	Modele katkısı
μ_1	8,17%
μ_2	0,93%
V	1,02%
γ	15,02%
n	17,26%
l	42,65%
w	4,06%
t	0,09%
Regression	89,30%

Dolma katsayısı transforme edilmiş modelin tahminlediği dolma katsayısı η değerleri ile ölçüm sonucu elde edilen η değerleri Şekil 4.68'de karşılaştırılmıştır. Korelasyon katsayısı $r = 0,9449$ olarak hesaplanmıştır. Grafikte de görüldüğü gibi değerler doğrusal bir dağılım göstermektedir.

Şekil 4.68. Model No:II tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri

Modelin tahmin ettiği akış verileri ile ölçümlerden elde edilen değerler $r = 0,9988$ gibi yüksek derecede tutarlı korelasyon katsayısına sahiptir. Şekil 4.69'da

görüldüğü üzere karşılaştırılan değerler $R^2 = \% 100$ doğrusuna oldukça yakın bir dağılım göstermektedir.



Şekil 4.69. Model No: II tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri

4.6.3 Model no:III (Dolma katsayısı transforme edilmiş $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ model

Dolma katsayısı $\log(\eta/(1-\eta))$ transformasyonuna uğratılmış model formunda $R^2=88,67\%$ olarak elde edilmiştir. Söz konusu model aşağıda verildiği gibidir.

$$\log\left(\frac{\eta}{1-\eta}\right) = 0,5803 - 0,2515.\mu_1 - 0,626.\mu_2 + 0,000021 V + 0,000778.\gamma - 0,005477.n - 0,10407.l + 0,10091.w \quad (4.9)$$

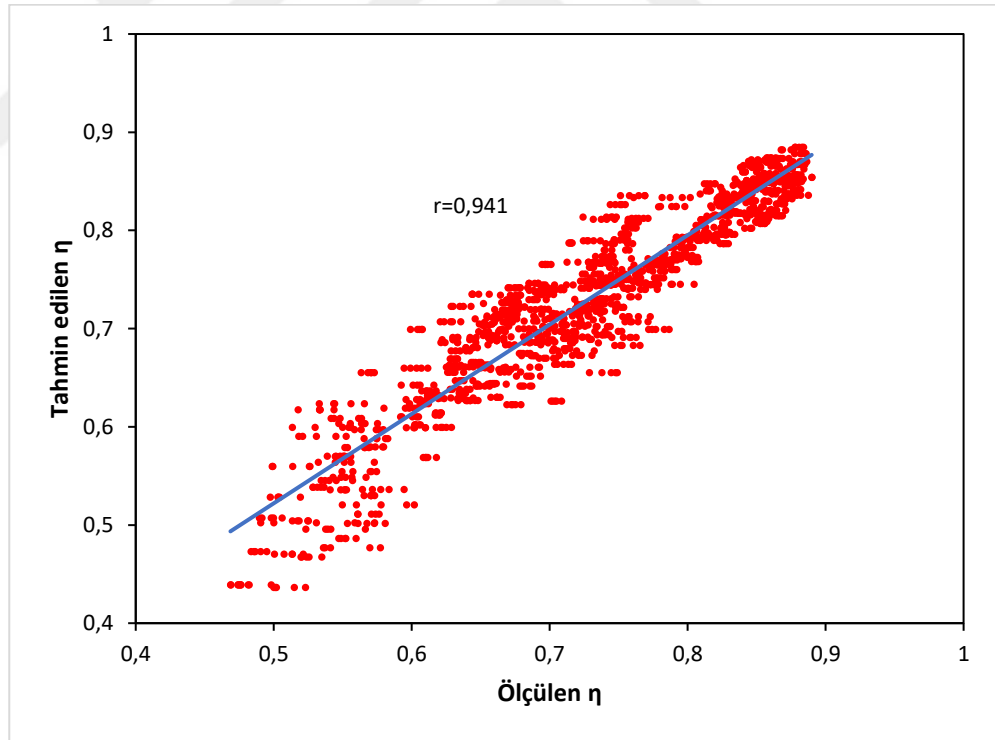
Diğer model formlarına göre en düşük tahminleme katsayısına sahiptir. Bu modelde tohum kalınlığı(t) modele katılmamıştır. Tohum uzunluğu(l) diğer modellerde olduğu gibi en yüksek katkı payı ile modele katılmakta ve dolma katsayısına olumsuz etki yapmaktadır. Modele katılan diğer değişkenlerin dolma

katsayısına olan etkileri model denkleminde de anlaşılacağı üzere doğrusal model ile aynıdır. Değişkenlerin modele katkı payları Çizelge 4.4'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.4. Matematiksel Model III'e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

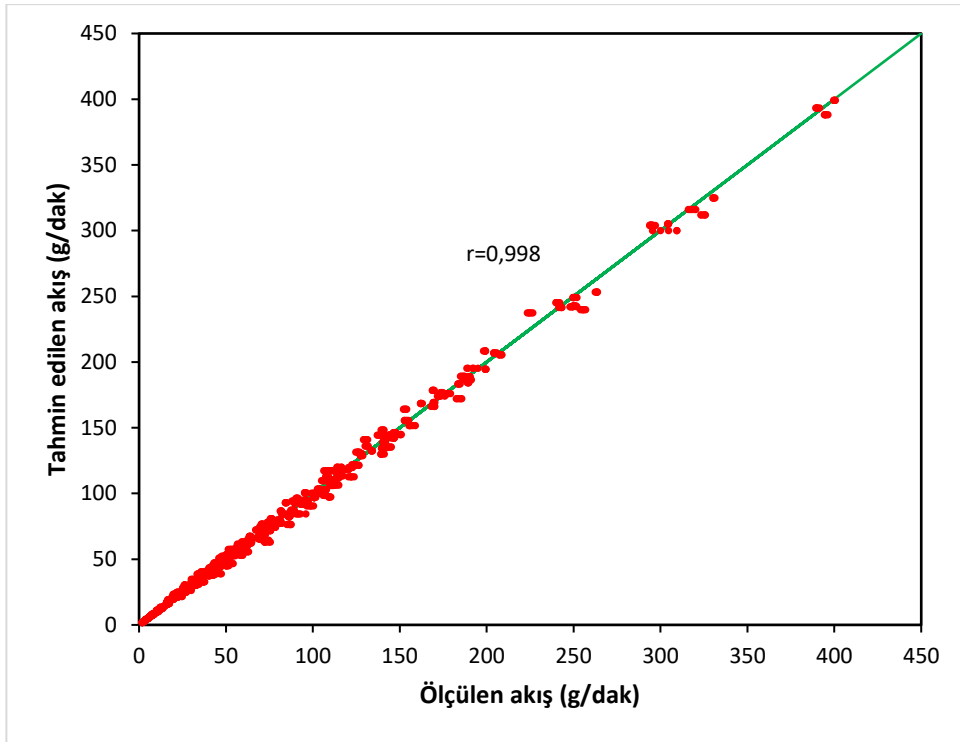
Değişken	Modele katkısı
μ_1	7,90%
μ_2	1,17%
V	1,02%
γ	15,19%
n	17,56%
l	42,59%
w	3,22%
Regression	88,67%

Şekil 4.70'de görüldüğü üzere tahmin edilen dolma katsayısı ve ölçülen dolma katsayısı değerleri karşılaştırıldığında doğrusal bir dağılım söz konusudur. Korelasyon katsayısı $r = 0,9416$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.70. Model No: III tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri

Modelden elde edilen dolma katsayısı değerleri ile tahmini akış miktarı hesaplanarak ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 4.71). Dağılımın korelasyon katsayısı $r = 0,9987$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.71. Model No: III tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri

4.6.4 Model no:IV (Üstel model)

Tüm değişkenlerin log transformasyonuna uğratılmış üstel modelin R^2 değeri % 88,98 olarak elde edilmiştir. Modeller içinde tahminleme katsayısı en yüksek olan model formudur. Üstel model aşağıda verildiği gibidir.

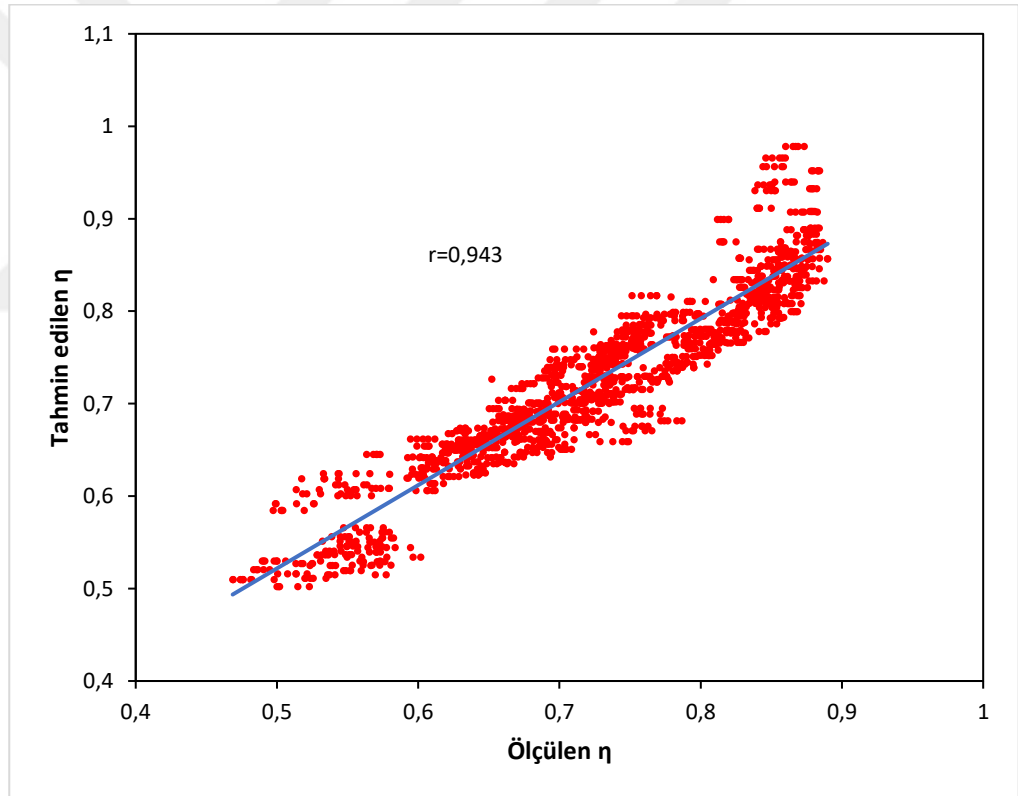
$$\eta = 10^{-1,3793} \cdot V^{0,09528} \cdot \gamma^{0,35588} \cdot n^{-0,04428} \cdot \mu_1^{-0,3243} \cdot \mu_2^{-0,1399} \cdot I^{-52749} \cdot w^{0,29} \cdot t^{0,115744} \quad (4.10)$$

Bu model formuna sekiz değişkende farklı katkı payları ile hepsi katılmaktadır. Tohum uzunluğu bu model formunda da en önemli açıklayıcı olarak artışı dolma katsayısını azaltırken diğer değişkenlerde doğrusal modelde olduğu gibi dolma katsayısını etkilemektedirler. Diğer değişkenlerin katkı payları Çizelge 4.5'te verildiği gibidir.

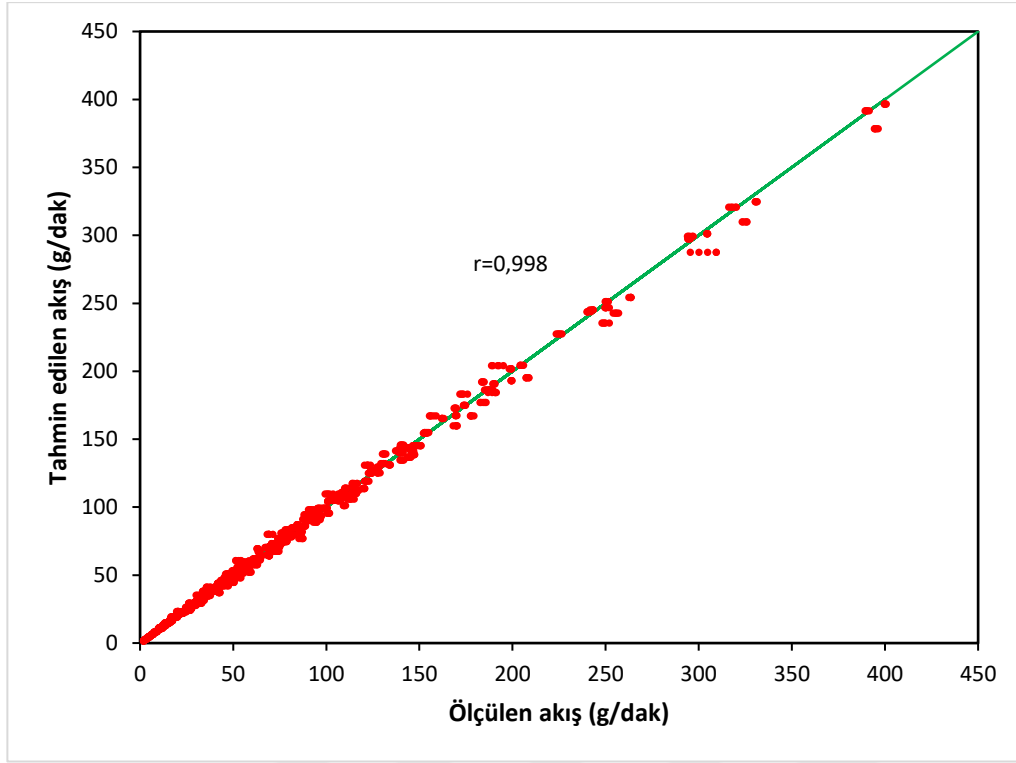
Çizelge 4.5. Matematiksel Model IV' e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

Değişken	Modele katkısı
V	3,14%
γ	12,3%
n	11,32%
μ_1	13,8%
μ_2	0,01%
l	37%
w	9%
t	2,41%
Regression	88,98%

Şekil 4.72' de modelden tahminlenen η değerleri ile ölçülen η değerleri karşılaştırılmış ve korelasyon katsayısı $r = 0,9433$ olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.72. Model No: IV tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri

Üstel model kullanılarak bulunan akış miktarı ile ölçülen akış miktarı karşılaştırılmış ve Şekil 4.73' te grafik olarak verilmiştir. $R^2 = \% 100$ doğrusuna çok yakın dağılım gösteren değerlerin korelasyon katsayısı $r = 0,9988$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.73. Model No: IV tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri

4.6.5 Dolma katsayısı transforme edilmiş ($\log(\frac{\eta}{1-\eta})$) üstel model)

Dolma katsayısı $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ transformasyonuna uğratılmış üstel modelin tahminleme katsayısı $R^2 = \% 89,42$ olarak bulunmuştur. Bu değerle, modeller arasında ikinci sırada en büyük R^2 değerine sahiptir

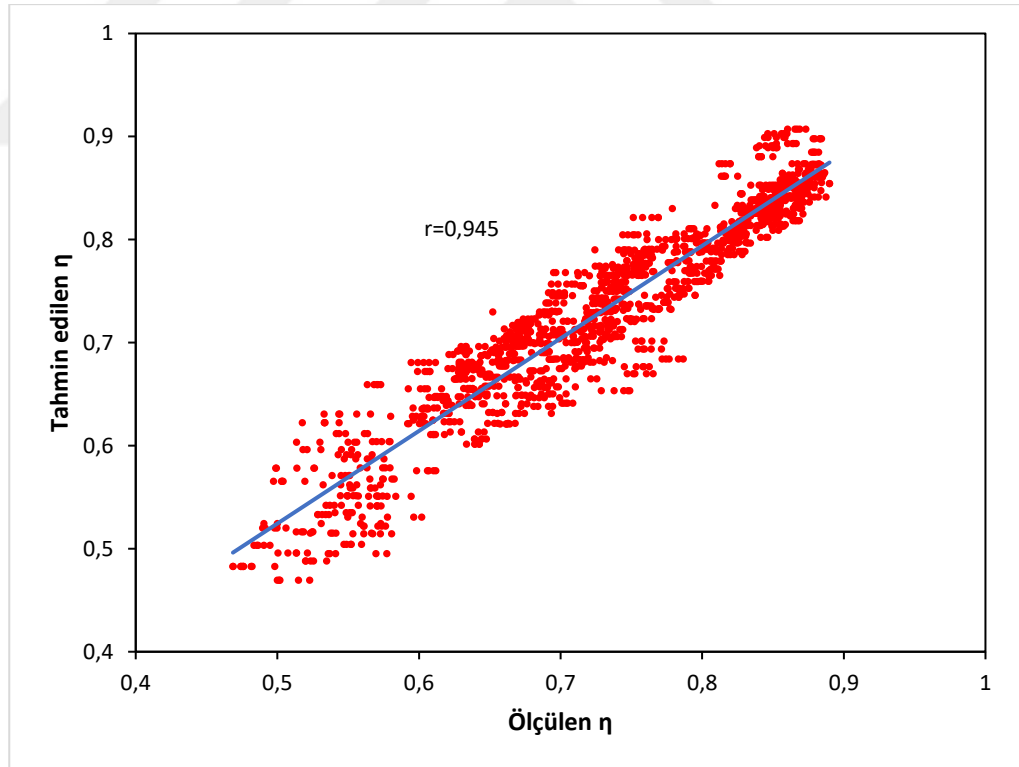
$$\frac{\eta}{1-\eta} = 10^{-3,3054} \cdot \mu_1^{-0,8006} \cdot \mu_2^{-0,2557} \cdot V^{0,36809} \cdot \gamma^{1,0936} \cdot n^{-18285} \cdot l^{-1,7072} \cdot w^{0,9284} \cdot t^{0,1059} \quad (4.11)$$

Bu model formunda değişkenlerin tümü model denklemine katılmıştır. Sürtünme katsayıları, makara devri ve tohum uzunluğu dolma katsayısı ile ters ilişkili olarak modele katılırken, oluk hacmi, tohumların hacim ağırlığı ve tohumların genişlik-kalınlık değerlerinin artışı dolma katsayısını arttırmaktadır. Bu formda en büyük katkı payı tohum uzunluğu değişkenine aitken ikinci olarak ta tohum kalınlığı değişkenine aittir. Modele katılan değişkenlerin katkı değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Matematiksel Model V'e katkısı olan değişkenler ve katkı oranları

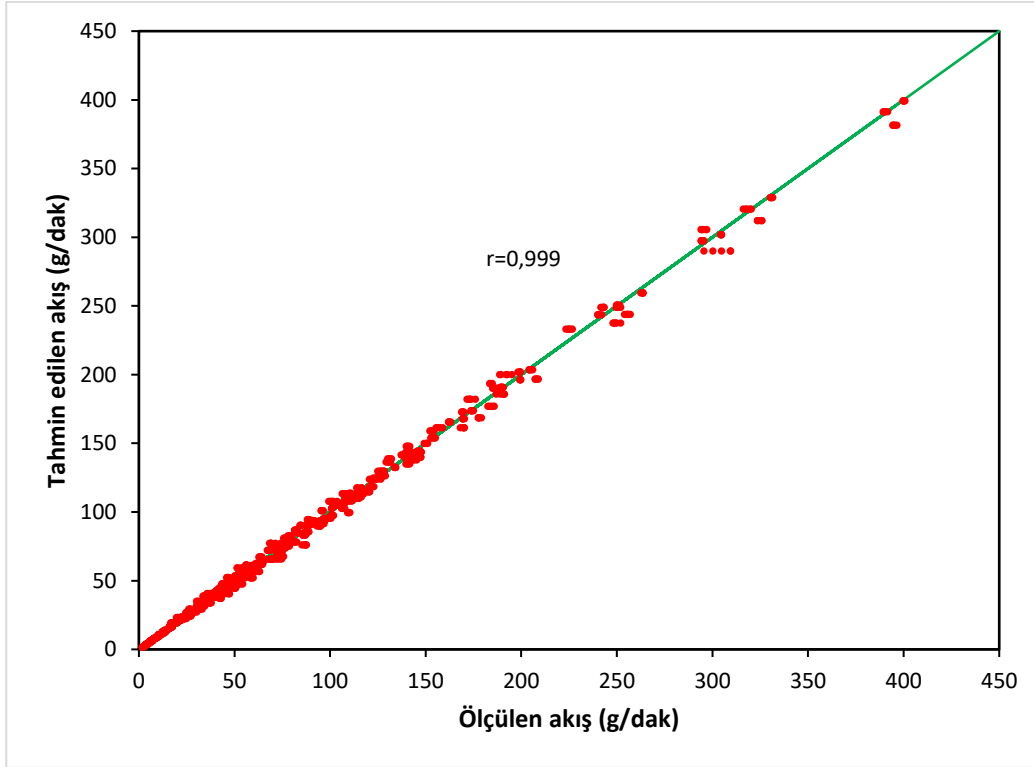
Değişken	Modele katkısı
μ_1	9,5%
μ_2	0,92%
V	1,67%
γ	0,81%
n	14,27%
l	30,41%
w	3,81%
t	28,03%
Regression	89,42%

Dolma katsayısı transforme edilmiş modelin tahmin ettiği dolma katsayısı η değerleri ile ölçüm sonuçlarından elde edilen η karşılaştırılmıştır. (Şekil 4.74) grafikte görüldüğü üzere değerler doğrusal bir dağılım göstermektedir. Değerler arasındaki korelasyon katsayısı $r = 0,945$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerle diğer modeller içinde en büyük ikinci korelasyon katsayısı değerine sahiptir.

Şekil 4.74. Model No: V tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı (η) değerleri

Modelden tahmin edilen dolma katsayısı değerleri hesaplanan akış miktarı değerleri ile ölçümlerden elde edilen değerler hassasiyet analizine tabi tutulmuştur (Şekil 4.75). Burada görülmektedir ki değerlerin dağılımı $R^2 = \% 100$ doğrunu çok

yakın olacak şekilde dağılım göstermektedir. Bu da modelin tahminlediği değerlerin yüksek oranda doğru olduğunu göstermektedir. Dağılımın korelasyon katsayısı $r = 0,9988$ değeri ile modeller içinde en yüksek olanıdır.



Şekil 4.75. Model No: V tahmin edilen ve ölçülen akış değerleri

Yukarıda geliştirilen modeller aşağıda verilen kısıt değerler içerisinde geçerlidir. Bu sınır değerler dışındaki değişken değerleri kullanıldığında model tahminleme yapmakla birlikte elde edilecek dolma katsayısı ve sonrasında hesaplanacak akış değerlerinde sapmalar olabileceği düşünülmektedir.

$$\begin{aligned}
 &864 \leq V \leq 17370 \text{ mm}^3 \\
 &(V= A \cdot L \text{ olacak şekilde } 144 \leq A \leq 579 \text{ mm}^2 \text{ ve } 6 \leq L \leq 30 \text{ mm}) \\
 &2,8 \leq A_p \leq 30,7 \text{ mm}^2 \\
 &2,42 \leq m_{1000} \leq 41,02 \text{ g} \\
 &340,44 \leq \gamma \leq 832,38 \text{ kg/m}^3 \\
 &3 \leq n \leq 60 \text{ d/dak} \\
 &2,38 \leq l \leq 10,35 \text{ mm} \\
 &1,52 \leq w \leq 4,28 \text{ mm} \\
 &0,73 \leq t \leq 3,55 \text{ mm} \\
 &0,389 \leq \phi \leq 0,834 \\
 &0,36 \leq \mu_1 \leq 0,57 \\
 &0,234 \leq \mu_2 \leq 0,383
 \end{aligned}$$

4.6.6 Modellerin genel değerlendirmesi ve seçimi

Geliştirilen beş farklı formdaki modellerin dolma katsayısı η değerleri ile ölçülen değerler arasındaki korelasyon katsayısı (r), hata kareleri toplamı (E_{RMS}) ve Ki-kare (χ^2) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Dolma katsayısı (η) değerine bağlı model seçimi için hesaplanan kriter değerleri

Model no	Model adı	r	E_{RMS}	χ^2
I	Doğrusal model	0,947	0,0327	0,00108
II	Dolma katsayısı Arcsin transforme edilmiş model	0,944	0,0380	0,00145
III	Dolma katsayısı $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ transforme edilmiş model	0,941	0,0785	0,0062
IV	Üstel model	0,943	0,0211	0,00045
V	Dolma katsayısı $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ transforme üstel model	0,945	0,0759	0,00579

Modellerin η değerlerine bağlı olarak yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre en iyi modeller Model-I Model-IV olarak göze çarpmaktadır. Korelasyon katsayısı (r) değerlerine göre tüm modellerin tahminlemeleri birbirine oldukça yakındır. Diğer kriterlere göre (E_{RMS} , χ^2) en iyi sonuçları Model-IV verirken ikinci olarak ta Model-I en iyi sonuçları vermektedir.

Çizelge 4.8 Akış değerlerine bağlı model seçimi için hesaplanan kriter değerleri

Model no	Model adı	r	E_{RMS}	χ^2
I	Doğrusal model	0,998	3,576	12,858
II	Dolma katsayısı Arcsin transforme edilmiş model	0,998	3,598	13,022
III	Dolma katsayısı $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ transforme edilmiş model	0,998	3,772	14,298
IV	Üstel model	0,998	3,740	14,064
V	Dolma katsayısı $\log(\frac{\eta}{1-\eta})$ transforme üstel model	0,999	3,465	12,081

Modellerin Q (akış miktarı) değerlerine göre karşılaştırmalarının yapıldığı Çizelge 4.8'e göre tüm kriterlere göre Model-V en iyi sonuçları vermektedir. Akış miktarına bağlı karşılaştırmada ikinci olarak en iyi sonuçları veren model Model-I olmuştur.

Çizelge 4.9 Dolma katsayısı (η) ve Akış (g/dak) değerleri için ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki en büyük ve en küçük fark*

	Model-I	Model-II	Model-III	Model-IV	Model-V
Fark	15,929	16,114	16,212	16,391	16,828
(%)	-16,807	-18,519	-20,982	-15,379	-16,509

$$*Fark \% = \frac{\eta_{ölç} - \eta_{tah}}{\eta_{ölç}} \times 100 = \frac{Q_{ölç} - Q_{tah}}{Q_{ölç}} \times 100$$

Diğer bir karşılaştırma kriteri olarak modellerden tahmin edilen dolma katsayısı (η) değerleri ile akış miktarı (Q; g/dak) değerlerinin en büyük ve en küçük değerleri ölçülen en büyük ve en küçük değerler ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.9). Bu çizelgede ise I,IV,V numaralı model formlarının ölçülen değerler ile çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 4.10 Matematiksel Modellerde tahmin edilen ve ölçülen dolma katsayısı ve akış (η ve Q) değerlerinin değişim aralığı

Tahminleyici	η	Q(g/dak)
Model-I	0,465-0,907	1,831-398,168
Model-II	0,452-0,894	1,833-398,825
Model-III	0,436-0,885	1,833-399,196
Model-IV	0,502-0,979	1,715-396,593
Model V	0,470-0,907	1,696-399,410
Deneysel	0,469-0,890	1,710-400,570

Modellerin tahmin ettiği akış değerlerinin değişim aralığının karşılaştırıldığı Çizelge 4.10'a göre deneysel ölçüm sonuçlarına en yakın sonuçlar veren model V numaralı modeldir. Veriler incelendiğinde 5 numaralı modelde yüksek yüzdesel farka neden olan değerlerin yapılan beş tekerrürlü ölçüm sonuçlarında tekerrür ortalamasında % VK değerlerini arttıran değerler olduğu anlaşılmıştır. Bu da modelin aslında doğru tahminler yaptığını göstermektedir.

Sıralanan karşılaştırma kriterleri ışığında en iyi modelin Model-V olduğu kanısına varılmıştır. Akış miktarı karşılaştırma kriterlerine göre modelin seçilmesi daha kullanışlı ve doğru sonuçları vereceği için model seçimi bu bağlamda gerçekleştirilmiştir. Model-IV’de bazı kriterlere göre iyi sonuçlar vermiştir. Ancak Çizelge 4.10 incelendiğinde modelin tahminlediği dolma katsayısının en büyük değerinin 1’e oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu modelde transformasyon olmadığı için modelin % 100 doluluk oranını geçebilme ihtimali vardır. Bu teorik bir hataya neden olacağı için Model-IV elenmiştir.

4.7 Seçilen Dolma Katsayısı Modelinin Sınaması

Gerçekleştirilen model seçim işlemi sonuçlarına göre en iyi modeller Model-V (Dolma katsayısı $\log(\eta/1-\eta)$ transformasyonuna uğratılmış üstel model) ve Model-I (Doğrusal model) olarak belirlenmiştir. Bu modeller arasında da iyi olanı seçmek için hem modellerin geliştirilmesi için kullanılan tohum ve ekici düzende hiç kullanılmayan makara aktif uzunluğu ve devirlerde hem de literatürde bulunan bazı akış miktarları ile karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmalar başlıklar halinde incelenmiştir.

4.7.1 Seçilen modellerin, iki farklı ürün için farklı devir ve makara uzunluklarında sınanması

Seçilen I ve V nolu modelin, yine bu çalışmada kullanılan iki farklı tohumluk materyal, ancak model geliştirilmesinde yer almayan üç farklı devir ve üç farklı makara uzunluğunda elde edilen akış miktarı ve dolma katsayısı ile sınaması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.11. Matematiksel model geliştirmekte kullanılan iki farklı ürün, ancak veri setinde yer almayan üç farklı devir ve makara uzunluğunda sınanmasına ilişkin sonuçlar

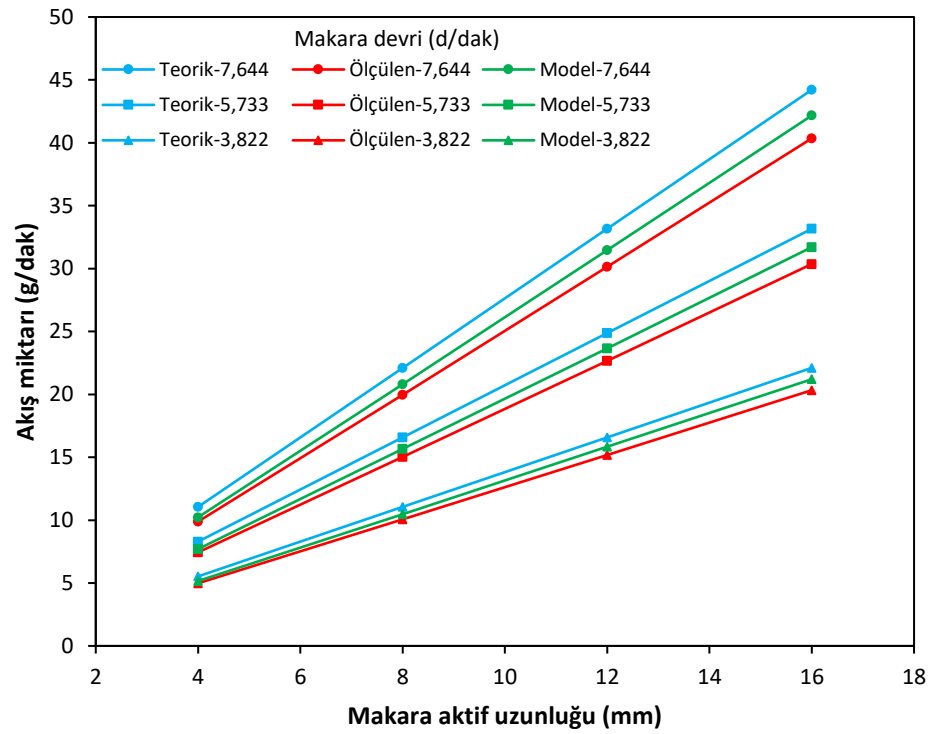
Tohum	Makara devri (d/dak)	Makara uzunluğu (mm)	Dolma katsayısı (η) ve Q (g/dak)			Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzdesel fark	
			Ölçülen η - Q	Tahmin edilen η - Q		arındaki yüzdesel fark (%)	
				Model-I	Model-V		
Keten	12	10	0,81–36,82	0,79-35,88	0,81-36,8	-2,62	-0,06
	18	10	0,8–54,91	0,77-52,88	0,79-54,38	-3,84	-0,97
	25	10	0,79–75,48	0,76-71,92	0,78-74,57	-4,95	-1,22
	12	17	0,86–66,72	0,82-63,83	0,83-64,8	-4,53	-2,96
	18	17	0,86–99,75	0,81-94,15	0,82-95,98	-5,95	-3,93
	25	17	0,85–137,49	0,79-128,17	0,81-131,85	-7,27	-4,27
	12	22	0,87–87,16	0,85-85,22	0,85-85,15	-2,27	-2,37
	18	22	0,86–130,09	0,83-125,77	0,84-126,23	-3,44	-3,06
	25	22	0,85–178,51	0,82-171,33	0,83-173,56	-4,19	-2,85
Yonca	12	7	0,86–35	0,86-34,97	0,88-37,76	-0,08	2,15
	18	7	0,85–51,57	0,85-51,62	0,87-53,17	0,10	3,00
	25	7	0,83–70,07	0,83-70,35	0,87-73,27	0,40	4,36
	12	9	0,88–46,1	0,87-45,51	0,89-46,48	-1,30	0,81
	18	9	0,86–67,65	0,86-67,19	0,88-69,13	-0,68	2,15
	25	9	0,84–91,71	0,84-91,58	0,88-95,33	-0,14	3,79
	12	11	0,87–55,26	0,88-56,29	0,9-57,25	1,82	3,48
	18	11	0,87–83,07	0,87-83,12	0,89-85,21	0,05	2,51
	25	11	0,86–114,11	0,85-113,32	0,88-117,54	-0,69	2,92

Çizelge 4.11’den görüleceği üzere seçilen matematiksel model, Model-V’in keten ve yonca tohumları ile yapılan sınama denemelerinde ölçülen değerlere çok yakın sonuçlar vermiştir. Dolma katsayısı ve akıştaki yüzdesel fark keten için -0,06 ve -4,27 iken yonca da ise yüzdesel fark değerleri 0,81 ve 4,36 aralığında gerçekleşmiştir. Model-I in sonuçlarına bakıldığında ise yonca için oldukça iyi sonuçlar verirken keten için Model-V kadar iyi sonuçlar vermemektedir.

4.7.2 V nolu modelin, diğer çalışmalarda elde edilen veriler ile sınanması

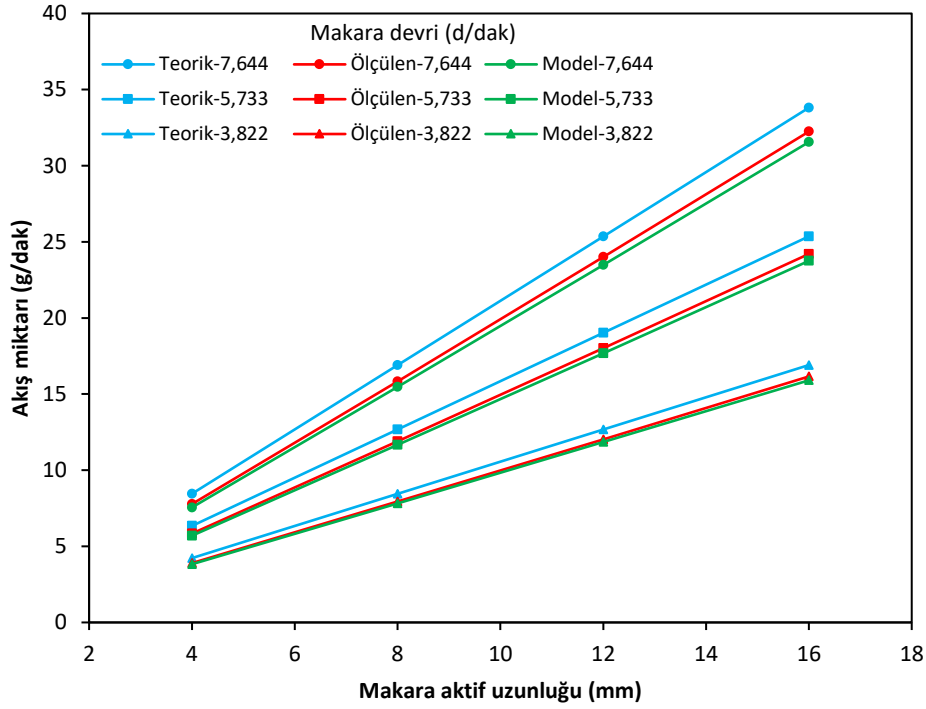
Geliştirilen modeller içinde en iyi model olarak seçilen V numaralı (4.5 numaralı eşitlik) modelin tahmin tutarlılığını sınamak için literatürde verilen çalışmalardan elde edilen akış verileri ile karşılaştırma yapılmıştır. Önal ve Ertuğrul, (2011) yaptıkları çalışmada kaplı kanola, kapsız kanola, soğan ve havuç tohumları ile akış denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen akış miktarı verileri ile V numaralı modelin tahminlediği değerler karşılaştırılmıştır.

Kaplı kanola tohumları yapılan çalışmadan elde edilen veriler ile V numaralı modelin tahmin ettiği değerler karşılaştırıldığında ölçülen değerlere oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 4.76). Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzdesel fark % 3,33-% 4,32 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre Model-V verilen yüzdesel fark değerleri arasında fazla tahmin yapmaktadır. En büyük yüzdesel farkın olduğu 16 mm aktif makara uzunluğunda 7,644 (d/dak) makara devir hızında 1,82 gram akış farkı meydana gelmiştir.



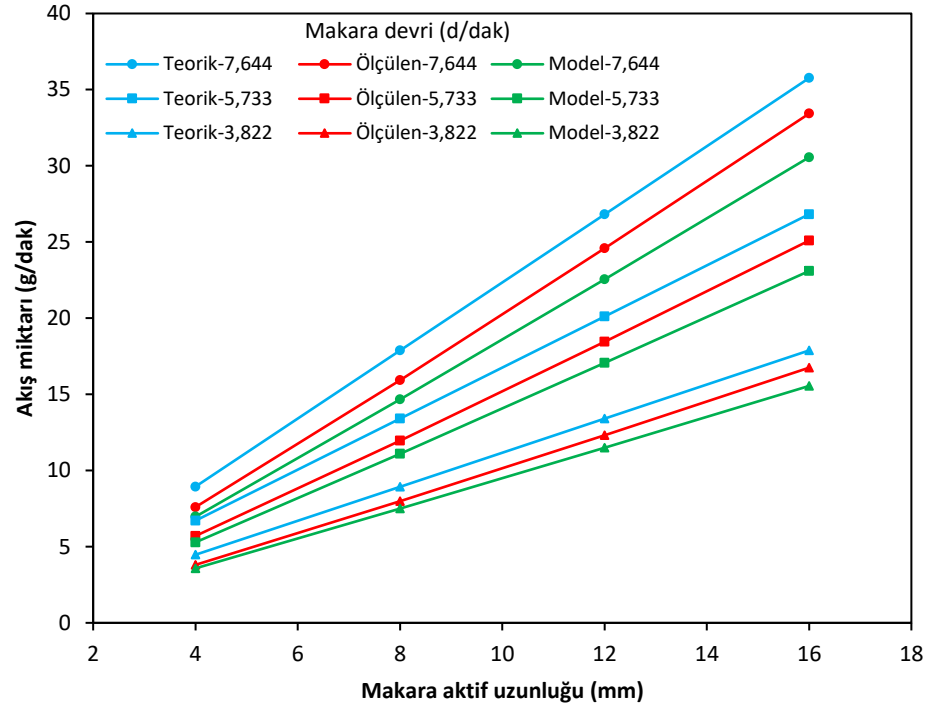
Şekil 4.76. Kaplı kanola tohumları ile modelin sınanması

Kapsız kanola tohumları yapılan çalışmadan elde edilen veriler ile V numaralı modelin tahmin ettiği değerler karşılaştırıldığında ölçülen değerler ile neredeyse aynı sonuçları verdiği görülmektedir (Şekil 4.77). Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzdesel fark %-2,94-%1,48 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre Model-V verilen yüzdesel fark değerleri arasında az tahmin yapmaktadır. En büyük yüzdesel farkın olduğu 4mm aktif makara uzunluğunda 7,644 (d/dak) makara devir hızında 0,2 gram akış farkı meydana gelmiştir.



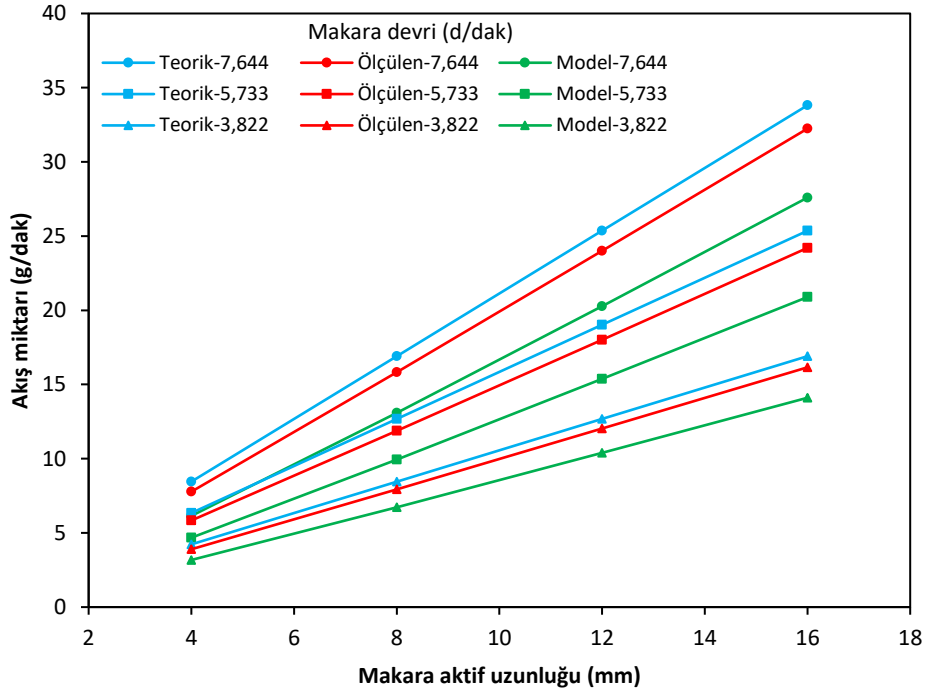
Şekil 4.77. Kapsız kanola tohumları ile modelin sınanması

Soğan tohumları yapılan çalışmadan elde edilen veriler ile V numaralı modelin tahmin ettiği değerler karşılaştırıldığında ölçülen değerler ile yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 4.78). Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzdesel fark %-9,34 %-6,32 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre Model-V verilen yüzdesel fark değerleri arasında az tahmin yapmaktadır. En büyük yüzdesel farkın olduğu 16 mm aktif makara uzunluğunda 7,644 (d/dak) makara devir hızında 2,86 gram akış farkı meydana gelmiştir.



Şekil 4.78. Soğan tohumları ile modelin sınanması

Havuç tohumları yapılan çalışmadan elde edilen veriler ile V numaralı modelin tahmin ettiği değerler karşılaştırıldığında ölçülen değerler ile aralarındaki farkın biraz fazla olduğu görülmektedir. Bu farklılığa, havuç tohumlarının bin dane ağırlığı değerinin $-(Havuç_{m1000}:1,2\text{gram})$ - model kısıtlarında verilen bin dane ağırlık değerleri aralığı $(2,42 \leq m_{1000} \leq 41,02 \text{ g})$ dışında olmasının neden olduğu düşünülmektedir. Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki yüzdesel fark %-25,44 %-13,93 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara göre Model-V tahminlemeleri ölçülen akış değerlerinden daha azdır. En büyük yüzdesel farkın olduğu durum olan 4 mm aktif makara uzunluğunda 7,644 (d/dak) makara devir hızında meydana gelen akış farkı 1,58 gram düzeyindedir.



Şekil 4.79. Havuç tohumları ile modelin sınanması

5. TARTIŞMA

Deneyler sonucunda elde edilen verilerden yapılan çıkarımlar, makara aktif uzunluğu ve makara devir sayısının artması ile akış miktarının artışı arasındaki doğrusal ilişkiyi bir kez daha ortaya koymuştur. Ancak önceki çalışmalarda ifade edildiği gibi makara devir hızının artışıyla akış düzgünlüğü % VK değerleri arasında belirgin bir ilişki saptanamamıştır.

Üstten akışlı yarım daire oluklu makara ile oluklar dışında serbest tohum akışın tümüyle elimine edildiği deneme düzeniyle dokuz farklı tohum çeşidi ile yapılan denemeler sonucunda yapılan denemeler sonucunda elde edilen akış düzgünlüğü verilerinin % 78'i, $VK < \% 1$ aralığında; % 17,8'i ise % VK 1-2 bandında yer almıştır. Varyasyon Katsayısı (% VK) değerlerinin böylesi düşük çıkmasının nedeninin ise istenmeyen (serbest) tohum akışının olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

% VK değerlerinin düşük olması önceki çalışmalarda aktarıldığı üzere istenen bir durumdur. Yine önceki çalışmalarda belirtildiği üzere makara devir hızının artması % VK değerlerini azaltmaktadır. Yani makaranın hızlı dönmesi akış düzgünlüğünü iyileştirmektedir. Güler, (2004) yonca tohumları ile yaptığı çalışmada farklı oluk çapı, makara aktif uzunluğu ve makara devir sayısına bağlı olarak % VK değerlerinin yaklaşık olarak % 20'den % 1'e kadar bir aralıkta değişmektedir. Çalışmada makara devir sayısının artışına bağlı olarak gözle görülür bir azalma olduğu ifade edilmiştir. En düşük % VK değerlerinin 6 mm oluk çapında olduğu ifade edilmiştir. Fakat yapılan bu çalışmada elde edilen % VK değerlerine bakıldığında böyle bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Meydana gelen bu farklılığın nedeninin ise alttan akışlı ekici düzenlerde makaranın oluklarına ek olarak makaranın sürüklediği tohumlarda akışa geçmektedir. Düşük devirlerde bu ekstra akış düzensiz olurken makara devri arttıkça sürüklenen tohumların oluşturduğu akış daha düzenli hale gelmekte ve % VK değerlerinde azalma meydana gelmektedir.

Literatürde farklı tohumların oluklu makaralarla akışına ilişkin çalışmalar ve bu çalışmalarda sunulan veriler irdelendiğinde, çoğu çalışmada teorik olarak dolma

katsayısı maksimum değeri olan % 100 değerinin üzerinde akış değerleri elde edildiği saptanmıştır. Bu çalışmalarda; araştırmacılar, serbest akışın olduğu bir ekim makinası üzerinde çalıştıklarından dolma katsayısı değerlerinin bu denli yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu durum normal sıravari ekim makinalarında sıklıkla karşılaşılan bir durumdur.

Önal, (2011) bazı tahıl tohumları için dolma katsayısı değerlerin 0,7-0,85 arasında, yonca ve tırfıl gibi küçük daneli tohumların dolma katsayısı değerinin ise 0,9 olduğunu değiştirdiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada kullanılan tahıl tohumları için dolma katsayısı değerleri 0,48-0,82 arasında ölçülmüştür. Yonca kullanılarak denemelerde ise dolma katsayısı 0.81-0.89 aralığında gerçekleşmiştir.

Krutikow, et al., (1955), Önal, (2011) 0-48 (d/dak) makara devirlerinde dolma katsayısının etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Ancak yapılan bu çalışmada kullanılan bütün tohumlarda, makara devir sayısının artışı ile dolma katsayısının azaldığı saptanmıştır. Örneğin, buğday tohumları ile yapılan denemelerde 30 mm aktif makara uzunluğunda ve 9-40 d/dak aralığında dolma katsayısı değerleri 0,82'den 0,76 ya düşmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dolma katsayısının tahmin edilmesine yönelik bir matematiksel model geliştirmek için yapılan bu çalışmada dokuz farklı tohum çeşidi ile çalışılmış ve beş tekerrürlü olacak şekilde 332 deneme (1660 akış verisi) gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar genel olarak aşağıda verildiği gibidir.

- Tohumların akış miktarı, oluklu makara devir sayısı ve makara aktif uzunluğuna bağlı olarak artış göstermektedir. Ancak makara devir sayısının artışına bağlı olarak akış miktarındaki artış tümüyle doğrusal değildir.
- Teorik akış ve ölçülen akış arasında gerçekleştirilen basit regresyon analizleri sonucunda tahminleme katsayısı yüksek değerler ile her bir tohum için dolma katsayısı değerleri elde edilmiştir. Keten ve yulaf tohumları hariç diğer tohumlarda dolma katsayısı değerleri tahminleme katsayısı (R^2) % 99 düzeyinde gerçekleşmiştir. Keten tohumlarında küçük makara kullanımında bu değer % 96, yulaf tohumlarında sadece büyük makara kullanılmış olup dolma katsayısı değeri % 98 düzeyinde bir tahminleme katsayısı ile elde edilmiştir.
- Tahıl tohumları için elde edilen dolma katsayısı değerleri 0,48 ve 0,82 arasında değişim göstermiştir.
- Bin dane ağırlığı az olan tohumlarla küçük çaptaki makaralarla yapılan ölçümlerde elde edilen dolma katsayısı değerleri, büyük çapta makara kullanımına göre daha düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Örneğin keten tohumları ile küçük çaplı makara kullanımında dolma katsayısı değeri 0,63 iken büyük çaplı makarada bu değer 0,84 olarak elde edilmiştir. Kışniş ve susam tohumları küçük çaplı makara kullanımında dolma katsayısı değerleri sırasıyla 0,75 ve 0,79 iken, büyük çaplı makara kullanımında bu değerler 0,75 ve 0,84 olarak elde edilmiştir. Yonca tohumları da susam tohumları gibi oldukça küçük tohumlar olmasına karşın makara çapı ve dolayısıyla makara hacminin değişimi dolma katsayısında bir değişime neden olmamıştır.
- Tohum akış düzgünlüğünü ifade eden varyasyon katsayısı değerlerine ilişkin sonuçlar göstermektedir ki makara devir hızının artışı % VK değerlerini kayda değer biçimde etkilememektedir. Yine de çok azda olsa büyük aktif makara

uzunluklarında devrin artışı % VK değerlerini azaltmaktadır. Bu çalışmada yapılan ölçüm sonuçlarının tekerrürler varyasyon katsayısı değerleri incelendiğinde % VK değerlerinin büyük oranda % 2'nin altında olduğu saptanmıştır.

- Çalışmada dolma katsayısının akış düzgünlüğünde etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Yani oluklu makaralarla çalışmada dolma katsayısı hesaba katılarak norm ayarı yapıldıktan sonra istenilen makara devir sayısı değerlerinde çalışılabilmesi mümkündür.
- Dolma katsayısını tahminlemek için beş farklı model formu geliştirilmiş ve bu formlar belirli model seçim kriterleri uyarınca değerlendirilmiş ve bunların sonucunda en iyi iki modelin, doğrusal model (Model I) ve dolma katsayısı, $\eta/1-\eta$ şeklinde transforme edilmiş üstel model (Model V) olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen matematiksel modellerin tahminleme katsayıları (R^2) değerleri sırasıyla % 89,69-89,42 olarak gerçekleşmiştir.
- Doğrusal ve dolma katsayısı $\eta/1-\eta$ şeklinde transforme edilmiş model sınama denemeleri ile karşılaştırılmıştır. Bu sınamalar sonucunda en iyi modelin V nolu ve dolma katsayısının $\eta/1-\eta$ şeklinde transforme edildiği model olarak bulunmuştur.
- Geliştirilen tüm modellerde makara devir sayısı, sürtünme katsayıları, tohum uzunluğundaki artışın dolma katsayısını azalttığı ancak toplam makara hacmi (toplam kesit alanı x makara aktif uzunluğu), tohumun hacim ağırlığı, kalınlık ve genişliğindeki artışın dolma katsayısını arttırdığı yönündedir.
- Bu çalışmada geliştirilen modellerin hem araştırmacılar için hem de üreticiler için akış miktarı tahminleme konusunda ve normal sıravari ekim makinaları konstrüksiyonu açısından yararlı olacağı ve büyük kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir.
- Oluklu makaralara sahip normal sıravari ekim makinalarının üstten akışlı olması ve serbest akışın önlenecek şekilde imal edilmesi akıştaki düzgünlüğü ifade eden % VK değerlerinin oldukça düşük ($< \% 1$) olmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla sıra üzeri tohum dağılımında da ciddi düzeyde iyileşmelerin olması mümkündür.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alayunt, F. N.** (2000). *Biyolojik Malzeme Bilgisi* (s. 102). içinde Bornova-İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Altuntaş, E., Polatçı, H., & Bayram, E.** (2007). Kombine Ekim Makinasında Farklı Ekim Normları ve İlerleme Hızlarının Buğday ve Fiğ Tohumlarının Sıra Üzeri ve Sıralar Arası Tohum Dağılım Düzgünlüğüne Etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57-65.
- Aykas, E., Önal, İ., & Alayunt(Zender), F. N.** (1991). Nohut ve Mercimek Ekimine Uygun Tohum Yerleştirme Düzenleri. *Tarımsam Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, (s. 247-259). Konya.
- Blenk, H.** (1951). Poissonische Verteilungskurven bei Versuchen mit Drillmaschinen. *Zeitschrift für angewandte Mathematik*, (s. 257-258). Berlin.
- Boydış, M. G., & Turgut, N.** (2006). Farklı Titreşim Seviyelerinin Dişli Makaralı Tohum Dağıtım Düzenlerinde Buğday ve Arpanın Akış Düzgünlüğüne Etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(4), 3003-310.
- Demir, V., Günhan, T., Yağcıoğlu, A. K., & Değirmencioğlu, A.** (2004). Mathematical Modelling and Determination of Some Quality Parameters of Air-dried Bay Leaves. *Science Direct*, 3(88), 325-335.
- Ertuğrul, Ö.** (2010). *Kanola (Brassica napus L. var. oleifera) Ekim Yöntemlerinin Matematik-İstatistik Analizi ve Ekici Düzenlerinin Geliştirilmesi*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Gökçebay, B.** (1986). *Tarım Makinaları 1*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:979.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Griepentrog, H. W.** (1991). Zur Bewertung von Laengsverteilungen bei Drillmaschinen. *Land-Technik*, 550-551.
- Güler, İ. E.** (2000). Küçük Daneli Ürünlerin Ekiminde Oluklu İtici Makaralara İlişkin Bazı Yapısal ve İşletme Parametrelerinin Akış Düzgünlüğüne Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, (s. 147-152). Erzurum.
- Güler, İ. E.** (2004). Effects of Flute Diameter, Fluted Roll Length, and Speed on Alfalfa Seed Flow. *Applied Engineering in Agriculture*, 5-7.
- Güler, İ. E.** (2011). Effects of Diameter and Helical Angle of Flute on The Flow Evenness of Fluted Roll Used in Seed Drills Using Lentil Seed. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10(65), 14380-14383.
- Heege, H. J.** (1993). Seeding methods performance for cereals, rape, and beans. *Transactions of ASAE*, 36(13), 653-661.
- Kabganian, R., Carrier, D. J., & Sokhansanj, S.** (2002). Physical characteristics and drying rate of echinacea root. *Drying Technology* (s. 637-649). içinde
- Kara, M., Bayhan, A. K., Özsert, İ., & Yıldırım, Y.** (2010). Performance of Fluted Roll Metering Devices In Seed Drills With Ammonium Sulphate And Diammonium Phosphate. *Applied Engineering in Agriculture*, Vol. 26(2), 197-201.
- Keskin, R.** (1988). Yerli Yapısı Bazı Kombine Ekşm Makinalarında Enine Dağılım Düzgünlüğüne Etkili Faktörler Üzerine Bir Araştırma. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1073.
- Krutikow, N. P., Smirnow, I. I., Stscherbakow, K. F., & Popow, I. F.** (1955). *Theorie Berechnung Konstruktion der Landmaschinen*. Berlin: VEB Verlag Technik.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kuş, E., & Yıldırım, Y.** (2009). Tahıl Ekim Makinlarında Kullanılan Oluklu Makaralı Ekici Düzenlerde Oluk Şekli ve Derinliğinin Değişik İşletme Koşullarında Tohum Akışına Etkilerinin Belirlenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 25. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, (s. 205-213). Isparta.
- Minitab®19.** User Manual, Getting Started with Minitab 19 for Windows, www.minitab.com, (V19; Free Trial Version)
- Mohsenin, N. N.** (1986). *Physical Properties of Plant and Animal Materials* (2. b., s. 84-87). içinde Inc. USA: Gordon and Breach Science Publishers.
- Önal, İ.** (2011). *Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları* (4. b.). İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:490.
- Önal, İ., & Ertuğrul, Ö.** (2011). Üstten Akışlı Mini Oluklu Makaranın Soğan, Havuç, ve Kanola Tohumları İçin Tohum Akışı ve Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğü. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 7(4), 437-448.
- Özçelik, Z., & Yumak, H.** (2010). Kombine Ekim Makinasıyla Meyilli Koşullarda Ekimin Tohum Dağılımına Etkisi. *Y.Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 24-31.
- Özsert, İ., Kara, M., Bayhan, A. K., & Öztürk, İ.** (1994). Bazı Gübre Dağıtım Düzenlerinde Titreşimin Sıra Üzeri Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*. Antalya.
- Par, B., & Kuşhan, B.** (1986). Yerli Tip Bir Kombine Tahıl Ekim Makinesi Üzerinde Bir Araştırma. *Doğa Tr. Tar. Orman D*, 10(3), 406-417.
- Saracoglu, T., & Ozarslan, C.,** (2012). Moisture-Dependent Geometric, Frictional and Mechanical Properties of Cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*) Seeds. *The Philippine Agricultural Scientist*. Vol. 95, No.1, 53-63

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Srivastava, A. k., Goering, C. E., & Rohrbach, R. P.** (1996). *Engineering principles of agricultural machines*. Michigan: ASAE Textbook published by the american society of agricultural engineering.
- Toğrul, I. T., & Pehlivan, D.** (2005). Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 209-216.
- Turgut, N., Özsert, İ., & Bayhan, A. K.** (1991). Bazı Tahıl Ekim Makinaları Tohum Dağıtım Düzenlerinin Sıra Üzeri Dağılım Düzgünlükleri Üzerine Bir Araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kngresi Bildiri Kitabı*, (s. 260-269). Konya.
- Turgut, N., Ülger, P., & Özsert, İ.** (1992). Bazı Tohum Dağıtım Düzenlerinde Titreşimin Sıra Üzeri Tohum Dağılım Düzgünlüğüne Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, (s. 112-124). Samsun.
- Weber, E.** (1967). *Grundriss der Biologischen Statistik*. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag.
- Yazgı, A., Dumanoglu, Z., Kuldemir, N., Aygün(Dereli), İ., & Masoumi, A.** (2012). Pnömatik Tahıl Ekim Makinası ile Buğday Ekiminde Makina Performansının Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 35-40.
- Yıldırım, Y., & Kuş, E.** (2016). Ekici Makaralarda Farklı Oluk Çap ve Derinliklerinin Soya Tohumunun Akış Düzgünlüğüne Etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 12(2), 127-132.
- Yıldırım, Y., & Turgut, N.** (2007). Yonca ve Susamın Farklı Oluk Şekilli Ekici Makaraalardan Akış Özelliklerinin Araştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1), 51-58.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yıldırım, Y., Kara, M., & Turgut, N. (2002). Effect of Agitator Properties on The Flow Evenness and Degredation of Fertilizers Through A Fluted Metering Roll in Seed Drills. *ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress*. Chicago, Illinois, USA: ASAE.

Yıldırım, Y., Kara, M., & Turgut, N. (2004). Tahıl Ekim Makinalarında Kullanılan Oluklu Makaralarda Oluk Şeklinin Tohum Akış Düzensünlüğüne Etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, (s. 148-155). Aydın.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans düzeyinde akademik hayatımın ilk göz ağrısı olan bu tez çalışmasında, sürecin başından itibaren bana engin bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU'na; bölüm imkanlarını kullanmama izin veren Bölüm Başkanımız sayın Prof.Dr. Erdem AYKAS'a; bu çalışmada teknik irdelemeler yapmama imkan verecek şekilde bölümümüzde gerçekleştirilen bir normal sıravari ekim makinasından elde edilen akış düzgünlüğü verilerini ve video görüntülerini tarafımla paylaşan sayın Doç.Dr. Arzu YAZGI'ya; görüş ve katkılarından dolayı sayın Arş. Gör. Fırat KÖMEKÇİ, Doç. Dr. Hüseyin GÜLER, Doç. Dr. Tuncay GÜNHAN, Prof. Dr. Harun YALÇIN, Öğr. Gör. Nebahat KULDEMİR'e; beni her zaman güler yüzle karşılayan Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölüm Sekreteri sayın Ahu AKSUNGUR'a; deneme düzeneğinin imal edilmesine katkılarından dolayı sayın Salih CEYLAN, Halil İbrahim ZÜMRET, Çetin UYAR, Necip SEVGİ'ye, sağladıkları tohum desteğinden dolayı MARO TARIM AŞ. İzmir bölge müdürü sayın Bülent TURAN'a. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Menemen Araştırma-Uygulama ve Üretim Çiftliği müdür vekili sayın Hayrettin KILIÇ'a ve hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen babam Nevres ÖZDEMİR'e; annem Kadiriye ÖZDEMİR'e kardeşlerim Saliha ÖZDEMİR ve Hüsnü Erkan ÖZDEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

20/12/2019

Muhammed Hakan ÖZDEMİR

ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Hakan Özdemir, 1992 yılında Bayburt'ta doğdu. İlk okul eğitimini Kırkpınar Köyü İlköğretim Okulunda, liseyi Bayburt Lisesinde tamamladı. Lisans eğitimini Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde 2016 yılında derece ile tamamladı. Lisans eğitimi sırasında Saraybosna Üniversitesi'nde staj yapan ÖZDEMİR çeşitli iş alanlarında çalışmış olup İngilizce bilmektedir.





Ek 1 - Ölçülen Tohum Akış Miktarı, Dolma Katsayısı ve % VK Verileri

Ek 1.1 - Arpa akış verileri

Ek 1.2 - Aspir akış verileri

Ek 1.3 - Buğday akış verileri

Ek 1.4 - Çavdar akış verileri

Ek 1.5 – Keten (M1) akış verileri

Ek 1.6 - Keten (M2) verileri

Ek 1.7 - Kışniş (M1) verileri

Ek 1.8 - Kışniş (M2)verileri

Ek 1.9 - Susam (M1) verileri

Ek 1.10 - Susam (M2) verileri

Ek 1.11 - Yonca (M1) verileri

Ek 1.12 - Yonca (M2) verileri

Ek 1.13 - Yulaf akış verileri

Ek 2 - Matematiksel Modellerin Stepwise Regresyon Analizi Sonuçları

Ek 2.1 - Model-I'nin Analiz Sonuçlar

Ek 2.2 - Model-II'nin Analiz Sonuçlar

Ek 2.3 - Model-III'nin Analiz Sonuçlar

Ek 2.4 - Model-IV'nin Analiz Sonuçlar

Ek 2.5 - Model-V'nin Analiz Sonuçları

Ek 1.1 - Arpa akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)						Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		
	ARPA		657,3						579					1 dk		
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
M2 (Büyük Makara)	9	9	17,14	16,75	16,77	17,44	16,43	30,83	0,56	0,54	0,54	0,57	0,53	16,91	0,55	2,06
		11	20,09	20,48	19,5	20,11	20,09	37,68	0,53	0,54	0,52	0,53	0,53	20,05	0,53	1,57
		14	26,92	26,07	26,28	25,97	27,03	47,95	0,56	0,54	0,55	0,54	0,56	26,45	0,55	1,66
		17	30,86	29,9	32,37	32,02	32,28	58,23	0,53	0,51	0,56	0,55	0,55	31,49	0,54	3,05
		20	37,84	35,49	36,36	35,69	37,34	68,50	0,55	0,52	0,53	0,52	0,55	36,54	0,53	2,50
		30	51,31	51,27	54,03	52,79	54,07	102,76	0,50	0,50	0,53	0,51	0,53	52,69	0,51	2,34
	12	40	71,15	68,91	68,14	68,96	69,07	137,01	0,52	0,50	0,50	0,50	0,50	69,25	0,51	1,45
		9	25,32	24,35	24,91	24,82	24,7	41,10	0,62	0,59	0,61	0,60	0,60	24,82	0,6039	1,27
		11	30,8	30,5	30,67	31,03	30,7	50,24	0,61	0,61	0,61	0,62	0,61	30,74	0,6119	0,57
		14	38,58	38,74	38,1	39,19	39,04	63,94	0,60	0,61	0,60	0,61	0,61	38,73	0,6058	0,98
		17	45,02	46,71	46,23	46,43	46,86	77,64	0,58	0,60	0,60	0,60	0,60	46,25	0,5957	1,41
		20	54,84	54,07	55,24	55,13	54,15	91,34	0,60	0,59	0,60	0,60	0,59	54,69	0,5987	0,89
	15	30	77,71	78,11	78,58	79,31	79,41	137,01	0,57	0,57	0,57	0,58	0,58	78,62	0,5739	0,84
		40	101,68	100,85	99,19	100,24	103,56	182,68	0,56	0,55	0,54	0,55	0,57	101,10	0,5535	1,46
		9	32,96	33,11	32,8	32,48	32,6	51,38	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	32,79	0,6382	0,70
		11	39,64	40,03	39,55	39,39	39,31	62,80	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	39,58	0,6304	0,64
		14	50,83	50,47	50,97	51,49	50,71	79,92	0,64	0,63	0,64	0,64	0,63	50,89	0,6368	0,67
		17	61,58	60,92	61,09	62,32	62,07	97,05	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	61,60	0,6347	0,88
	20	20	72,59	70,92	71,74	73,6	72,41	114,17	0,64	0,62	0,63	0,64	0,63	72,25	0,6328	1,24
		30	105,79	107,67	106,55	107,04	106,36	171,26	0,62	0,63	0,62	0,63	0,62	106,68	0,6229	0,60
		40	139,67	138,91	139,27	139,4	141,11	228,35	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62	139,67	0,6117	0,54
		9	43,39	43,99	43,36	43,13	44,3	68,50	0,63	0,64	0,63	0,63	0,65	43,63	0,6370	1,00
		11	52,25	53,02	52,01	53,01	54,12	83,73	0,62	0,63	0,62	0,63	0,65	52,88	0,6316	1,40
		14	67,32	67,67	68,15	68,42	66,97	106,56	0,63	0,64	0,64	0,64	0,63	67,71	0,6354	0,78
	25	17	81,36	81,24	81,92	81,67	81,89	129,40	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	81,62	0,6307	0,34
		20	95,8	96,36	95,14	95,25	95,44	152,23	0,63	0,63	0,62	0,63	0,63	95,60	0,6280	0,46
		30	140,88	139,62	140,48	139,9	141,44	228,35	0,62	0,61	0,62	0,61	0,62	140,46	0,6151	0,47
		40	184,31	184,61	183,55	183,53	183,3	304,46	0,61	0,61	0,60	0,60	0,60	183,86	0,6039	0,28
		9	57,57	56,53	58,74	59,04	58	85,63	0,67	0,66	0,69	0,69	0,68	57,98	0,6771	1,54
		11	69,49	70,79	69,79	69,31	70,25	104,66	0,66	0,68	0,67	0,66	0,67	69,93	0,6681	0,77
	30	14	89,29	89,13	88,72	89,03	89,62	133,20	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	89,16	0,6693	0,33
		17	107,68	107,72	107,95	107,55	107,37	161,75	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	107,65	0,6656	0,18
		20	124,72	125,82	125,97	125,88	126,83	190,29	0,66	0,66	0,66	0,66	0,67	125,84	0,6613	0,53
		30	184,79	185,45	186,23	187,16	186,74	285,43	0,65	0,65	0,65	0,66	0,65	186,07	0,6519	0,46
		40	243,19	242,8	242,35	243,05	241,44	380,58	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	242,57	0,6374	0,26
		9	70,38	70,39	71,06	71,08	70,8	102,76	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	70,74	0,6884	0,44
	30	11	84,71	84,15	84,13	84,77	84,34	125,59	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	84,42	0,6722	0,32
		14	107,96	108,44	106,18	107,33	108,51	159,84	0,68	0,68	0,66	0,67	0,68	107,68	0,6737	0,80
		17	129,12	130,72	130,48	129,59	131,47	194,09	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	130,28	0,6712	0,64
		20	153,97	153,16	153,25	152,43	152,02	228,35	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	152,97	0,6699	0,44
		30	224,72	225,51	226,49	224,35	223,26	342,52	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	224,87	0,6565	0,48
		40	295,06	296,92	293,77	296,3	294,31	456,69	0,65	0,65	0,64	0,65	0,64	295,27	0,6465	0,40

Ek 1.2 - Aspir akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre			
	ASPIR		509,7					579					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
M2 (Büyük Makara)	8		1	2	3	4	5,00		1	2	3	4	5			
		5	8,68	8,09	8,44	8,25	8,46	11,80	0,74	0,69	0,71	0,70	0,72	8,38	0,71	2,39
		8	13,33	13,26	13,83	13,59	13,43	18,89	0,71	0,70	0,73	0,72	0,71	13,49	0,71	1,51
		14	22,89	22,08	22,86	22,32	22,66	33,05	0,69	0,67	0,69	0,68	0,69	22,56	0,68	1,40
		20	30,57	30,93	30,6	31,15	31,56	47,22	0,65	0,66	0,65	0,66	0,67	30,96	0,66	1,19
		25	36,79	37,62	36,55	37,49	37,37	59,02	0,62	0,64	0,62	0,64	0,63	37,16	0,63	1,12
	10	30	43,74	44	43,93	44	43,72	70,83	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	43,88	0,62	0,28
		35	49,7	50,39	49,75	49,26	50,4	82,63	0,60	0,61	0,60	0,60	0,61	49,90	0,60	0,88
		5	10,81	10,58	11,1	10,92	11,06	14,76	0,73	0,72	0,75	0,74	0,75	10,89	0,74	1,72
		8	17,24	16,93	17,21	17,22	17,21	23,61	0,73	0,72	0,73	0,73	0,73	17,16	0,73	0,68
		14	29,87	29,78	29,21	29,6	30,19	41,32	0,72	0,72	0,71	0,72	0,73	29,73	0,72	1,09
		20	39,38	39,19	40,07	39,19	39,56	59,02	0,67	0,66	0,68	0,66	0,67	39,48	0,67	0,83
	15	25	47,91	48,43	47,77	48,17	47,7	73,78	0,65	0,66	0,65	0,65	0,65	48,00	0,65	0,56
		30	56,72	57,19	56,86	57,37	56,7	88,53	0,64	0,65	0,64	0,65	0,64	56,97	0,64	0,47
		35	63,76	64,09	64,06	63,73	63,96	103,29	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	63,92	0,62	0,23
		5	16,31	16,25	16,48	16,37	16,57	22,13	0,74	0,73	0,74	0,74	0,75	16,40	0,7408	0,70
		8	26	26,16	25,97	26,47	26,19	35,41	0,73	0,74	0,73	0,75	0,74	26,16	0,7386	0,68
		14	46,1	45,51	45,97	45,46	46,06	61,97	0,74	0,73	0,74	0,73	0,74	45,82	0,7393	0,60
	20	20	61,07	60,76	61,25	60,36	61,14	88,53	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69	60,92	0,6880	0,53
		25	76,21	75,97	76,11	75,2	76,34	110,67	0,69	0,69	0,69	0,68	0,69	75,97	0,6864	0,53
		30	88,65	87,26	89,23	88,99	88,07	132,80	0,67	0,66	0,67	0,67	0,66	88,44	0,6660	0,80
		35	102,28	102,13	101,76	101,97	102,46	154,94	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	102,12	0,6591	0,24
		5	22,6	22,34	21,86	21,52	22,57	29,51	0,77	0,76	0,74	0,73	0,76	22,18	0,75	1,90
		8	34,93	34,83	34,43	34,42	34,72	47,22	0,74	0,74	0,73	0,73	0,74	34,67	0,73	0,60
		14	59,34	60,52	60,73	60,83	60,44	82,63	0,72	0,73	0,73	0,74	0,73	60,37	0,73	0,89
		20	83,18	83,71	82,84	83,22	81,95	118,05	0,70	0,71	0,70	0,70	0,69	82,98	0,70	0,70
		25	103,42	103,2	103,26	102,54	103,37	147,56	0,70	0,70	0,70	0,69	0,70	103,16	0,70	0,31
		30	124,36	123,92	122,46	124,18	123,8	177,07	0,70	0,70	0,69	0,70	0,70	123,74	0,70	0,54
		35	140,07	141,7	141,26	140,62	140,3	206,58	0,68	0,69	0,68	0,68	0,68	140,79	0,68	0,43

Ek 1.3 - Buğday akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre	Ortalama Dolma Katsayısı		VK (%)
	BUĞDAY		746,5					579					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması		
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5				
M2 (Büyük Makara)	9	9	26,36	27,06	26,52	26,5	26,76	35,01	0,75	0,77	0,76	0,76	0,76	26,64	0,76	0,92
		11	32,49	32,29	32,44	33	32,69	42,79	0,76	0,75	0,76	0,77	0,76	32,58	0,76	0,75
		14	42,65	42,84	42,03	42,17	42,3	54,46	0,78	0,79	0,77	0,77	0,78	42,40	0,78	0,71
		17	50,13	50,43	50,18	49,82	49,26	66,13	0,76	0,76	0,76	0,75	0,74	49,96	0,76	0,80
		20	59,55	59,17	58,12	58,45	58,54	77,80	0,77	0,76	0,75	0,75	0,75	58,77	0,76	0,88
		30	86,09	86,88	87,26	87,4	85,05	116,70	0,74	0,74	0,75	0,75	0,73	86,54	0,74	1,01
	15	40	110,25	109,51	109,69	109,25	109,06	155,60	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	109,55	0,70	0,37
		9	45,28	45,12	45,09	45,11	45,21	58,35	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	45,16	0,77	0,16
		11	53,95	54,62	55,48	54,86	54,83	71,32	0,76	0,77	0,78	0,77	0,77	54,75	0,77	0,90
		14	67,76	69,36	68,8	68,03	68,9	90,77	0,75	0,76	0,76	0,75	0,76	68,57	0,76	0,86
		17	81,27	79,76	80,11	80,8	79,38	110,22	0,74	0,72	0,73	0,73	0,72	80,26	0,73	0,86
		20	93,67	94,38	92,63	93,74	94,3	129,67	0,72	0,73	0,71	0,72	0,73	93,74	0,72	0,67
	20	30	139,78	139,4	141,5	140,7	140,8	194,50	0,72	0,72	0,73	0,72	0,72	140,44	0,72	0,54
		40	184,09	182,41	182,95	185,03	185,64	259,33	0,71	0,70	0,71	0,71	0,72	184,02	0,71	0,66
		9	57,5	60,8	60,68	60,68	60,42	77,80	0,74	0,78	0,78	0,78	0,78	60,02	0,77	2,11
		11	74,54	73,79	74,4	74,8	73,72	95,09	0,78	0,78	0,78	0,79	0,78	74,25	0,78	0,57
		14	94,8	93,76	92,85	94,44	94,8	121,02	0,78	0,77	0,77	0,78	0,78	94,13	0,78	0,79
		17	109,45	110,07	110,99	109,25	110,99	146,96	0,74	0,75	0,76	0,74	0,76	110,15	0,75	0,67
	25	20	127,17	128,7	127,68	127,49	127,46	172,89	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	127,70	0,74	0,41
		30	191,1	190,73	186,7	188,9	190,4	259,33	0,74	0,74	0,72	0,73	0,73	189,57	0,73	0,85
		40	255,1	253,9	255,34	255,9	256,89	345,78	0,74	0,73	0,74	0,74	0,74	255,43	0,74	0,38
		9	77,42	78,59	76,98	77,05	77,74	97,25	0,80	0,81	0,79	0,79	0,80	77,56	0,80	0,75
		11	94,31	94,1	95,28	94,65	94,01	118,86	0,79	0,79	0,80	0,80	0,79	94,47	0,79	0,49
		14	120,57	120,2	120,38	119,08	119,5	151,28	0,80	0,79	0,80	0,79	0,79	119,95	0,79	0,47
30	17	143,48	145,14	143,93	143,77	145,23	183,69	0,78	0,79	0,78	0,78	0,79	144,31	0,79	0,51	
	20	169,73	167,95	169,69	170,12	169,53	216,11	0,79	0,78	0,79	0,79	0,78	169,40	0,78	0,44	
	30	249,55	247,84	251,9	248,37	249,31	324,17	0,77	0,76	0,78	0,77	0,77	249,39	0,77	0,56	
	40	324,78	323,5	325,6	325,71	323,24	432,22	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	324,57	0,75	0,32	
	9	95,47	94,97	95,66	95,99	96,65	116,70	0,82	0,81	0,82	0,82	0,83	95,75	0,82	0,58	
	11	115,45	116	115,5	115,98	115,87	142,63	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	115,76	0,81	0,21	
	14	147,12	146,87	147,27	146,81	146,33	181,53	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	146,88	0,81	0,22	
	17	177,53	177,31	177,57	179,07	177,77	220,43	0,81	0,80	0,81	0,81	0,81	177,85	0,81	0,35	
M2 (Küçük Makara)	20	208,65	207,18	208,56	207,58	207,18	259,33	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	207,83	0,80	0,31	
	30	309,27	304,62	299,97	295,32	309,27	389,00	0,80	0,78	0,77	0,76	0,80	303,69	0,78	1,79	
	40	394,76	396,28	395,32	394,2	394,52	518,67	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	395,02	0,76	0,18	

Ek 1.4 - Çavdar akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre			
	ÇAVDAR		759,3					579					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
M2 (Büyük Makara)	9	25,73	26,29	26,05	24,8	25,01	35,61	0,72	0,74	0,73	0,70	0,70	25,58	0,72	2,27	
	11	30,96	30,86	30,99	31,68	30,97	43,52	0,71	0,71	0,71	0,73	0,71	31,09	0,71	0,96	
	14	39,49	39,81	38,33	39,34	38,33	55,39	0,71	0,72	0,69	0,71	0,69	39,06	0,71	1,57	
	17	46,72	47,24	46,62	48,32	46,53	67,26	0,69	0,70	0,69	0,72	0,69	47,09	0,70	1,41	
	20	56,21	55,64	56,39	56,55	56,31	79,13	0,71	0,70	0,71	0,71	0,71	56,22	0,71	0,55	
	30	81,1	81,32	80,23	81,48	82,3	118,70	0,68	0,69	0,68	0,69	0,69	81,29	0,68	0,82	
	40	106,86	105,86	106,51	107,47	106,39	158,27	0,68	0,67	0,67	0,68	0,67	106,62	0,67	0,50	
	12	9	34,57	34,77	34,92	34,45	34,73	47,48	0,73	0,73	0,74	0,73	0,73	34,69	0,73	0,47
	11	42,67	41,71	42	42,69	42,45	58,03	0,74	0,72	0,72	0,74	0,73	42,30	0,73	0,92	
	14	53,28	53,3	52,92	53,75	53,8	73,86	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	53,41	0,72	0,61	
	17	64,66	63,59	64,33	63,58	64,85	89,69	0,72	0,71	0,72	0,71	0,72	64,20	0,72	0,83	
	20	75,78	75,71	74,66	74,88	74,26	105,51	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	75,06	0,71	0,79	
	30	109,57	110,13	111,24	111,5	110,39	158,27	0,69	0,70	0,70	0,70	0,70	110,57	0,70	0,64	
	40	143,45	143,16	144,67	144,98	143,73	211,02	0,68	0,68	0,69	0,69	0,68	144,00	0,68	0,49	
	15	9	41,4	41,69	42,04	41,48	41,71	59,35	0,70	0,70	0,71	0,70	0,70	41,66	0,70	0,53
	11	50,54	50,1	50,94	50,2	50,02	72,54	0,70	0,69	0,70	0,69	0,69	50,36	0,69	0,67	
	14	63,49	63,24	63,78	64,38	63,61	92,32	0,69	0,68	0,69	0,70	0,69	63,70	0,69	0,60	
	17	76,17	76,45	76,43	75,5	75,9	112,11	0,68	0,68	0,68	0,67	0,68	76,09	0,68	0,47	
	20	88,82	88,91	87,84	88,63	88,27	131,89	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	88,49	0,67	0,45	
	30	130,84	130,88	130,9	131,9	129,95	197,84	0,66	0,66	0,66	0,67	0,66	130,89	0,66	0,47	
	40	172,25	171,5	175,76	172,93	173,41	263,78	0,65	0,65	0,67	0,66	0,66	173,17	0,66	0,84	
	20	9	58,2	58,37	58,12	58,01	59,14	79,13	0,74	0,74	0,73	0,73	0,75	58,37	0,74	0,69
	11	70,7	70,48	70,77	71,9	70,55	96,72	0,73	0,73	0,73	0,74	0,73	70,88	0,73	0,73	
	14	89,33	90,45	90,7	89,09	90,13	123,10	0,73	0,73	0,74	0,72	0,73	89,94	0,73	0,70	
	17	108,44	107,97	109	108,58	109,37	149,48	0,73	0,72	0,73	0,73	0,73	108,67	0,73	0,44	
	20	128,02	127,09	127,45	128,14	128,15	175,85	0,73	0,72	0,72	0,73	0,73	127,77	0,73	0,33	
	30	190,16	189,27	190,18	189,57	190,41	263,78	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	189,92	0,72	0,22	
	40	249,67	249,94	251,4	250,21	250,34	351,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	250,31	0,71	0,24	
	25	9	73,87	74,53	74,64	73,86	74,83	98,92	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	74,35	0,75	0,54
	11	91,9	89,54	90,29	91,43	90,05	120,90	0,76	0,74	0,75	0,76	0,74	90,64	0,75	0,97	
	14	113,79	116,56	113,88	116,17	114,63	153,87	0,74	0,76	0,74	0,75	0,74	115,01	0,75	1,00	
	17	137,85	138,89	139,38	138,24	137	186,84	0,74	0,74	0,75	0,74	0,73	138,27	0,74	0,60	
	20	162,12	161,81	162,07	162,91	162,03	219,82	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	162,19	0,74	0,23	
	30	241,87	240,16	239,78	240,1	240,37	329,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	240,46	0,73	0,30	
	40	317,98	319,49	320,12	317,08	315,93	439,63	0,72	0,73	0,73	0,72	0,72	318,12	0,72	0,48	
	30	9	90,49	90,15	90,74	91,54	91,17	118,70	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	90,82	0,77	0,54
	11	110,12	110,86	110,55	109,99	109,75	145,08	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	110,25	0,76	0,36	
	14	140,27	139,54	140,64	140,83	139,27	184,65	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	140,11	0,76	0,43	
	17	168,98	169,49	168,9	168,56	169,76	224,21	0,75	0,76	0,75	0,75	0,76	169,14	0,75	0,25	
	20	198,02	199,14	199,28	199	199,27	263,78	0,75	0,75	0,76	0,75	0,76	198,94	0,75	0,24	
	30	294,39	295,03	295,29	294,09	293,88	395,67	0,74	0,75	0,75	0,74	0,74	294,54	0,74	0,18	
	40	389,7	389,19	389,98	390,34	391,4	527,56	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	390,12	0,74	0,19	

Ek 1.5- Keten (M1) akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre			
	KETEN		685,1					144					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
M1 (Küçük Makara)	10	30	19,06	19,05	19,42	19,19	19,06	29,60	0,64	0,64	0,66	0,65	0,64	19,16	0,65	0,74
		35	21,92	21,75	22,2	21,7	22,01	34,53	0,63	0,63	0,64	0,63	0,64	21,92	0,63	0,83
		41	25,7	25,22	25,46	25,4	25,1	40,45	0,64	0,62	0,63	0,63	0,62	25,38	0,63	0,81
		44	26,29	26,23	26	26,38	26,36	43,41	0,61	0,60	0,60	0,61	0,61	26,25	0,60	0,52
		60	33,63	33,35	33,76	33,91	33,79	59,19	0,57	0,56	0,57	0,57	0,57	33,69	0,57	0,57
	13	30	26,71	26,73	26,78	26,49	26,36	38,48	0,69	0,69	0,70	0,69	0,69	26,61	0,69	0,61
		35	29,9	30,34	29,91	30,14	30,07	44,89	0,67	0,68	0,67	0,67	0,67	30,07	0,67	0,54
		41	34,76	34,41	34,63	34,76	34,91	52,58	0,66	0,65	0,66	0,66	0,66	34,69	0,66	0,48
		44	37,01	36,79	36,86	36,83	36,76	56,43	0,66	0,65	0,65	0,65	0,65	36,85	0,65	0,24
		60	47,07	46,43	46,1	45,75	46,71	76,95	0,61	0,60	0,60	0,59	0,61	46,41	0,60	0,99
	15	30	30,13	30,12	30,04	30,09	30,36	44,39	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	30,15	0,68	0,37
		35	34,81	34,72	34,63	34,64	35,03	51,79	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	34,77	0,67	0,42
		41	40,16	40,33	40,39	40,6	40,42	60,67	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	40,38	0,67	0,35
		44	42,97	42,5	43,53	43,49	43,53	65,11	0,66	0,65	0,67	0,67	0,67	43,20	0,66	0,95
		60	56,13	55,73	55,69	55,99	56,43	88,79	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	55,99	0,6306	0,49

Ek 1.6 - Keten (M2) akış verileri

Makara	Materyal			Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		
	KETEN			685,1					579					1 dk		
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
M2 (Büyük Makara)	9	9	27,08	27,34	27,34	27,59	27,5	32,13	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	27,37	0,85	0,64
		11	33,37	33,53	32,57	32,91	32,41	39,27	0,85	0,85	0,83	0,84	0,83	32,96	0,84	1,32
		14	41,18	41,3	42,24	42,3	42,05	49,98	0,82	0,83	0,85	0,85	0,84	41,81	0,84	1,14
		17	49,22	50,5	50,05	50,62	49,47	60,69	0,81	0,83	0,82	0,83	0,82	49,97	0,82	1,10
		20	58,48	58,65	57,76	57,64	58,08	71,40	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	58,12	0,81	0,68
		30	86,53	86,39	85,98	86,28	86,29	107,10	0,81	0,81	0,80	0,81	0,81	86,29	0,81	0,21
	12	40	111,21	112,5	112,66	113,49	114,9	142,80	0,78	0,79	0,79	0,79	0,80	112,95	0,79	1,08
		9	36,14	36,31	36,32	36,62	36,57	42,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	36,39	0,85	0,49
		11	45,61	45,27	45,19	44,98	45,12	52,36	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	45,23	0,86	0,47
		14	57,73	57,58	57,82	57,68	57,88	66,64	0,87	0,86	0,87	0,87	0,87	57,74	0,87	0,18
		17	69,25	69,39	69,25	69,3	68,72	80,92	0,86	0,86	0,86	0,86	0,85	69,18	0,85	0,34
		20	78,7	78,49	77,4	77,98	78,51	95,20	0,83	0,82	0,81	0,82	0,82	78,22	0,82	0,60
	15	30	113,67	114,25	113,65	114,5	114,8	142,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	114,17	0,80	0,40
		40	150,82	150,06	150,6	149,01	150,25	190,40	0,79	0,79	0,79	0,78	0,79	150,15	0,79	0,42
		9	46,95	46,6	47,23	47,08	47,52	53,55	0,88	0,87	0,88	0,88	0,89	47,08	0,8791	0,65
		11	56,8	57,06	56,85	57,31	56,97	65,45	0,87	0,87	0,87	0,88	0,87	57,00	0,8708	0,32
		14	72,49	72,44	72,34	71,99	72,06	83,30	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	72,26	0,8675	0,28
		17	87,03	85,76	85,78	85,48	86,23	101,15	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	86,06	0,8508	0,63
	20	20	100,64	100,14	101,2	101,3	101,6	119,00	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	100,98	0,8485	0,52
		30	146,56	146,65	146,8	146,48	145,27	178,50	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	146,35	0,8199	0,38
		40	188,94	188,86	189,42	189,49	189,57	238,00	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	189,26	0,7952	0,16
		9	62,2	62,53	62,55	62,54	61,97	71,40	0,87	0,88	0,88	0,88	0,87	62,36	0,87	0,38
		11	76,04	76,36	76,05	75,61	76,7	87,27	0,87	0,88	0,87	0,87	0,88	76,15	0,87	0,48
		14	96,97	97,14	96,77	97	96,69	111,07	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	96,91	0,87	0,17
	25	17	116,39	115,82	116,75	117,3	115,92	134,87	0,86	0,86	0,87	0,87	0,86	116,44	0,86	0,47
		20	133,69	133,46	133,82	134,2	134,1	158,67	0,84	0,84	0,84	0,85	0,85	133,85	0,84	0,20
		30	199,52	199,07	199,4	199,3	199,13	238,00	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	199,28	0,84	0,08
		40	263,58	262,3	263,36	263,31	263,35	317,34	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	263,18	0,83	0,17
		9	78,78	78,74	78,65	78,22	79,11	89,25	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	78,70	0,88	0,36
		11	95,38	96,53	96,35	96,19	95,68	109,09	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	96,03	0,88	0,45
	30	14	122,75	121,6	120,4	121	121,01	138,84	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	121,35	0,87	0,66
		17	144,11	144,22	144,2	144,86	145,6	168,59	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	144,60	0,86	0,39
		20	170,05	169,52	169,27	169,15	169,32	198,34	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	169,46	0,85	0,19
		30	251,88	249,49	249,9	250,11	250,04	297,50	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	250,28	0,84	0,33
		40	331,33	330,24	330,88	330,61	330,19	396,67	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	330,65	0,83	0,13
		9	93,99	94,32	94,55	94,05	94,67	107,10	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	94,32	0,88	0,28
	30	11	113,6	113,7	114,76	114,53	114,69	130,90	0,87	0,87	0,88	0,87	0,88	114,26	0,87	0,44
		14	146,87	147,56	147,5	146,18	147,03	166,60	0,88	0,89	0,89	0,88	0,88	147,03	0,88	0,34
		17	174,72	173,42	173,97	174,08	173,57	202,30	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	173,95	0,86	0,26
		20	204,08	205,01	203,94	204,15	205,77	238,00	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	204,59	0,86	0,34
		30	304,61	304,06	304,41	304,64	304,27	357,01	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	304,40	0,85	0,07
		40	400,23	399,86	399,68	399,56	400,57	476,01	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	399,98	0,84	0,09

Ek 1.7 - Kişniş (M1) akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m ³)					Toplam oluk alanı (mm ²)					Süre			
	KİŞNİŞ		340,44					144					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	6	9	1,71	1,79	1,75	1,78	1,75	2,65	0,65	0,68	0,66	0,67	0,66	1,76	0,6633	1,59
		11	2,1	2,13	2,11	2,13	2,11	3,24	0,65	0,66	0,65	0,66	0,65	2,12	0,6540	0,57
		14	2,7	2,73	2,67	2,75	2,69	4,12	0,66	0,66	0,65	0,67	0,65	2,71	0,6576	1,05
		17	3,15	3,23	3,11	3,21	3,15	5,00	0,63	0,65	0,62	0,64	0,63	3,17	0,6340	1,38
		20	3,76	3,81	3,79	3,76	3,79	5,88	0,64	0,65	0,64	0,64	0,64	3,78	0,6429	0,51
	8	40	7,04	7,13	7,18	7,2	7,14	11,77	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61	7,14	0,6067	0,77
		9	2,36	2,31	2,33	2,37	2,43	3,53	0,67	0,65	0,66	0,67	0,69	2,36	0,6686	1,74
		11	2,89	2,97	2,89	2,98	2,94	4,31	0,67	0,69	0,67	0,69	0,68	2,93	0,6801	1,30
		14	3,84	3,76	3,72	3,74	3,78	5,49	0,70	0,68	0,68	0,68	0,69	3,77	0,6863	1,09
		17	4,63	4,54	4,56	4,48	4,61	6,67	0,69	0,68	0,68	0,67	0,69	4,56	0,6845	1,16
	10	20	5,24	5,26	5,44	5,14	5,29	7,84	0,67	0,67	0,69	0,66	0,67	5,27	0,6724	1,84
		40	10,08	10,03	10,03	9,94	10,08	15,69	0,64	0,64	0,64	0,63	0,64	10,03	0,6395	0,51
		9	3,17	3,1	3,25	3,17	3,21	4,41	0,72	0,70	0,74	0,72	0,73	3,18	0,7207	1,57
		11	3,83	3,83	3,78	3,77	3,72	5,39	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69	3,79	0,7021	1,09
		14	4,6	4,77	4,95	4,83	4,98	6,86	0,67	0,70	0,72	0,70	0,73	4,83	0,7032	2,83
	12	17	5,71	5,82	5,75	5,81	5,92	8,33	0,69	0,70	0,69	0,70	0,71	5,80	0,6962	1,23
		20	6,81	6,9	6,78	6,79	6,73	9,80	0,69	0,70	0,69	0,69	0,69	6,80	0,6938	0,82
		40	13,02	12,89	12,97	12,98	12,98	19,61	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	12,97	0,6613	0,33

Ek 1.8 - Kişniş (M2) akış verileri

Makara	Materyal				Hacim Ağırlık (kg/m³)				Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
	KİŞNİŞ				340,44				579					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması			
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5				
	6	5	4,24	4,11	4,12	4,21	4,16	5,91	0,72	0,70	0,70	0,71	0,70	4,17	0,7048	1,21	
		7	5,86	5,78	5,88	5,83	5,74	8,28	0,71	0,70	0,71	0,70	0,69	5,82	0,7028	0,89	
		9	7,44	7,39	7,36	7,39	7,48	10,64	0,70	0,69	0,69	0,69	0,70	7,41	0,6963	0,57	
		15	12,3	12,31	12,31	12,4	12,35	17,74	0,69	0,69	0,69	0,70	0,70	12,33	0,6953	0,30	
	8	5	6,01	5,96	5,95	5,91	5,87	7,88	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	5,94	0,7534	0,80	
		7	8,34	8,29	8,13	8,36	8,32	11,04	0,76	0,75	0,74	0,76	0,75	8,29	0,7508	0,99	
		9	10,56	10,58	10,67	10,6	10,61	14,19	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75	10,60	0,7472	0,35	
		15	17,53	17,47	17,61	17,45	17,43	23,65	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	17,50	0,7398	0,37	
	10	5	7,63	7,5	7,7	7,67	7,58	9,86	0,77	0,76	0,78	0,78	0,77	7,62	0,7727	0,93	
		7	10,55	10,38	10,31	10,47	10,65	13,80	0,76	0,75	0,75	0,76	0,77	10,47	0,7589	1,15	
		9	13,38	13,55	13,56	13,35	13,57	17,74	0,75	0,76	0,76	0,75	0,76	13,48	0,7600	0,71	
		15	22,38	22,47	22,46	22,28	22,3	29,57	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	22,38	0,7569	0,35	
	12	5	9,37	9,5	9,35	9,39	9,37	11,83	0,79	0,80	0,79	0,79	0,79	9,40	0,7945	0,57	
		7	13,04	13,08	12,92	13,12	12,95	16,56	0,79	0,79	0,78	0,79	0,78	13,02	0,7865	0,58	
		9	16,64	16,75	16,47	16,43	16,77	21,29	0,78	0,79	0,77	0,77	0,79	16,61	0,7803	0,84	
		15	27,77	27,62	27,58	27,53	27,69	35,48	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	27,64	0,7790	0,30	

Ek 1.9 - Susam (M1) akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre			
	SUSAM		656,7					144					1 dk			
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
M1 (küçük Makara)	6	6	2,59	2,68	2,73	2,66	2,71	3,40	0,76	0,79	0,80	0,78	0,80	2,67	0,79	1,81
		11	4,94	4,98	4,87	4,94	4,92	6,24	0,79	0,80	0,78	0,79	0,79	4,93	0,79	0,73
		18	7,63	7,73	7,53	7,47	7,57	10,21	0,75	0,76	0,74	0,73	0,74	7,59	0,74	1,17
		30	12,15	12,18	12,18	12,19	12,16	17,02	0,71	0,72	0,72	0,72	0,71	12,17	0,72	0,12
		40	15,76	15,81	15,85	15,82	15,91	22,70	0,69	0,70	0,70	0,70	0,70	15,83	0,70	0,31
	8	6	3,41	3,47	3,44	3,49	3,49	4,54	0,75	0,76	0,76	0,77	0,77	3,46	0,76	0,90
		11	6,25	6,26	6,19	6,22	6,28	8,32	0,75	0,75	0,74	0,75	0,75	6,24	0,75	0,51
		18	10,09	9,86	10,15	10,14	10,19	13,62	0,74	0,72	0,75	0,74	0,75	10,09	0,74	1,16
		30	16,72	16,44	16,5	16,61	16,52	22,70	0,74	0,72	0,73	0,73	0,73	16,56	0,73	0,59
		40	22,14	21,56	21,8	22,03	22,03	30,26	0,73	0,71	0,72	0,73	0,73	21,91	0,72	0,95
	10	6	4,68	4,59	4,73	4,7	4,78	5,67	0,82	0,81	0,83	0,83	0,84	4,70	0,83	1,34
		11	8,76	8,81	8,59	8,54	8,81	10,40	0,84	0,85	0,83	0,82	0,85	8,70	0,84	1,32
		18	14,05	14,14	14,1	13,95	13,96	17,02	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	14,04	0,82	0,53
		30	22,97	22,69	23,21	22,99	22,87	28,37	0,81	0,80	0,82	0,81	0,81	22,95	0,81	0,74
		40	29,84	29,82	29,57	29,84	29,91	37,83	0,79	0,79	0,78	0,79	0,79	29,80	0,7877	0,39
	12	6	5,83	5,88	5,87	5,85	5,87	6,81	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	5,86	0,8607	0,31
		11	10,53	10,55	10,68	10,6	10,59	12,48	0,84	0,85	0,86	0,85	0,85	10,59	0,8484	0,49
		18	16,95	17,18	17,13	17,18	17,04	20,43	0,83	0,84	0,84	0,84	0,83	17,10	0,8370	0,52
		30	27,88	27,87	27,83	27,87	27,73	34,04	0,82	0,82	0,82	0,82	0,81	27,84	0,8177	0,20
		40	36,3	36,57	36,44	36,5	36,64	45,39	0,80	0,81	0,80	0,80	0,81	36,49	0,8039	0,32
15	6	7,19	7,27	7,16	7,23	7,15	8,51	0,84	0,85	0,84	0,85	0,84	7,20	0,8460	0,62	
	11	13,07	13,11	13,04	13,02	13,06	15,60	0,84	0,84	0,84	0,83	0,84	13,06	0,8370	0,23	
	18	21,2	21,17	21,13	21,22	21,15	25,53	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	21,17	0,8293	0,15	
	30	34,61	34,59	34,67	34,65	34,63	42,55	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	34,63	0,8138	0,08	
	40	45,32	45,26	45,23	45,31	45,26	56,74	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	45,28	0,7980	0,07	

Ek 1.10 - Susam (M2) akış verileri

Makara	Materyal			Hacim Ağırlık (kg/m³)				Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		
	SUSAM			656,7				579					1 dk		
Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
6	6	11,87	11,82	11,93	12,08	11,95	13,69	0,87	0,86	0,87	0,88	0,87	11,93	0,87	0,74
	11	22,08	22,13	22	22,01	22	25,10	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	22,04	0,88	0,24
	18	35,12	35,26	35,61	35,26	35,24	41,06	0,86	0,86	0,87	0,86	0,86	35,30	0,86	0,47
	30	58,37	58,47	58,34	58,57	58,58	68,44	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	58,47	0,85	0,17
	40	75,35	75,68	75,39	75,55	75,15	91,26	0,83	0,83	0,83	0,83	0,82	75,42	0,83	0,24
8	6	16,06	16,01	16,04	16,03	16,1	18,25	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	16,05	0,88	0,19
	11	29,47	29,38	29,43	29,4	29,35	33,46	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	29,41	0,88	0,14
	18	47,84	47,15	47,3	47,79	47,8	54,75	0,87	0,86	0,86	0,87	0,87	47,58	0,87	0,61
	30	78,46	78,18	78,4	78,18	78,32	91,26	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	78,31	0,86	0,15
	40	100,62	100,68	100,67	100,72	100,77	121,67	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	100,69	0,8276	0,05

Ek 1.11 - Yonca (M1) akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		Ortalama Dolma Katsayısı		VK (%)
	YONCA		832,38					144					1 dk				
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması			
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5					
M1 (Küçük Makara)	6	3	1,87	1,86	1,83	1,85	1,87	2,16	0,87	0,86	0,85	0,86	0,87	1,86	0,86	0,81	
		4	2,49	2,46	2,46	2,45	2,44	2,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	2,46	0,86	0,68	
		5	3,05	3,09	3,05	3,05	3,06	3,60	0,85	0,86	0,85	0,85	0,85	3,06	0,85	0,51	
		6	3,68	3,69	3,72	3,6	3,66	4,32	0,85	0,86	0,86	0,83	0,85	3,67	0,85	1,09	
		8	4,85	4,69	4,92	4,9	4,74	5,75	0,84	0,82	0,86	0,85	0,82	4,82	0,84	1,87	
		15	8,91	8,96	8,97	8,86	8,89	10,79	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	8,92	0,83	0,47	
	8	20	11,92	11,94	11,88	11,76	11,9	14,38	0,83	0,83	0,83	0,82	0,83	11,88	0,83	0,53	
		3	2,53	2,53	2,56	2,56	2,52	2,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,88	2,54	0,88	0,66	
		4	3,35	3,34	3,32	3,39	3,33	3,84	0,87	0,87	0,87	0,88	0,87	3,35	0,87	0,72	
		5	4,12	4,16	4,17	4,13	4,08	4,79	0,86	0,87	0,87	0,86	0,85	4,13	0,86	0,77	
		6	4,94	4,92	4,85	4,81	4,87	5,75	0,86	0,86	0,84	0,84	0,85	4,88	0,85	0,97	
		8	6,39	6,45	6,46	6,43	6,49	7,67	0,83	0,84	0,84	0,84	0,85	6,44	0,84	0,52	
	10	15	11,97	11,89	11,83	11,9	11,84	14,38	0,83	0,83	0,82	0,83	0,82	11,89	0,83	0,42	
		20	15,66	15,85	15,78	15,85	15,94	19,18	0,82	0,83	0,82	0,83	0,83	15,82	0,82	0,59	
		3	3,14	3,14	3,08	3,08	3,12	3,60	0,87	0,87	0,86	0,86	0,87	3,11	0,87	0,87	
		4	4,11	4,13	4,14	4,15	4,1	4,79	0,86	0,86	0,86	0,87	0,86	4,13	0,86	0,45	
		5	5,1	5,11	5	5,12	5,08	5,99	0,85	0,85	0,83	0,85	0,85	5,08	0,85	0,85	
		6	6,06	6,09	6,11	6,06	6,06	7,19	0,84	0,85	0,85	0,84	0,84	6,08	0,845	0,34	
	8	8,18	8,06	8,08	8,17	8,09	9,59	0,85	0,84	0,84	0,85	0,84	8,12	0,846	0,61		
	15	15,11	15,17	15,12	15,08	15,01	17,98	0,84	0,84	0,84	0,84	0,83	15,10	0,840	0,35		
	20	19,83	19,87	19,9	19,95	19,88	23,97	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	19,89	0,83	0,20		

Ek 1.12 - Yonca (M2) akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)					Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		Ortalama Dolma Katsayısı		VK (%)
	YONCA		832,38					579					1 dk				
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması			
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5					
M2 (Büyük Makara)	6	3	7,66	7,67	7,63	7,66	7,62	8,68	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	7,65	0,88	0,25	
		4	10	9,99	10,02	9,95	9,86	11,57	0,86	0,86	0,87	0,86	0,85	9,96	0,86	0,57	
		5	12,24	12,32	12,33	12,12	12,29	14,46	0,85	0,85	0,85	0,84	0,85	12,26	0,85	0,63	
		8	19,47	19,43	19,66	19,43	19,47	23,13	0,84	0,84	0,85	0,84	0,84	19,49	0,84	0,44	
		20	47,22	47,15	47,05	47,71	47,15	57,83	0,82	0,82	0,81	0,82	0,82	47,26	0,82	0,49	
	8	3	10,03	10,05	10,01	9,95	10,1	11,57	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	10,03	0,87	0,49	
		4	13,23	13,26	13,05	13,12	13,2	15,42	0,86	0,86	0,85	0,85	0,86	13,17	0,85	0,58	
		5	16,32	16,27	16,43	16,55	16,53	19,28	0,85	0,84	0,85	0,86	0,86	16,42	0,85	0,68	
		8	26,23	26,18	26,23	25,92	26,05	30,84	0,85	0,85	0,85	0,84	0,84	26,12	0,85	0,46	
		20	62,95	63,19	63,22	62,61	62,77	77,11	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	62,95	0,82	0,37	

Ek 1.13 - Yulaf akış verileri

Makara	Materyal		Hacim Ağırlık (kg/m³)						Toplam oluk alanı (mm²)					Süre		
	YULAF		554,3						579					1 dk		
	Makara Uzunluğu (mm)	Makara Dönü Sayısı (d/d)	Tekerrür (g/d)					Teorik Kapasite	Dolma Katsayısı (%)					Tekerrür Ortalaması	Ortalama Dolma Katsayısı	VK (%)
M2 (Büyük Makara)	15	9	23	24,21	21,25	24,83	21,66	43,33	0,53	0,56	0,49	0,57	0,50	22,99	0,53	6,05
		11	28,55	29,99	28,67	28,47	27,71	52,96	0,54	0,57	0,54	0,54	0,52	28,68	0,54	2,57
		14	37,71	37,22	36,99	37,18	36,87	67,40	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	37,19	0,55	0,77
		17	44,28	47,24	46,62	43,96	43,86	81,84	0,54	0,58	0,57	0,54	0,54	45,19	0,55	3,18
		20	50,05	50,08	50,6	51,49	50,41	96,28	0,52	0,52	0,53	0,53	0,52	50,53	0,52	1,04
		30	72,47	72,39	75,52	72,21	74,35	144,42	0,50	0,50	0,52	0,50	0,51	73,39	0,51	1,80
	20	40	95,91	90,29	91,67	92,82	91,31	192,56	0,50	0,47	0,48	0,48	0,47	92,40	0,48	2,09
		9	33,01	33,36	34,34	33,71	32,6	57,77	0,57	0,58	0,59	0,58	0,56	33,40	0,58	1,78
		11	40,47	40,26	40,3	39,93	40,27	70,61	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	40,25	0,57	0,44
		14	54,08	53,58	49,39	50,32	51,92	89,86	0,60	0,60	0,55	0,56	0,58	51,86	0,58	3,49
		17	61,19	62,29	61,23	62,89	62,6	109,12	0,56	0,57	0,56	0,58	0,57	62,04	0,57	1,13
		20	72,01	72,84	71,03	73,53	74,55	128,38	0,56	0,57	0,55	0,57	0,58	72,79	0,57	1,67
	25	30	98,89	97,73	100,37	98,85	96,38	192,56	0,51	0,51	0,52	0,51	0,50	98,44	0,51	1,35
		40	120,32	121,73	123,63	122,23	122,07	256,75	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	122,00	0,48	0,87
		9	39,75	39,57	38,9	39,8	39,35	72,21	0,55	0,55	0,54	0,55	0,54	39,47	0,55	0,83
		11	50,55	46,97	49,07	48,64	48,07	88,26	0,57	0,53	0,56	0,55	0,54	48,66	0,55	2,42
		14	62,59	64,12	64,52	64,02	61,72	112,33	0,56	0,57	0,57	0,57	0,55	63,39	0,56	1,67
		17	72,89	75,99	73,26	74,37	73,69	136,40	0,53	0,56	0,54	0,55	0,54	74,04	0,54	1,48
	30	20	88,46	86,77	88,7	88,03	88,54	160,47	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55	88,10	0,55	0,80
		30	123,57	124,47	126,4	124,78	126,28	240,70	0,51	0,52	0,53	0,52	0,52	125,10	0,52	0,87
		40	155,18	155,84	156,14	157,42	158,81	320,94	0,48	0,49	0,49	0,49	0,49	156,68	0,49	0,82
		9	47,41	48,83	49,84	49,06	48,13	86,65	0,55	0,56	0,58	0,57	0,56	48,65	0,56	1,70
		11	61,37	61,03	60,83	59,15	59,66	105,91	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56	60,41	0,57	1,41
		14	78,31	77,47	77,43	78,52	76,21	134,79	0,58	0,57	0,57	0,58	0,57	77,59	0,58	1,05
		17	90,27	93,1	92,68	90,56	92,6	163,68	0,55	0,57	0,57	0,55	0,57	91,84	0,56	1,29
		20	107	106,61	105,78	104,87	105,83	192,56	0,56	0,55	0,55	0,54	0,55	106,02	0,55	0,70
		30	154,3	154,93	152,61	152,69	153,55	288,85	0,53	0,54	0,53	0,53	0,53	153,62	0,53	0,59
		40	192,47	191,81	189,26	188,54	194,92	385,13	0,50	0,50	0,49	0,49	0,51	191,40	0,50	1,20

Ek 2.1 Model-I'in Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: g; V; n; μ_1 ; μ_2 ; l; w; t

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,90193		0,90873		0,75721	
l	-0,028258	0,000	-0,043494	0,000	-0,041368	0,000
V			0,000011	0,000	0,000010	0,000
g					0,000231	0,000
n						
w						
μ_1						
t						
μ_2						
S	0,0716446		0,0561901		0,0471663	
R-sq	50,83%		69,77%		78,72%	
R-sq(adj)	50,80%		69,74%		78,68%	
Mallows' Cp	6214,19		3184,10		1754,88	
AICc	-4036,75		-4842,43		-5422,62	
BIC	-4020,52		-4820,80		-5395,59	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,78158		0,6429		0,74310	
l	-0,039607	0,000	-0,048734	0,000	-0,047152	0,000
V	0,000009	0,000	0,000009	0,000	0,000009	0,000
g	0,000238	0,000	0,000344	0,000	0,000360	0,000
n	-0,001841	0,000	-0,001887	0,000	-0,002350	0,000
w			0,04598	0,000	0,05319	0,000
μ_1					-0,2674	0,000
t						
μ_2						
S	0,0419459		0,0369334		0,0337201	
R-sq	83,18%		86,97%		89,14%	
R-sq(adj)	83,14%		86,93%		89,10%	
Mallows' Cp	1042,83		438,45		92,14	
AICc	-5811,05		-6232,55		-6533,73	
BIC	-5778,61		-6194,71		-6490,50	
	-----Step 7-----		-----Step 8-----			
	Coef	P	Coef	P		
Constant	0,76002		0,7993			
l	-0,047806	0,000	-0,048571	0,000		
V	0,000009	0,000	0,000009	0,000		
g	0,000366	0,000	0,000369	0,000		
n	-0,002285	0,000	-0,002282	0,000		
w	0,04461	0,000	0,04255	0,000		
μ_1	-0,3056	0,000	-0,1638	0,000		
t	0,01115	0,000	0,01781	0,000		
μ_2			-0,3533	0,000		
S	0,0334151		0,0328839			
R-sq	89,34%		89,69%			
R-sq(adj)	89,30%		89,64%			
Mallows' Cp	61,80		9,00			
AICc	-6562,88		-6615,06			
BIC	-6514,25		-6561,05			

α to enter = 0,05; α to remove = 0,05

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,7993	0,0109	(0,7779; 0,8207)	73,32	0,000	
g	0,000369	0,000008	(0,000354; 0,000384)	48,38	0,000	1,61
V	0,000009	0,000000	(0,000009; 0,000009)	42,42	0,000	1,93
n	-0,002282	0,000074	(-0,002427; -0,002136)	-30,77	0,000	1,19
μ 1	-0,1638	0,0248	(-0,2125; -0,1151)	-6,59	0,000	3,88
μ 2	-0,3533	0,0477	(-0,4469; -0,2597)	-7,40	0,000	4,80
l	-0,048571	0,000592	(-0,049733; -0,047409)	-82,02	0,000	3,57
w	0,04255	0,00245	(0,03775; 0,04735)	17,39	0,000	5,03
t	0,01781	0,00216	(0,01358; 0,02204)	8,26	0,000	5,75

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0328839	89,69%	89,64%	1,80407	89,58%	-6615,06	-6561,05

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	15,5235	89,69%	15,5235	1,94044	1794,46	0,000
g	1	2,5528	14,75%	2,5306	2,53061	2340,23	0,000
V	1	0,6678	3,86%	1,9460	1,94605	1799,64	0,000
n	1	1,8666	10,78%	1,0237	1,02373	946,71	0,000
μ 1	1	2,1598	12,48%	0,0470	0,04701	43,48	0,000
μ 2	1	0,0085	0,05%	0,0593	0,05926	54,80	0,000
l	1	7,3338	42,37%	7,2740	7,27404	6726,81	0,000
w	1	0,8606	4,97%	0,3269	0,32693	302,34	0,000
t	1	0,0737	0,43%	0,0737	0,07370	68,15	0,000
Error	1651	1,7853	10,31%	1,7853	0,00108		
Lack-of-Fit	323	1,7065	9,86%	1,7065	0,00528	89,05	0,000
Pure Error	1328	0,0788	0,46%	0,0788	0,00006		
Total	1659	17,3088	100,00%				

Ek 2.2 Model-II'nin Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: μ_1 ; μ_2 ; V; g; n; l; w; t

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	1,22721		1,23504		1,05941	
l	-0,032198	0,000	-0,049729	0,000	-0,047264	0,000
V			0,000013	0,000	0,000011	0,000
g					0,000268	0,000
n						
w						
μ_1						
μ_2						
t						
S	0,0815759		0,0635551		0,0527844	
R-sq	50,87%		70,20%		79,45%	
R-sq(adj)	50,84%		70,16%		79,42%	
Mallows' Cp	5922,46		2943,22		1517,16	
AICc	-3605,76		-4433,52		-5049,00	
BIC	-3589,54		-4411,88		-5021,97	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	1,08781		0,9479		1,0557	
l	-0,045213	0,000	-0,054419	0,000	-0,052716	0,000
V	0,000011	0,000	0,000011	0,000	0,000010	0,000
g	0,000275	0,000	0,000383	0,000	0,000400	0,000
n	-0,002145	0,000	-0,002191	0,000	-0,002689	0,000
w			0,04638	0,000	0,05413	0,000
μ_1					-0,2876	0,000
μ_2						
t						
S	0,0464200		0,0418669		0,0386031	
R-sq	84,12%		87,09%		89,03%	
R-sq(adj)	84,08%		87,05%		88,99%	
Mallows' Cp	799,51		343,36		45,95	
AICc	-5474,57		-5816,29		-6084,74	
BIC	-5442,13		-5778,45		-6041,51	
	-----Step 7-----		-----Step 8-----			
	Coef	P	Coef	P		
Constant	1,0776		1,0984			
l	-0,052997	0,000	-0,053621	0,000		
V	0,000010	0,000	0,000010	0,000		
g	0,000400	0,000	0,000404	0,000		
n	-0,002715	0,000	-0,002671	0,000		
w	0,05642	0,000	0,05014	0,000		
μ_1	-0,1643	0,000	-0,1563	0,000		
μ_2	-0,2648	0,000	-0,3489	0,000		
t			0,00912	0,000		
S	0,0382976		0,0381561			
R-sq	89,21%		89,30%			
R-sq(adj)	89,16%		89,24%			
Mallows' Cp	20,28		9,00			
AICc	-6110,10		-6121,37			
BIC	-6061,47		-6067,35			

α to enter = 0,05; α to remove = 0,05

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1,0984	0,0126	(1,0736; 1,1232)	86,83	0,000	
μ1	-0,1563	0,0288	(-0,2129; -0,0998)	-5,42	0,000	3,88
μ2	-0,3489	0,0554	(-0,4575; -0,2403)	-6,30	0,000	4,80
V	0,000010	0,000000	(0,000010; 0,000011)	41,78	0,000	1,93
g	0,000404	0,000009	(0,000387; 0,000422)	45,69	0,000	1,61
n	-0,002671	0,000086	(-0,002840; -0,002502)	-31,04	0,000	1,19
l	-0,053621	0,000687	(-0,054969; -0,052274)	-78,03	0,000	3,57
w	0,05014	0,00284	(0,04457; 0,05571)	17,66	0,000	5,03
t	0,00912	0,00250	(0,00421; 0,01403)	3,64	0,000	5,75

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0381561	89,30%	89,24%	2,42885	89,18%	-6121,37	-6067,35

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	20,0532	89,30%	20,0532	2,50665	1721,73	0,000
μ1	1	1,8352	8,17%	0,0428	0,04283	29,42	0,000
μ2	1	0,2089	0,93%	0,0578	0,05780	39,70	0,000
V	1	0,2517	1,12%	2,5417	2,54167	1745,78	0,000
g	1	3,3730	15,02%	3,0394	3,03943	2087,68	0,000
n	1	3,8760	17,26%	1,4027	1,40274	963,49	0,000
l	1	9,5777	42,65%	8,8654	8,86536	6089,31	0,000
w	1	0,9114	4,06%	0,4539	0,45391	311,77	0,000
t	1	0,0193	0,09%	0,0193	0,01933	13,28	0,000
Error	1651	2,4037	10,70%	2,4037	0,00146		
Lack-of-Fit	323	2,3011	10,25%	2,3011	0,00712	92,26	0,000
Pure Error	1328	0,1025	0,46%	0,1025	0,00008		
Total	1659	22,4569	100,00%				

Ek 2.3 Model-III'ün Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: μ_1 ; μ_2 ; V; g; n; l; w; t

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,8517		0,8675		0,5107	
l	-0,06438	0,000	-0,09979	0,000	-0,09478	0,000
V			0,000026	0,000	0,000023	0,000
g					0,000544	0,000
n						
w						
μ_2						
μ_1						
S	0,164254		0,127724		0,105554	
R-sq	50,52%		70,10%		79,59%	
R-sq(adj)	50,49%		70,06%		79,55%	
Mallows' Cp	5555,29		2703,81		1322,46	
AICc	-1282,17		-2116,27		-2748,22	
BIC	-1265,94		-2094,63		-2721,19	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,5689		0,3251		0,5785	
l	-0,09058	0,000	-0,10662	0,000	-0,10495	0,000
V	0,000021	0,000	0,000022	0,000	0,000021	0,000
g	0,000560	0,000	0,000748	0,000	0,000773	0,000
n	-0,004394	0,000	-0,004473	0,000	-0,005367	0,000
w			0,08084	0,000	0,10175	0,000
μ_2					-0,9853	0,000
μ_1						
S	0,0921518		0,0852741		0,0791630	
R-sq	84,45%		86,70%		88,54%	
R-sq(adj)	84,42%		86,66%		88,50%	
Mallows' Cp	615,71		290,96		24,00	
AICc	-3198,02		-3454,52		-3700,39	
BIC	-3165,58		-3416,69		-3657,16	
	-----Step 7-----					
	Coef	P				
Constant	0,5803					
l	-0,10407	0,000				
V	0,000021	0,000				
g	0,000778	0,000				
n	-0,005477	0,000				
w	0,10091	0,000				
μ_2	-0,626	0,000				
μ_1	-0,2515	0,000				
S	0,0787597					
R-sq	88,67%					
R-sq(adj)	88,62%					
Mallows' Cp	8,03					
AICc	-3716,33					
BIC	-3667,71					

α to enter = 0,05; α to remove = 0,05

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0,5803	0,0233	(0,5346; 0,6260)	24,90	0,000	
μ1	-0,2515	0,0593	(-0,3678; -0,1351)	-4,24	0,000	3,86
μ2	-0,626	0,104	(-0,830; -0,422)	-6,03	0,000	3,96
V	0,000021	0,000001	(0,000020; 0,000022)	40,85	0,000	1,92
g	0,000778	0,000018	(0,000743; 0,000814)	43,07	0,000	1,58
n	-0,005477	0,000176	(-0,005822; -0,005132)	-31,16	0,000	1,16
l	-0,10407	0,00137	(-0,10677; -0,10138)	-75,77	0,000	3,35
w	0,10091	0,00465	(0,09178; 0,11004)	21,68	0,000	3,17

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0787597	88,67%	88,62%	10,3400	88,56%	-3716,33	-3667,71

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	7	80,1596	88,67%	80,1596	11,4514	1846,07	0,000
μ1	1	7,1448	7,90%	0,1115	0,1115	17,97	0,000
μ2	1	1,0607	1,17%	0,2253	0,2253	36,32	0,000
V	1	0,9224	1,02%	10,3513	10,3513	1668,72	0,000
g	1	13,7345	15,19%	11,5090	11,5090	1855,37	0,000
n	1	15,8771	17,56%	6,0214	6,0214	970,70	0,000
l	1	38,5052	42,59%	35,6091	35,6091	5740,54	0,000
w	1	2,9151	3,22%	2,9151	2,9151	469,94	0,000
Error	1652	10,2475	11,33%	10,2475	0,0062		
Lack-of-Fit	324	9,8192	10,86%	9,8192	0,0303	93,97	0,000
Pure Error	1328	0,4283	0,47%	0,4283	0,0003		
Total	1659	90,4072	100,00%				

Ek 2.4 Model-IV'ün Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: V; g; n; μ_1 ; μ_2 ; l; w; t

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	0,00978		-0,3020		-0,6909	
l	-0,20446	0,000	-0,37802	0,000	-0,36252	0,000
V			0,11774	0,000	0,10525	0,000
g					0,15150	0,000
w						
μ_1						
n						
t						
μ_2						
S	0,0479709		0,0365271		0,0329359	
R-sq	43,49%		67,25%		73,39%	
R-sq(adj)	43,45%		67,22%		73,34%	
Mallows' Cp	6807,23		3249,99		2332,69	
AICc	-5368,48		-6272,31		-6614,89	
BIC	-5352,26		-6250,67		-6587,86	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	-1,1292		-1,2042		-1,2041	
l	-0,50991	0,000	-0,51030	0,000	-0,48149	0,000
V	0,10302	0,000	0,10028	0,000	0,09073	0,000
g	0,30362	0,000	0,30876	0,000	0,32127	0,000
w	0,3105	0,000	0,3431	0,000	0,3661	0,000
μ_1			-0,1731	0,000	-0,2629	0,000
n					-0,05009	0,000
t						
μ_2						
S	0,0283348		0,0264997		0,0234659	
R-sq	80,32%		82,80%		86,52%	
R-sq(adj)	80,27%		82,74%		86,47%	
Mallows' Cp	1297,38		928,39		373,02	
AICc	-7113,44		-7334,74		-7737,39	
BIC	-7081,01		-7296,90		-7694,16	
	-----Step 7-----		-----Step 8-----			
	Coef	P	Coef	P		
Constant	-1,3206		-1,3793			
l	-0,51942	0,000	-0,52749	0,000		
V	0,09330	0,000	0,09528	0,000		
g	0,35225	0,000	0,35588	0,000		
w	0,2955	0,000	0,2900	0,000		
μ_1	-0,3999	0,000	-0,3243	0,000		
n	-0,04428	0,000	-0,04428	0,000		
t	0,09781	0,000	0,11574	0,000		
μ_2			-0,1399	0,000		
S	0,0214823		0,0212325			
R-sq	88,71%		88,98%			
R-sq(adj)	88,66%		88,92%			
Mallows' Cp	47,09		9,00			
AICc	-8029,58		-8067,39			
BIC	-7980,96		-8013,37			

α to enter = 0,05; α to remove = 0,05

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1,3793	0,0229	(-1,4242; -1,3345)	-60,29	0,000	
V	0,09528	0,00209	(0,09118; 0,09938)	45,57	0,000	2,60
g	0,35588	0,00713	(0,34189; 0,36987)	49,89	0,000	2,13
n	-0,04428	0,00215	(-0,04849; -0,04007)	-20,64	0,000	1,35
μ 1	-0,3243	0,0172	(-0,3580; -0,2906)	-18,87	0,000	4,04
μ 2	-0,1399	0,0221	(-0,1832; -0,0965)	-6,33	0,000	5,32
l	-0,52749	0,00660	(-0,54044; -0,51454)	-79,90	0,000	6,79
w	0,2900	0,0106	(0,2692; 0,3108)	27,32	0,000	6,31
t	0,11574	0,00610	(0,10378; 0,12770)	18,98	0,000	6,99

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0212325	88,98%	88,92%	0,752354	88,86%	-8067,39	-8013,37

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	6,00728	88,98%	6,00728	0,75091	1665,65	0,000
V	1	0,21186	3,14%	0,93637	0,93637	2077,03	0,000
g	1	0,83066	12,30%	1,12212	1,12212	2489,07	0,000
n	1	0,76420	11,32%	0,19202	0,19202	425,93	0,000
μ 1	1	0,93144	13,80%	0,16057	0,16057	356,17	0,000
μ 2	1	0,00094	0,01%	0,01807	0,01807	40,09	0,000
l	1	2,49798	37,00%	2,87792	2,87792	6383,72	0,000
w	1	0,60782	9,00%	0,33638	0,33638	746,15	0,000
t	1	0,16238	2,41%	0,16238	0,16238	360,19	0,000
Error	1651	0,74431	11,02%	0,74431	0,00045		
Lack-of-Fit	323	0,71048	10,52%	0,71048	0,00220	86,37	0,000
Pure Error	1328	0,03382	0,50%	0,03382	0,00003		
Total	1659	6,75158	100,00%				

Ek 2.5 Model-V'in Analiz Sonuçları

Stepwise Selection of Terms

Candidate terms: μ_1 ; μ_2 ; T; V; G; N; L; W

	-----Step 1-----		-----Step 2-----		-----Step 3-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	1,0262		-0,1969		-1,7496	
L	-0,7669	0,000	-1,4477	0,000	-1,3858	0,000
V			0,4618	0,000	0,41198	0,000
G					0,6050	0,000
W						
N						
μ_1						
T						
μ_2						
S	0,172092		0,121382		0,103690	
R-sq	45,69%		73,00%		80,31%	
R-sq(adj)	45,65%		72,96%		80,27%	
Mallows' Cp	6821,40		2560,86		1421,91	
AICc	-1127,40		-2285,37		-2807,37	
BIC	-1111,17		-2263,74		-2780,33	
	-----Step 4-----		-----Step 5-----		-----Step 6-----	
	Coef	P	Coef	P	Coef	P
Constant	-2,8943		-2,8038		-3,1110	
L	-1,7707	0,000	-1,7032	0,000	-1,6641	0,000
V	0,40614	0,000	0,38727	0,000	0,36255	0,000
G	1,0022	0,000	1,0251	0,000	1,0638	0,000
W	0,8108	0,000	0,8248	0,000	0,9912	0,000
N			-0,11633	0,000	-0,18718	0,000
μ_1					-0,8365	0,000
T						
μ_2						
S	0,0939749		0,0887156		0,0766270	
R-sq	83,83%		85,60%		89,26%	
R-sq(adj)	83,79%		85,56%		89,23%	
Mallows' Cp	873,35		599,45		29,68	
AICc	-3132,98		-3323,17		-3808,49	
BIC	-3100,54		-3285,33		-3765,26	
	-----Step 7-----		-----Step 8-----			
	Coef	P	Coef	P		
Constant	-3,1980		-3,305			
L	-1,6925	0,000	-1,7072	0,000		
V	0,36447	0,000	0,36809	0,000		
G	1,0870	0,000	1,0936	0,000		
W	0,9384	0,000	0,9284	0,000		
N	-0,18284	0,000	-0,18285	0,000		
μ_1	-0,9389	0,000	-0,8006	0,000		
T	0,0731	0,000	0,1059	0,000		
μ_2			-0,2557	0,001		
S	0,0763234		0,0761066			
R-sq	89,36%		89,42%			
R-sq(adj)	89,31%		89,37%			
Mallows' Cp	17,43		9,00			
AICc	-3820,65		-3829,07			
BIC	-3772,03		-3775,06			

α to enter = 0,01; α to remove = 0,01

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-3,3054	0,0820	(-3,4662; -3,1445)	-40,31	0,000	
μ 1	-0,8006	0,0616	(-0,9214; -0,6798)	-13,00	0,000	4,04
μ 2	-0,2557	0,0792	(-0,4110; -0,1004)	-3,23	0,001	5,32
T	0,1059	0,0219	(0,0630; 0,1487)	4,84	0,000	6,99
V	0,36809	0,00749	(0,35340; 0,38279)	49,12	0,000	2,60
G	1,0936	0,0256	(1,0435; 1,1438)	42,77	0,000	2,13
N	-0,18285	0,00769	(-0,19793; -0,16776)	-23,77	0,000	1,35
L	-1,7072	0,0237	(-1,7536; -1,6608)	-72,14	0,000	6,79
W	0,9284	0,0381	(0,8538; 1,0031)	24,40	0,000	6,31

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0761066	89,42%	89,37%	9,66916	89,30%	-3829,07	-3775,06

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	8	80,8442	89,42%	80,8442	10,1055	1744,67	0,000
μ 1	1	8,5930	9,50%	0,9788	0,9788	168,98	0,000
μ 2	1	0,8296	0,92%	0,0604	0,0604	10,43	0,001
T	1	25,3410	28,03%	0,1359	0,1359	23,46	0,000
V	1	1,5137	1,67%	13,9748	13,9748	2412,69	0,000
G	1	0,7288	0,81%	10,5969	10,5969	1829,51	0,000
N	1	12,8985	14,27%	3,2739	3,2739	565,23	0,000
L	1	27,4922	30,41%	30,1453	30,1453	5204,46	0,000
W	1	3,4475	3,81%	3,4475	3,4475	595,19	0,000
Error	1651	9,5629	10,58%	9,5629	0,0058		
Lack-of-Fit	323	9,1346	10,10%	9,1346	0,0283	87,68	0,000
Pure Error	1328	0,4283	0,47%	0,4283	0,0003		
Total	1659	90,4072	100,00%				