T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HELEZON KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE OLUK BOŞLUĞUNUN VE EĞİMİN İLETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ

ONUR DEDEOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN
Dr. ÖĞRETİM ÜYESİ BERNA BOLAT

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HELEZON KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE OLUK BOŞLUĞUNUN ve EĞİMİN İLETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ

Onur DEDEOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 26.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı
Dr. Öğretim Üyesi Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Serpil KURT
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğretim Üyesi Muharrem BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Dökme malzeme taşımacılığında yaygın olarak kullanılan helezon konveyör sistemlerinin, bilim ve sanayi alanı ilerledikçe önemi gittikçe artmaya devam etmektedir. Bu sistemlerin iletim kapasitesi üzerinde etki eden oluk boşluğu ve eğim faktörü bu çalışmada incelenmiştir.

Yapılan bu çalışma ile ileride bu konu hakkında araştırma yapan kişi veya konveyör tasarımı gerçekleştiren kurumlarca faydalanılabilecek bir kaynak olmasını dilerim. Bu çalışma süresince değerli görüşleri ve tecrübesiyle tezin şekillenmesinde en büyük paya sahip değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Berna BOLAT'a, deneysel çalışmalarda yardımlarından dolayı Dr. Öğretim Üyesi Muharrem Erdem BOĞOÇLU'ya ve benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme teşekkürü borç bilirim.

Haziran, 2018

Onur DEDEOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi
KISALTMA LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ viii
ÇİZELGE LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiv
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2
BÖLÜM 2
HELEZON KONVEYÖRLER 3
2.1 Helezon Konveyörlerin Tarihçesi 3
2.2 Helezon Konveyörlerin Tanımlanması 4
2.3 Helezon Konveyörlerin Avantajları ve Dezavantajları 6
BÖLÜM 3
HELEZON KONVEYÖRLERDE HESAPLAMALAR 7
3.1 Helezon Konveyörlerde Taşıma Kapasitesi 7
3.2 Helezon Konveyör Deney Düzeneğimize Göre Taşıma Kapasitesi 9
3.2.1 Helezon Konveyör Deney Düzeneğinin Kurulması 9
3.2.2 Deney Düzeneğimizde Teorik İletim Kapasitesinin Hesaplanması 10
3.2.3 Konveyör Sisteminde Oluk Boşluğunun Formülizasyonda Yeri 12
BÖLÜM 4
HELEZON KONVEYÖR SİSTEMİMİZİN MODELLENMESİ 15
4.1 Helezon Konveyör Sisteminin Tasarlanması 15
4.2 Helezon Konveyör Sistemimizin Akış Analizinin Yapılması 21
4.2.1 EDEM nedir ve Kullanım Alanları 21

4.2.2 Tanecikli Malzeme Hareketinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellenmesi 23
4.2.2.1 Kurucu Kısım 23
4.2.2.2 Simülasyon Kısımı 30
4.2.2.3 Analiz Kısmı 31
4.2.3 EDEM Analizinde Farklı Malzemelerin Tanımlanması 31
4.2.4 EDEM Analizinde Farklı Oluk Boşlukların ve Eğimlerin Tanımlanması. 36
BÖLÜM 5
EDEM ANALİZ SONUÇLARI 37
5.1 Çakıl Taşı 37
5.2 Kum 44
BÖLÜM 6
SONUÇ VE ÖNERİLER 51
6.1 Çakıl Taşı 51
6.2 Kum 55
KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 61

SİMGE LİSTESİ

C	Oluk boşluğu, m
C_s	Helezonun yapısına bağlı iletim faktörü
D	Helezon çapı, m
D_i	Şaft çapı, m
F_t	Teğetsel kuvvet, N
F_n	Normal kuvvet, N
F_n^d	Sönümleme kuvveti, N
k	Konveyörün eğimine bağlı katsayı
L	Helezon boyu, m
S	Vida adımı, m
S_n	Rijitlik bileşkesi,
p	Malzemenin özkütlesi, kg/m^3
m	Eşdeğer kütle, kg
n	Dönme hızı, dev/dk
Q	Gerçek iletim kapasitesi, kg/s
Q_t	Kütlesel iletim kapasitesi, kg/s
$v_n^{\overrightarrow{ref}}$	Bağıl hızın normal bileşeni, m/s
n_v	Hacimsel verimlilik
t_s	Şaft kanadının kalınlığı, m
W	Helezonun açısal hızı, rev/s
α	Rijitlik bileşkesi,
β	Konveyör sisteminin yatay eksen ile yaptığı açı, derece
φ	Yükleme verimliliği,

KISALTMA LİSTESİ

CEMA	Conveyor Equipment Manufacturers Association
DEM	Discrete Element Method
IGES	Initial Graphic Exchange System
IYTE	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
STEP	Standard for the Exchange of Product Data
YTU	Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Arşimet'in konveyör tasarımı 3
Şekil 2.2 Tekstil sektöründe kullanılan konveyör 4
Şekil 2.3 YTU konstrüksiyon laboratuvarında ki helezon konveyör sistemi 5
Şekil 3.1 Laboratuvarımızda kullanılan sistemimizin yandan görünüşü 10
Şekil 3.2 Hacimsel verimliliğin akış değeri üzerinde ki etkisi 13
Şekil 4.1 Helezon oluğu ve besleme kovası izometrik görünüş 16
Şekil 4.2 Helezon oluğu ve besleme kovası teknik çizimi 16
Şekil 4.3 Helezon izometrik görünüş 17
Şekil 4.4 Helezon teknik çizimi 17
Şekil 4.5 Durdurucu izometrik görünümü 18
Şekil 4.6 Durdurucu teknik çizimi 19
Şekil 4.7 Kapak izometrik görünümü 19
Şekil 4.8 Kapak teknik çizimi 20
Şekil 4.9 Helezon konveyör sisteminin montaj görünümü 20
Şekil 4.10 Edem programında konveyör analizinden kesit 21
Şekil 4.11 Mikro ölçekli mekanik davranışların incelenmesi 22
Şekil 4.12 DEM simülasyonları için sürtünme katsayılarının incelenmesi 22
Şekil 4.13 Ahşap yonga besleme sistemi 23
Şekil 4.14 Analiz programına aktarılmış tasarım 24
Şekil 4.15 Hertz-Mindlin methodu 24
Şekil 4.16 Analiz programına parçacığın tanımlanması 26
Şekil 4.17 Analiz programında helezon dönme yönünün gösterimi 27
Şekil 4.18 Analiz programında helezon dönme hızının girilmesi 27
Şekil 4.19 Tasarımda fabrika kısmının gösterimi 28
Şekil 4.20 Kum için analizde üretilecek veri 29
Şekil 4.21 Çakıl taşı için analizde üretilecek veri 29
Şekil 4.22 Simülasyon verilerin girilmesi 30

Şekil 4.23 Helezon konveyör sisteminde kütle akış sensorlerinin gösterimi 31
Şekil 4.24 Çalışılan çakıl taşı ve kum malzemeleri 31
Şekil 4.25 Analizde kum malzemesinin görünümü 32
Şekil 4.26 Analizde kum malzemesi için girilen çap ve kütle değerleri..... 32
Şekil 4.27 Kum için parça-parça temas katsayılarının girilmesi 33
Şekil 4.28 Kum için parça-yüzey temas katsayılarının girilmesi 33
Şekil 4.29 Analizde çakıl taşı malzemesinin görünümü..... 34
Şekil 4.30 Analizde çakıl taşı malzemesi için girilen çap ve kütle değerleri 34
Şek 4.31 Çakıl taşı için parça-parça temas katsayılarının girilmesi 35
Şekil 4.32 Çakıl taşı için parça-parça temas katsayılarının girilmesi 35
Şekil 4.33 Oluk boşluğu 30 mm olan 45 derece eğime sahip tasarım 36
Şekil 5.1 Çakıl taşı Simülasyonlarının doğrulunun ispatlanması 37
Şekil 5.2 Oluk boş. 1 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi 38
Şekil 5.3 Oluk boş. 25 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi 39
Şekil 5.4 Oluk boş. 30 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi 39
Şekil 5.5 Eğim 0 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi..... 40
Şekil 5.6 Eğim 15 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi..... 40
Şekil 5.7 Eğim 30 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi..... 41
Şekil 5.8 Eğim 45 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi..... 41
Şekil 5.9 Teorik eğim faktörü 42
Şekil 5.10 Deney eğim faktörü 43
Şekil 5.11 Oluk boşluğu 3 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi 45
Şekil 5.12 Oluk boşluğu 9 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi 45
Şekil 5.13 Oluk boşluğu 18 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi ... 46
Şekil 5.14 Oluk boşluğu 25 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi ... 46
Şekil 5.15 Eğim 0 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi... 47
Şekil 5.16 Eğim 15 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi. 47
Şekil 5.17 Eğim 30 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi. 48
Şekil 5.18 Eğim 45 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi. 48
Şekil 5.19 Teorik eğim faktörü 49
Şekil 5.20 Deney eğim faktörü 50
Şekil 6.1 Yatay konumda ki sistemin doluluk görünümü..... 52
Şekil 6.2 15 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü..... 52
Şekil 6.3 30 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü..... 53
Şekil 6.4 45 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü..... 53

Şekil 6.5 Oluk boşluğu 18 mm eğim 45 derece olan tasarım 56
Şekil 6.6 Oluk boşluğu 25 mm eğim açısı 45 derece olan tasarım 56
Şekil 6.7 Oluk boşluğu 18 mm eğim 30 derece olan tasarım 57

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 İletim faktörleri 8
Çizelge 3.2 Malzeme özelliklerine göre yükleme verimi 8
Çizelge 3.3 Eğim açısına göre alınan katsayılar 8
Çizelge 3.4 Standart helezonlar için helezon hapı, hatve ve maksimum dönme hızları ... 9
Çizelge 3.5 Deney sonucu elde edilen veriler 10
Çizelge 3.6 Helezon Özellikleri 11
Çizelge 3.7 Helezon eğim açısına bağlı eğim faktörü 11
Çizelge 3.8 Diğer eğimlerde hesaplanan iletim kapasiteleri 12
Çizelge 3.9 Diğer eğimlerde hesaplanan iletim kapasiteleri 12
Çizelge 3.10 Hacimsel verimlilik sonuçları 14
Çizelge 4.1 Oluk boşluğuna göre oluşturulmuş diş dış çapları 18
Çizelge 4.2 Malzemeler içen analiz yapılan oluk boşluk ve eğim değerleri 36
Çizelge 6.1 Çakıl taşı analizinde ki 30 saniyede ki ortalama malzeme kayıpları 54
Çizelge 6.2 Kum analizinde ki 20 saniyede ki ortalama malzeme kayıpları 58

ÖZET

HELEZON KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE OLUK BOŞLUĞUNUN ve EĞİMİN İLETİM KAPASİTESİNE ETKİSİ

Onur DEDEOĞLU

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Berna BOLAT

Helezon konveyör sistemleri 2200 yıl önce ilk defa Arşimet tarafından tasarlanmış, günümüze kadar çeşitli endüstri alanlarında kullanılmaya devam eden bir malzeme aktarım mekanizması olmuştur. Özellikle yığın malzemelerin aktarılmasında önemli bir yere sahip olan bu sistemler, popüler dünyada teknolojinin ve bilimin gelişmesiyle ayrı bir boyut kazanmış, bünyesinde bulundurduğu teorik hesap ve formülizasyonların modelleme programlarıyla modellenmesine geçilmiştir.

Günümüzde konveyör sistemlerini kullanan üretici firmalar bu yazılım programları sayesinde taşıyacağı malzemeyi kullanmakta olduğu sistemde önceden modelleme imkanı bularak malzeme hakkında gerekli öngörü bilgilerine sahip olmaktadır. Bu durum, teorikte hesaplanmış olan mekanizmaların pratikte deneme yanılma yöntemi olarak uygulanmadan önce, bilgisayar ortamında gerekli optimizasyonların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Sistem ve malzeme çeşitliliği göz önüne alındığında bu modelleme programlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerde iletim kapasitesinin ilgili teorik hesap ve formülizasyonlar da görüldüğü üzere, helezon sisteminin tasarımı ve hızının önemi olduğu kadar oluk boşluğunun ve eğim faktörünün de sistem üzerinde etkisi mevcuttur.

Yapılan bu çalışmada bu oluk boşluğun ve eğimin etkisi, iki farklı boyuttaki malzemenin üzerinde hem deneysel olarak hem de bilgisayar ortamında modellenmesiyle incelenmiştir. Bu konuda yayınlanmış olan makaleler de incelenmiş olup yapılan analiz sonuçları yorumlanmıştır.

İlgili sistemin deneyi YTU Konstrüksiyon Laboratuvarında yapılmış olup modellenmesinde Solidworks programı kullanılmıştır. İlgili analizler de sonlu elemanlar yöntemini kullanmakta olan EDEM akış analiz programında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Helezon Konveyör Sistemi, Oluk Boşluk, Eğim Faktörü,

ABSTRACT

THE EFFECT OF RADIAL CLEARANCE AND SLOPE ON THE TRANSMISSION CAPACITY AT THE SCREW CONVEYOR SYSTEMS

Onur DEDEOĞLU

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Berna BOLAT

Screw conveyor systems, designed by Archimedes for the first time 2200 years ago, have been used for the material handling of bulk material in various industrial areas. These systems, which has a significant place in these areas, have come into prominence with the development of technology and science in the popular world. By the help of including the theoretical calculations and formulations, software programs have been come into use at these systems.

Nowadays, manufacturing companies that use conveyor systems have the necessary forecasting information about the material by having possibility to pre-model in the system where they are using the material to be conveyed by using these software programs. Thus, the theoretically calculated mechanisms can be allowed in order to make the necessary optimization in the computer environment before applied as a trial and error method in the practice. Especially taken into consideration the variety of systems and materials, the prominence of these software programs arises.

In these systems, as the theoretical calculations and formulations of the transmission capacity, there is also an effect on the system of the gutter gap (radial gap) as well as the angle of screw system. In this study, the effect of this radial gap and the angle of the system were evaluated by using two different type of materials which were at experimental method and also computerized. The articles published in this area have been reviewed and the results of the analysis have been interpreted by using the discrete

Element Method (DEM). The DEM Modelling gives predictions of the screw conveyor performance in terms of mass flow rate at the different radial gaps and angle of systems.

Keywords: Screw Conveyor System, Radial Gap, Angle of System

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Konveyörler çeşitli yük ve malzemeyi iki bölge arasında tek yönlü hareketle sürekli veya kesikli olarak taşıyan sabit veya portatif taşıma araçlarındandır. Verimliliği yüksek olmakla beraber farklı malzeme türlerinin taşınmasına olanak sağlamaktadır [1]. Özellikle bu farklı malzeme türlerinde önemli rol oynayan helezon konveyör sistemlerinde hem bilimsel alanda hem de endüstri alanında birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar gerek helezon konveyörün taşıma kapasitesini arttırmak için gerekse sistemin içindeki malzemenin zarar görmeden ilerlemesini sağlamak için yapılmaktadır [2].

Günümüzde yapılan bu çalışmalar da kapalı konveyör sistemlerinde iletim kapasitesinin başta taşıma eğim açısı olmak üzere sistemin motor gücüne, sistemin oluk boşluğuna, sistem içerisinde malzemenin oluşturduğu girdap (vorteks) hareketlerine ve malzemenin sistemdeki doluluk oranına göre etkisinin olduğunu göstermektedir [3]. Özellikle A.W.Roberts yayınlandığı makalesinde kapalı helezon konveyör sistemlerinde vorteks hareketlerin volumetrik performans üzerine etkisini incelemiş olup, bu hareketlere sebebiyet veren sistemdeki oluk boşluğun önemini vurgulamıştır. Bu boşluğun sistemde parçacık boyutuna göre en az 1,5 kat daha büyük olması gerektiğini, bu durumun parçacıkların sıkışmasını önleyeceğini böylece parçacıklar arasında ezilme ve enerji kayıplarının engelleneceğini belirtmiştir. Konveyör sistemlerinde eğimi fazla açılarda ise yine enerji kaybı ve kaymadan dolayı malzeme akışının verim kaybını önlemek için oluk boşluğun maksimum parçacık boyutunun en fazla 3 katı olması gerektiğini vurgulamıştır [4]. Ayrıca P.J.Owen ve P.W.Clearly ayrık elemanlar yöntemi (DEM) kullanarak helezon konveyör sistemlerinin performanslarını incelemiş farklı şartlara sahip sistemler de parça hızlarını, malzeme akış oranlarını, enerji ve güç kayıplarını

analiz etmişler özellikle sistem üzerinde eğim derecesi arttıkça çıkış debisinin düzgün olarak azaldığını vurgulamışlardır [5]. Bilimsel yayınların dışında endüstri alanında da çeşitli çalışmalar devam etmekte olup özellikle eğim faktörü üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. CEMA standartlarının eğim faktörü üzerine yapmış olduğu kapasite çalışmasından standart eğimli sistemlerde eğim açısı arttırıldığı zaman konveyör kapasitesinin azaldığı gözlemlenmiş, özellikle 25 derecede bu kapasitenin iyice düştüğü 15 derece ve üzerinin tavsiye edilmediği gözlemlenmiş. Yine aynı çalışmada özellikle kısa hatvelerin kullanılıp, oluk boşluğun azaltılarak motor gücünün arttırılması ile kapasitenin arttırılacağı vurgulanmıştır [6].

1.2 Tezin Amacı

Çalışmamız helezon konveyörler üstüne yapılmış olup, laboratuvarımızda bulunan helezon konveyör sistemimizde yapılan deney sonuçlarından iletim kapasitesine ait veriler elde edilmiştir. Bu veriler sayesinde deneyimizde kullanılan konveyör sistemimiz için optimize bir giriş akış debisi elde edilmiş olup ayrık elemanlar yöntemini kullanabildiğimiz analiz programımızda bu veriler tanımlanmıştır. Konveyör sistemimizin tasarımı birebir yine bu programda tanımlanmış olup iki farklı malzeme için farklı eğim açılarında iletim kapasiteleri incelenmiştir. Yine aynı eğim açılarında ayrıca konveyör sistemimizde farklı oluk boşluklarına sahip tasarımlar yapılarak sistemlerin çıkış debileri kontrol edilmiş, iletim kapasitelerinde ki farklılıklara ve kayıplara bakılarak sistem üzerinde oluk boşluklarının ve eğim faktörlerinin direk etkileri incelenmiştir.

1.3 Hipotez

Ayrık elemanlar yönteminde Hertz-Mindlin Metoduna göre yapılan analiz çalışmalarının sonuçlarına göre helezon konveyör sistemleri üzerinde oluk boşluğunun ve eğim faktörünün etkileri azımsanamayacak kadar önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır.

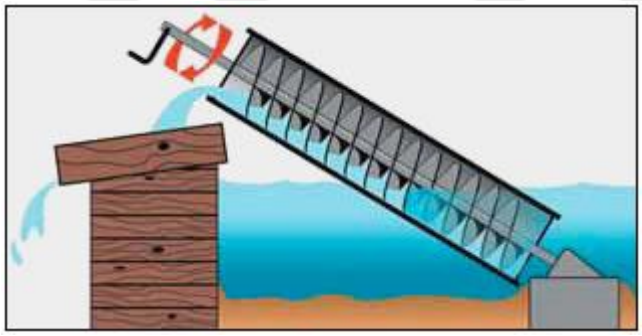
Analizler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmış olup grafikler ve tablolar üzerinden gösterilmiştir. Akış sürelerine ve sistemin çıkış debilerine bu faktörlerin doğrudan etkilediği oluşturulan bu grafik ve tablolar aracılığıyla gözlemlenmiş olup çeşitli alanlarda kullanılan bu sistemlerin tasarımları belirlenirken bu iki faktörün göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir.

BÖLÜM 2

HELEZON KONVEYÖRLER

2.1 Helezon Konveyörlerin Tarihçesi

Genellikle günümüzde konveyör sistemleri ilk olarak eski çağlarda yaşayan insanların bir taşı yerinden oynatmak için taşın altına koymuş olduğu ağaç kütüğü olarak bilinmektedir. Esasen konveyör sisteminin tasarlanması Arşimet tarafından (M.Ö. 287-M.Ö. 212) gerçekleştirilmiştir. Yunan kralı isteği üzerine bir geminin ambarındaki suyu boşaltmak için tasarlanmıştır. Bu tasarımın başarıya ulaşması ile konveyör sistemi çiftçilik için nehirden tarlalara su taşımak için kullanılmaya başlanmıştır [7].



Şekil 2.1 Arşimet'in konveyör tasarımı

Şekil 2.1'de anlaşılacağı üzere Arşimet'in tasarımı iç helisel vidalı olup sistemin bir ucu nehir içinde diğer ucu ise tarlalara aktarımı sağlayacak şekilde ayarlanmıştı.

Ayrıca Arşimet'in 2 çeşit helezon konveyör sisteminin tasarımcısı olduğu düşünülür. Bu tasarımlardan ilkinin merkezi bir şaft etrafında helis haline getirilmiş bir tüp, diğeri de günümüzdeki helezon konveyörlerin atası olan sabit bir tüpün içinde dönen helistir. Yalnız daha sonra insanoğlunun küçük koloniler kurarak yaşaması sebebiyle toplu üretime ihtiyaç duyulmamıştır. Bu sebepten ötürü Arşimet'in sistemi fazla kullanılmamıştır [8].

Arşimet'in tasarımdan yaklaşık 1900 yıl sonra Amerikan nüfusunun tahıl ihtiyacı sebebiyle bir makineye ihtiyaç duyulmuştur. Tahıl hasılatlarının taşınabileceği bu sistemde Arşimet'in tasarımı akıllara gelinmiş olup tekrardan bu sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu sistemler yel değirmenlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu tasarımlarda ilk tahta yataklar kullanılmış olup daha sonra tahtanın yerine demir kullanılmaya başlanmıştır [8].

Daha sonra tahıl, kömür ve diğer dökme malzemelerin taşınma ihtiyaçlarının artması ile bu sistemlerin popülerliği artmış olup konveyör sistemlerinin tasarımı, sistemde kullanılan malzemelerin seçimi ve konstrüksiyonu önemli bir rol kazanmıştır.

Helezon konveyör sistemleri günümüzde çeşitli alanlarda yatay, dikey ve eğimli taşıma yapabilmektedir. Bu sistemler bilinen en eski konveyör çeşidi olmasına rağmen hala en kullanışlı mekanik aktarma taşıma sistemleridir.

2.2 Helezon Konveyörlerin Tanımlanması

Helezon konveyörler dökme malzemelerin naklini sağlayan, malzemeleri döner vida şeklinde helezon sayesinde yatay, eğik veya düşey olarak ileterek taşıyan sistemlerdir. Bu sistemler taşımada kullanıldığı gibi eleme, yıkama, karıştırma, soğutma, ısıtmak, sıkıştırma ve karıştırma elemanı olarak da kullanılmaktadır [9]. Günümüzde bu sistemler o kadar yaygındır ki basit bir örnek verilmek istenirse, aşağıda ki resimde görmekte olduğunuz helezon konveyör sistemi tekstil ürünlerinden biri olan taşlanmış kotların taşlanma kısmında bile kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Tekstil sektöründe kullanılan konveyör

Helezon konveyörlerde genellikle bir tekne içinde dönen mil ile bu mili hareket ettiren bir çalışma tertibatından meydana gelmektedir. Sistemde ki mil tahrik sisteminin yardımıyla döndükçe malzeme, helisin (kanatların) etkisiyle eksenel kuvvet ile itilir. Öteleme hareketi yapan malzeme boşaltma noktalarından boşaltılır [10].

Taşınacak malzeme helezon konveyöre bir veya birden fazla besleme oluğundan doldurulur. Bu malzeme diğer adıyla taşınan yük kendi kütle ağırlığı ve tekne duvarları ile arasında ki sürtünme sayesinde vida ile birlikte dönmez. Bu durumda biraz önce bahsettiğimiz öteleme hareketi yapmasına sebebiyet verir. Teknenin öbür ucuna veya altına açılmış kapaklı boşaltma delikleri sayesinde malzeme istenilen yere taşınmış olur [11].

Helezon konveyörlerde malzeme taşıma süreci genellikle yatay ve eğimli durumda gerçekleştirilir. Bazı helezon konveyörlerin eğimleri istenildiği gibi ayarlanabildiği gibi bazı sistemlerde sabit hareket yapmaktadır. Özellikle inşaatlarda düşey konveyör sistemleri olabildiği gibi fabrikalarda çalıştırılan sistemlerde düşey konveyörün aksine yatay çalıştırılmaktadır.



Şekil 2.3 YTU konstrüksiyon laboratuvarında ki helezon konveyör sistemi

Şekilde görülen helezon konveyör tezimizin deney kısmında kullanılan sistemdir. Yatay çalıştırılabildiği gibi 15^{o}, 30^{o}, ve 45^{o} açılarda da deneyler yapılarak veriler elde edilmiştir.

2.3 Helezon Konveyörlerin Avantajları ve Dezavantajları

Helezon konveyör sistemlerinin çalışma prensibi basit, üretilebilirliği maliyetsiz ve kolay olmasından dolayı günümüzde yaygın kullanılmaktadır. Yalnız tabi ki bu sisteminde bazı avantajları ve dezavantajları da bulunmaktadır. Sırasıyla belirtmek gerekirse;

Avantajları:

- Diğer konveyör sistemler düşünüldüğünde düşük maliyetlidirler.
- Kompakt tasarımı sayesinde malzemeleri yatay, dikey ve eğimli olarak kolayca taşıyabilirler.
- Diğer komplike konveyörlere göre daha az bakım ihtiyacı duyarlar.
- Sistemin bünyesinde ihtiyaca göre birden çok giriş ve çıkış bulundurabilirler.
- İhtiyaca göre kanat ve tekne ölçüleri kolaylıkla değiştirilebilirler.
- Helezon konveyörler diğer konveyör sistemleri düşünüldüğünde çok az yer kaplar.
- Bazı sistemlerde besleyici(kaynak) olarak da görev alabilirler [10].

Dezavantajları:

- Taşıyabildiği malzeme çeşidi kısıtlıdır. Özellikle kırılgan malzemeler bu sistemlerde taşınamaz. Topak, lifli ve yapışkan özellikli malzemelerin taşınması ise sistemde problemlere sebebiyet vermektedirler.
- Tork ihtiyaçları özellikle büyük parça iletiminde fazladır.
- Taşıma verimliliği eğimli açılarda azalmaktadır.
- Aşırı yüklenme durumunda konveyör sisteminin mili zorlanarak dönmesi zorlaşır. Bu durumda iletim kapasitesini olumsuz yönde etkiler [10].

BÖLÜM 3

HELEZON KONVEYÖRLERDE HESAPLAMALAR

3.1 Helezon Konveyörlerde Taşıma Kapasitesi

Helezon konveyörler de taşıma kapasiteleri konveyörün helezon çapına (D), vida adımına (S), dönme hızına (n) ve helezonun düşey kesit alanının yükleme verimliliğine (φ) bağlıdır. Bu değişkenlerden herhangi birini değiştirmek konveyörün saatte ileteceği malzeme miktarını (debi) etkilemektedir.

Helezon konveyörlerde kütlesel iletim kapasitesi;

$$Q_t = \frac{\pi*(D^2-D_i^2)}{4} * (C_s * S * n * \varphi * k * p)/60 \text{ [kg/s]} \quad (3.1)$$

Burada;

Q_t: Kütlesel iletim kapasitesi, kg/s

D: Helezon çapı, m

D_i: Şaft çapı, m

C_s: Helezonun yapısına bağlı iletim faktörü

S: Helezon hatvesi(vida adımı), m

n: Helezon dönme hızı, dev/dk

φ: Doldurma faktörü(Yükleme verimi)

k: Konveyörün eğimine bağlı katsayı

β: Helezon ileticinin eğim açısı, derece

p: Malzemenin özkütlesi, kg/m^3

Genellikle konveyör tasarımlarında S vida adımı D helezon çapına eşit olarak alınır. Ayrıca konveyör de taşınan malzeme yavaş akışlı veya aşındırıcı malzeme ise vida adımı 0,8D olarak alınır [12].

Helezonun iletim yapısına göre alınan faktör değeri ise çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 İletim faktörleri [10]

Helezon Tipi	**Cs**
Tam Helezon	0.9-1
Bant Helezon	0.7-0.9
Kanatlı Helezon	0.4-0.7

Yükleme verimi (φ) sistemlerde, aşındırıcı olmayan ve serbest biçimde akabilen malzemeler için yüksek, aşındırıcı ve yavaş biçimde akabilen malzemeler için ise düşük değerler alınır. Genellikle ara yataklar çevresinde meydana gelebilecek dar boğaz tehlikesini engellemek için yükleme verimi düşük değerlerde alınır. Çizelge 3.2'de yükleme verimi için bazı değerler verilmiştir.

Çizelge 3.2 Malzeme özelliklerine göre yükleme verimi [12]

Malzeme özellikleri	φ
Yavaş akışlı, aşındırıcı malzemeler	0.125
Yavaş akışlı, orta derecede aşındırıcı malzemeler	0.25
Serbest akışlı, orta derecede aşındırıcı malzemeler	0.32
Serbest akışlı, aşındırıcı olmayan malzemeler	0.4

Eğimli çalışan helezon konveyörler de ise yükleme verimi doğal olarak daha düşüktür. Bu gibi durumlarda yukarıda ki denklemde de anlaşılabileceği gibi yükleme verimi k katsayısı ile çarpılır. Bu k değeri konveyör sisteminin yatayla yaptığı β açısına göre değişkenlik gösterir. Aşağıda ki Çizelge 3.3'de k değerinin β açısına göre aldığı bazı değerler verilmiştir.

Çizelge 3.3 Eğim açısına göre alınan katsayılar [12]

β	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0
k	1	0.9	0.8	0.7	0.65

Helezonun dönme hızı ise helezonun çapına, taşınmak istenen kapasiteye ve malzeme türüne göre değişir.

Konveyör sistemlerinde yüksek dolum oranlarına çıkabilmek için az aşındırıcı ve akıcılığı yüksek malzemeler seçmek gerekir. Çizelge 3.4'de DIN 15261 standardına göre helezon çaplarına ve hatvesine göre belirlenmiş dönme hızlarını belirtmektedir [13]. Bu değerler direk en yüksek dönme hızlarına sahip hafif ve aşındırıcı olmayan malzemelere uygulanabilir. Bu malzemelere örnek verilmek istenirse tarım malzemeleri olan takıl ve çekirdekler için olabilir. Aşındırıcı olmayan ama biraz daha ağır olan tuz gibi malzemelere için bu değerler %30 azaltılmalı ve aşındırıcı olan malzemeler için yaklaşık %50 ye kadar bir azaltma yapılmalıdır [12].

Çizelge 3.4 Standart helezonlar için helezon çapı, hatve ve maksimum dönme hızları

Helezon Çapı (D) (mm)	**Helezon Hatvesi (s)** (mm)	**Maks. Helezon Hızı (n)** (dev/dak)
100	100	240
125	125	192
160	160	148
200	200	120
250	250	96
315	315	80
400	400	68
500	400	60
630	450	52
800	500	48
1000	560	40
1250	630	34

3.2 Helezon Konveyör Deney Düzeneğimize Göre Taşıma Kapasitesi

3.2.1 Helezon Konveyör Deney Düzeneğinin Kurulması

Helezon konveyör sistemimizin taşıma kapasitesi ile ilgili deneyimiz Yıldız Teknik Üniversitesi Konstrüksiyon Anabilim Dalı'na ait laboratuvarlarında daha önce hayırsever özel bir firma tarafından bağışlanmış olan konveyör sisteminde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Laboratuvarımızda kullanılan sistemimizin yandan görünüşü

Çizelge 3.5 Deney sonucu elde edilen veriler

DENEY 1					**DENEY 2**				
Eğim	Malzeme	Kütle	Taşıma Süresi	Ölçülen İletim Kapasitesi	Eğim	Malzeme	Kütle	Taşıma Süresi	Ölçülen İletim Kapasitesi
0^0	Kum	53 Kg	103 sn	0,51 $kg.s^{-1}$	0^0	Çakıl	56,6 Kg	87 sn	0,65 $kg.s^{-1}$
15^0	Kum	53 Kg	125 sn	0,42 $kg.s^{-1}$	15^0	Çakıl	56,6 Kg	98 sn	0,58 $kg.s^{-1}$
30^0	Kum	53 Kg	160 sn	0,33 $kg.s^{-1}$	30^0	Çakıl	56,6 Kg	107 sn	0,53 $kg.s^{-1}$
45^0	Kum	53 Kg	230 sn	0,23 $kg.s^{-1}$	45^0	Çakıl	56,6 Kg	114 sn	0,50 $kg.s^{-1}$

Deneyimiz iki farklı çap ölçülerine sahip olan çakıl taşı ve kum malzemeleri üzerinden yürütülmüştür. Sırasıyla malzemelerimiz farklı açılarda konveyör sistemimize yüklenerek veriler elde edilmiştir.

3.2.2 Deney Düzeneğimizde Teorik İletim Kapasitesinin Hesaplanması

Deney düzeneğimizde kullanılan konveyör sistemimizin helezon ile ilgili özellikleri Çizelge 3.6'de verilmiştir.

Çizelge 3.6 Helezon Özellikleri

Helezon Boyu (L)	1,510 m
Helezon Çapı (D)	0,143 m
Vida adımı (S)	0,132 m
Şaft Çapı (D_i)	0,050 m
Helezon Hızı (n)	139 dev/dak

Bu helezon konveyörün teorik iletim kapasitesi daha öncede belirtildiği gibi aşağıda eşitlik (3.2)'de verilen denklem ile hesaplanmaktadır.

$$Q_t = \frac{\pi*(D^2-D_i^2)}{4} * (C_s * S * n * \varphi * k * p)/60 \quad (3.2)$$

Burada;

C_s: 0,9 alınmıştır(Çizelge 3.1'e göre)

ρ: 1600 kg/m^3(çakıl taşının özkütlesi), 1600 kg/m^3(kumun özkütlesi) [14]

φ: 0,25 (yükleme verimi-Taş), 0,125 (yükleme verimi-Kum) [12]

Not: Helezon eğim açısına bağlı eğim faktörü aşağıda ki çizelge 3.7'ye göre alınmıştır.

Çizelge 3.7 Helezon eğim açısına bağlı eğim faktörü [12]

β	0^0	5^0	10^0	15^0	20^0
k	1	0.9	0.8	0.7	0.65

- O^0 derece de kumun helezon konveyör tarafından taşınan teorik kütlesel iletim kapasitesi hesaplanmak istenirse;

$$Q_t = \frac{\pi*(0,143^2-0,05^2)}{4} * (0,9 * 0,132 * 139 * 0,125 * 1 * 1600)/60$$

$Q_t = 0,78$ kg.s^{-1}

Diğer eğimler için hesaplar;

Çizelge 3.8 Diğer eğimlerde hesaplanan iletim kapasiteleri

Derece	**İletim Kapasitesi, Q_t(kg.s^{-1})**
0	0.78
15	0.55
30	0.28
45	0.16

- Çakıl Taşı için hesaplanan teorik iletim kapasitesi;

Çizelge 3.9 Diğer eğimlerde hesaplanan iletim kapasiteleri

Derece	**İletim Kapasitesi, Q_t (kg.s^{-1})**
0	1.55
15	1.09
30	0.55
45	0.35

3.2.3 Konveyör Sisteminde Oluk Boşluğunun Formülizasyonda Yeri

Helezon konveyör sistemlerinde gerçek iletim kapasitesi aşağıdaki formülizasyona göre hesaplanmaktadır.

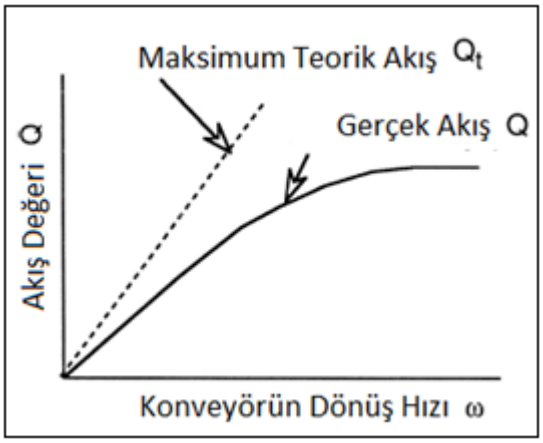
$$Q = Q_t * n_v (\mathrm{m^3/s}) \quad (3.3)$$

Burada;

Q_t: maksimum teorik malzeme akışı [kg/s]

n_v: hacimsel verimlilik [4]

Hacimsel verimlilik için A.W.Roberts'in makalesinde de eksenel olarak dönmeden hareket eden dökme malzeme verimliliği olarak geçmekte aslında eğim, malzeme özellikleri ve sistemin tasarımsal kaynaklı kayıplara bağlı bir oranı ifade etmektedir [2, 15].



Şekil 3.2 Hacimsel verimliliğin akış değeri üzerinde ki etkisi [4]

Şekil 3.2'de belirtildiği üzere hacimsel verimliliğin gerçek akış değeri üzerinde ki etkisini gösterilmiştir. Teorik olarak hesaplanan akış değeri pratikte akan malzeme kapasitesiyle aynı değildir.

Ek olarak hacimsel verimlilik L.Orefice'nin makalesinde de incelenmiş olup, doğrudan iletim kapasitesine etki ettiği bu çalışmada da hesaplanmıştır [16].

Aşağıdaki formülde teorik akış değeri için değerler yerine yazıldığında;

$$Q = \Gamma * W * D^3 * n_v \tag{3.4}$$

Burada;

$$\Gamma = \frac{1}{8} * \left[\left(1 + 2 * \frac{C}{D}\right)^2 - \left(\frac{D_i}{D}\right)^2\right] * \left[\frac{S}{D} * \frac{t_s}{D}\right] \tag{3.5}$$

D: Helezon çapı (m)

D_i: Şaft çapı (m)

S: Vida adımı (m)

W: Helezonun açısal hızı (rev/s)

C: oluk boşluğu (m)

t_s şaft kanadının kalınlığı(m) [4]

Oluk boşluğun iletim kapasitesinin formulizasyonunda yalnız bırakılmak istenirse;

$$C = \left[\sqrt{\frac{8*Q}{D^2*n_v*w*(p-t_s)} + (\frac{D_i}{D})^2} - 1\right] * \frac{D}{2} \tag{3.6}$$

(3.4) eşitliği yardımıyla oluk boşluğunun iletim kapasitesi üzerine etkisini ve (3.6) eşitliği ile direk katsayı hesabı yapılabilmektedir [4].

Eğim faktörü, malzeme özelliği ve tasarımsal kaynaklı kayıpların sistemin üzerine etkisi olmadan hesaplanan maksimum iletim kapasitesi (3.2) eşitliği yardımıyla;

$$Q_{tmax} = \frac{1}{8} * \left[\left(1 + 2 * \frac{0{,}001}{0{,}143}\right)^2 - \left(\frac{0{,}05}{0{,}143}\right)^2\right] * [\frac{0{,}132}{0{,}143} * \frac{0{,}005}{0{,}143}] * 2{,}32 * 0{,}143^3$$

Q_{tmax}: 0,68 kg/s

Gerçekleştirilen deneye göre elde edilen hacimsel verimlilik değerleri ise;

$$n_v = \frac{Q_{deney}}{Q_{tmax}} \quad (3.7)$$

Çizelge 3.10 Hacimsel verimlilik sonuçları

Eğim	**Kum**	**Çakıl Taşı**
0 derece	0.75	0.96
15 derece	0.62	0.86
30 derece	0.49	0.78
45 derece	0.34	0.74

BÖLÜM 4

HELEZON KONVEYÖR SİSTEMİMİZİN MODELLENMESİ

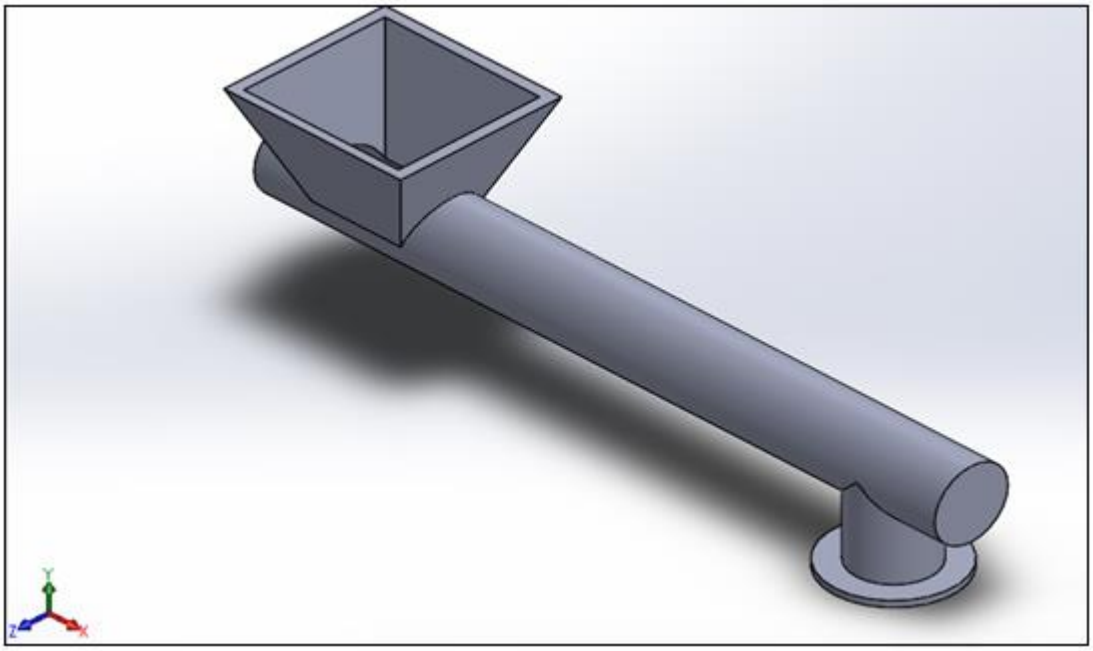
Yıldız Teknik Üniversitesi Konstrüksiyon Anabilimdalı'nın laboratuvarında konveyör sistemimizin tasarımının modellenmesinde Solidworks programı kullanılmış olup analiz çalışmalara EDEM analiz programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tasarım modellemesinde kullanılan tasarımın ölçüsel boyutları deneyde kullandığımız sistem ile birebir aynı çizilmiştir. EDEM analiz programında tanımlı Hertz-Mindlin temas modelinin kullanılmasıyla akış analizleri incelenmiştir.

4.1 Helezon Konveyör Sisteminin Tasarlanması

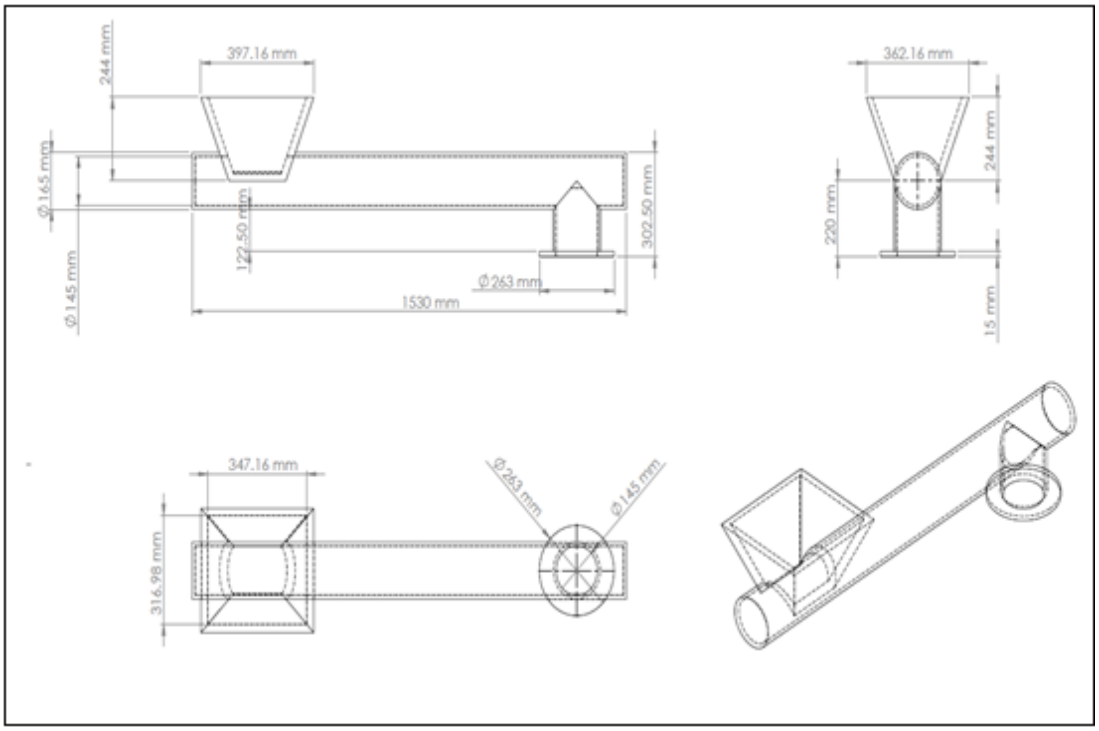
Laboratuvarımızda kullandığımız helezon konveyör sistemimiz Solidworks programında tasarlanmış olup tasarım 4 ana parça olarak çizilmiştir. Bu parçalarımız sırasıyla;

- Helezon oluğu ve besleme kovası;

Sistemimizin helezon oluğu ve besleme kovası beraber çizilmiş olup aşağıda ki resimlerde izometrik ve teknik çizimleri belirtilmiştir.



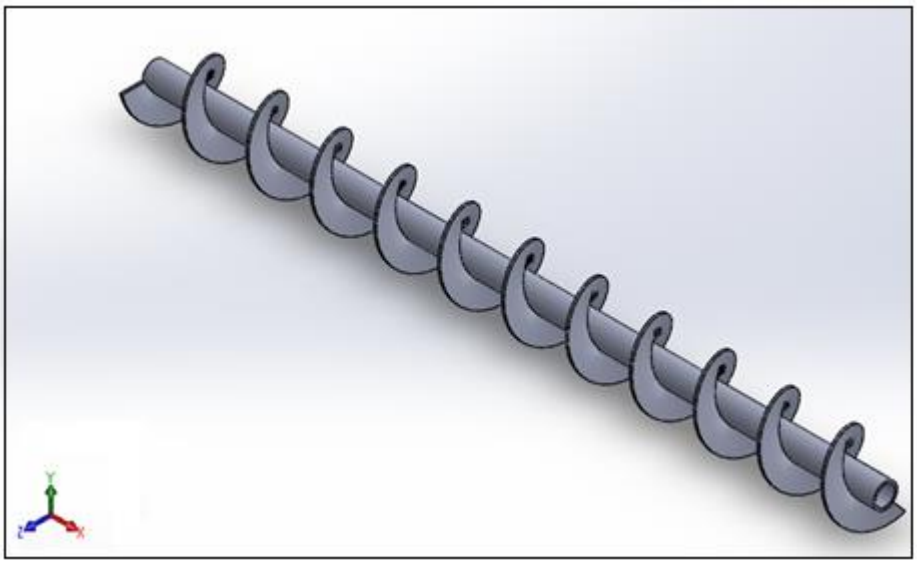
Şekil 4.2 Helezon oluğu ve besleme kovası izometrik görünüş



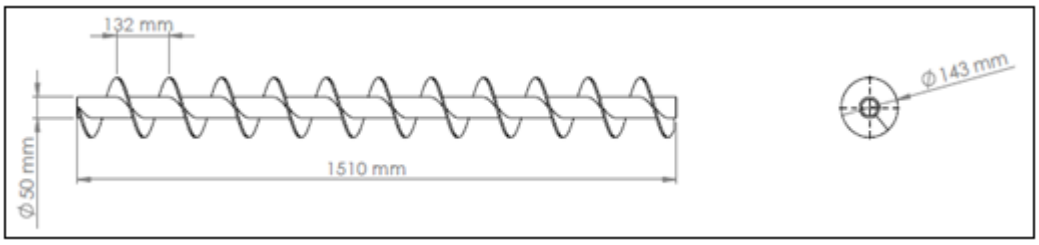
Sekil 4.1 Helezon oluğu ve besleme kovası teknik cizimi

- Helezon;

Sistemimizin helezonu, analizlerimizde oluk boşluğunun incelenmesi amacıyla bıçak üstü çapları farklı olacak şekilde farklı ölçülerde çizilmiştir. Tasarlanan çap ölçüleri aşağıdaki tabloda da gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Helezon izometrik görünüş



Şekil 4.4 Helezon teknik çizimi

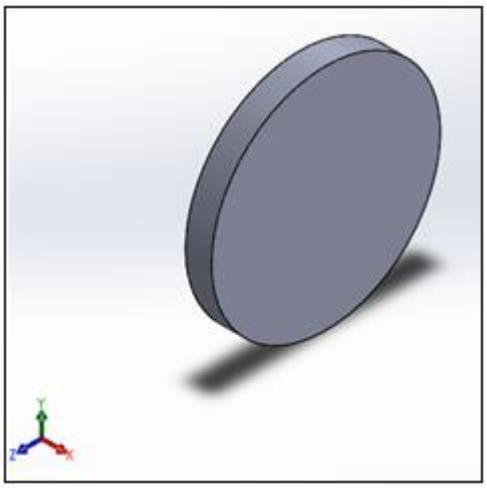
Çizelge 4.1 Oluk boşluğuna göre oluşturulmuş diş dış çapları

Oluk Boşluk (m)	**Helezon Çapı (m)**
0,001	Ø0,143
0,003	Ø0,139
0,009	Ø0,127
0,018	Ø0,109
0,025	Ø0,095
0,030	Ø0,085

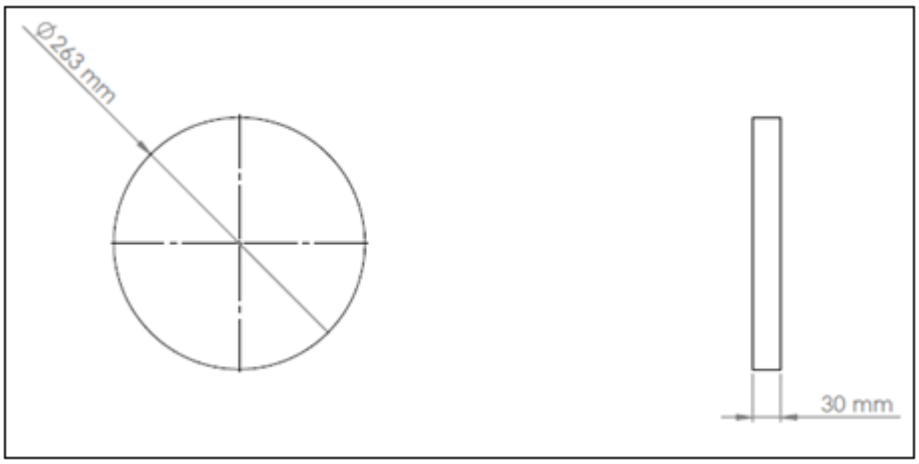
.

- Durdurucular;

Sistemimizin helezon oluğunun uç kısımlarında iki tane durdurucu tasarlanmıştır.



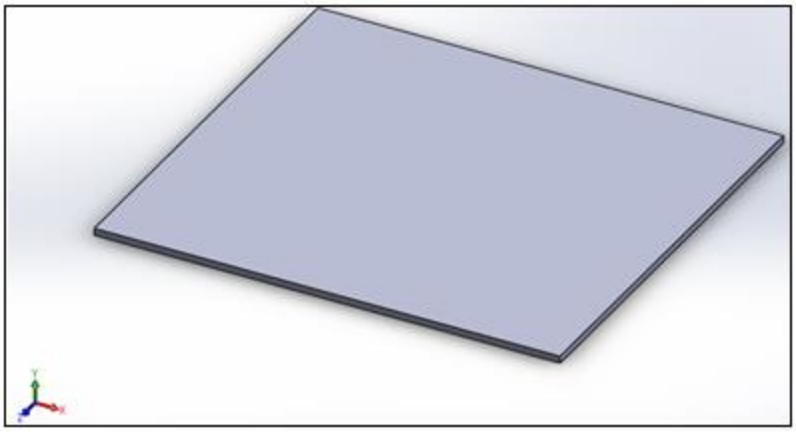
Şekil 4.5 Durdurucu izometrik görünümü



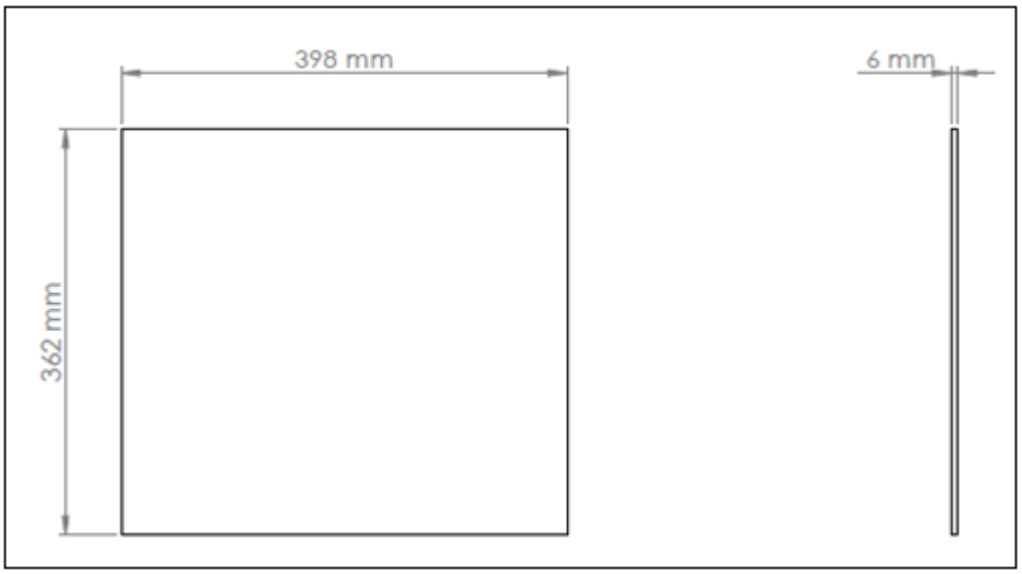
Şekil 4.6 Durdurucu teknik çizimi

- Kapak;

Sistemimizin kapak kısmı özellikle eğimli analizlerimizde malzememizin yığılma durumlarında dışarıya boşalmasını engellemek için tasarlanmıştır.

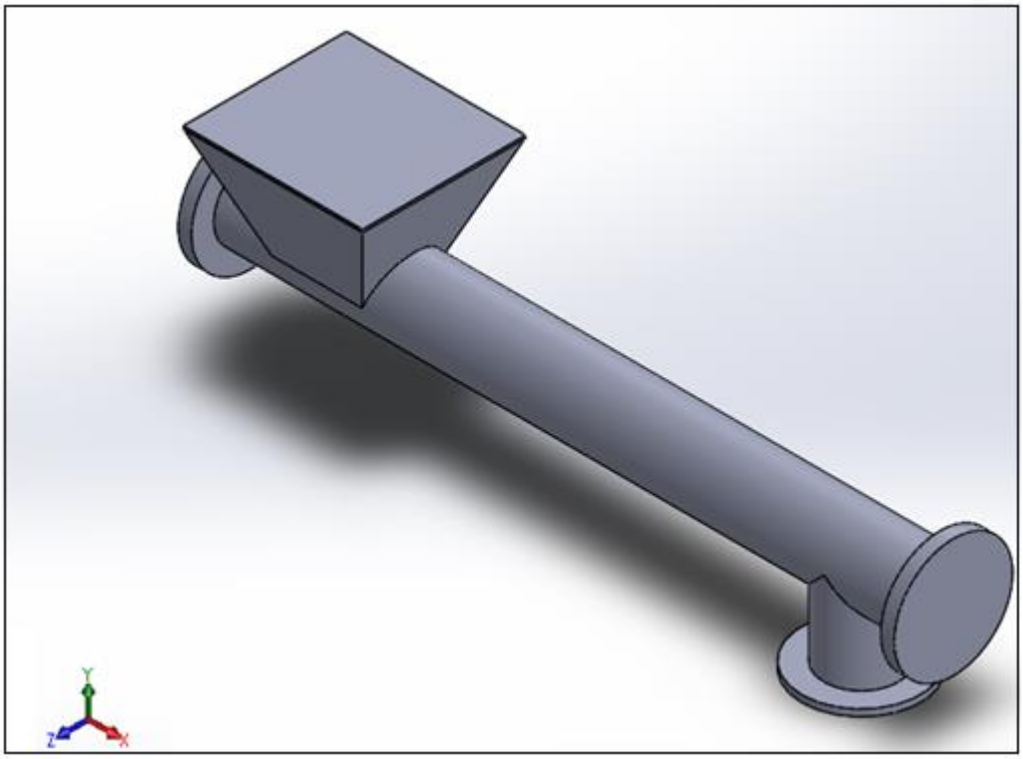


Şekil 4.7 Kapak izometrik görünümü



Şekil 4.8 Kapak teknik çizimi

Tasarlanan bu parçalarımız daha sonra montaj kısmında birleştirilerek analizlerin yapılması için EDEM analiz programına aktarılmıştır.



Şekil 4.9 Helezon konveyör sisteminin montaj görünümü

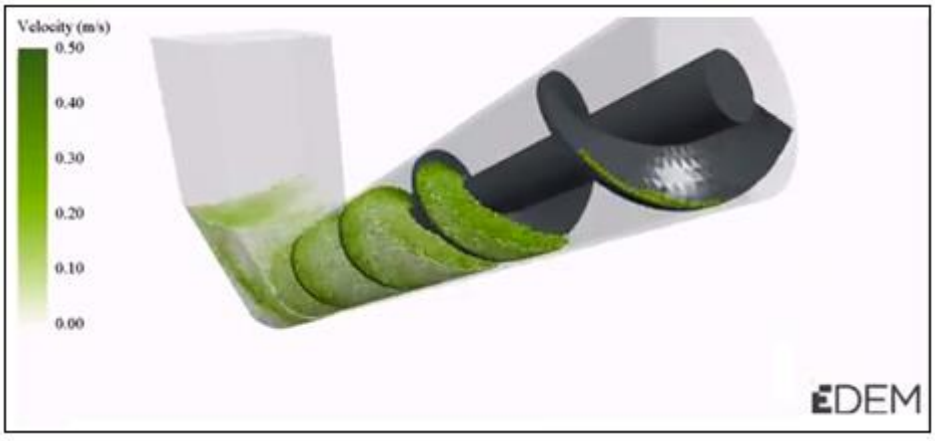
4.2 Helezon Konveyör Sistemimizin Akış Analizinin Yapılması

Akış analizlerimiz daha önce bahsettiğimiz üzere EDEM analiz programında gerçekleştirilmiştir. Solidworks programında farklı oluk boşluklarına göre tasarlanan konveyör sistemlerimiz IGES formatına çevrilerek EDEM programında tanımlaması yapılmıştır.

4.2.1 EDEM nedir ve Kullanım Alanları

EDEM analiz programı, çeşitli operasyon ve proses koşullarında dökme malzemelerin ekipmanlarıyla nasıl etkileşimde bulunacağı konusunda mühendislere önemli bilgiler verir. Bu program sayesinde kömür, maden cevherleri, kum, çakıl taşı, kimyasal tablet ve tozlar gibi dökme ve yığılma hareketine sahip malzemelerin taşıma sırasında davranışlarını analiz etmemizi olanak sağlamaktadır [17].

EDEM programı hem akademik alan da hem de endüstri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Akademik olarak günümüzde dünya çapında 200 üzerinde kurumda bin araştırmacı ve öğrencinin kullanmakta olduğu analiz programıdır. Parçacık sistemlerin taşıma sistemlerinde temel özellikleri hakkında detaylı bir veri verdiği için özellikle konveyör sistemlerinin akademik araştırmalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu durum tasarım iyileştirmelerine sebebiyet verdiği için doğal olarak endüstri alanında da dikkatleri üstüne çekmiştir. Özellikle ağır sanayi taşımacılığında, madencilikte ve imalat proseslerinde tercih sebebidir [18].

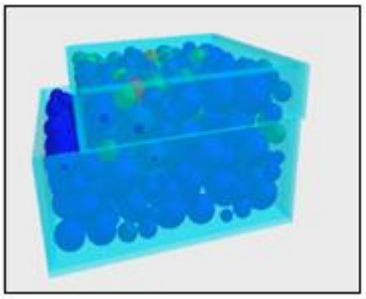


Şekil 4.10 Edem programında konveyör analizinden kesit [17]

EDEM analiz programı sayesinde bilimsel alandaki çalışmalar özellikle katı parçacıklar üzerinde ki araştırmalar devam etmektedir. Son zamanlarda bu program ile yapılmış olan çeşitli alanlarda ki çalışmalara örnek verilmek gerekirse;

- Ayrık yöntemler metodu ile basit kesme testlerinin yapılması;

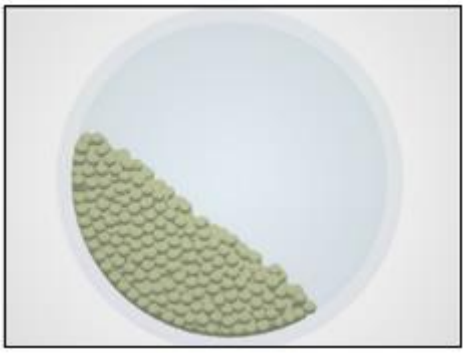
Bu çalışma, doğrulanmış ayrık eleman yöntemine dayalı olarak, doğrudan kesme deneylerindeki agrega (kum, çakıl) deformasyonu özelliklerini ve mikro ölçekli mekanik davranışları derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır [19].



Şekil 4.11 Mikro ölçekli mekanik davranışların incelenmesi [19]

- Deneysel katsayıcı kullanım deneylerinin ve DEM simulasyonunun ölçülmesi ve doğrulanması;

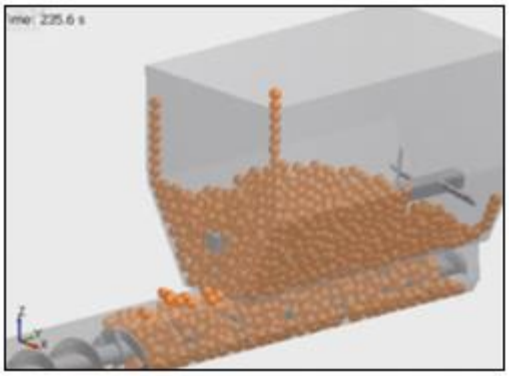
Bu araştırma projesinde, deneylerle elde edilen sürtünme katsayısının doğruluğunu onaylamak ve doğrulamak için DEM simülasyonları yapılmıştır [20].



Şekil 4.12 DEM simülasyonları için sürtünme katsayılarının incelenmesi [20]

- Biyoçip Besleme: Küçük ölçekli biokütle kazanları için geleceğin ahşap iplik besleme teknolojisi;

Bu araştırma projesinde küçük ölçekli ısıtma tesisleri için yeni bir ahşap yonga besleme sisteminin geliştirilmesinde EDEM kullanılmıştır [21].



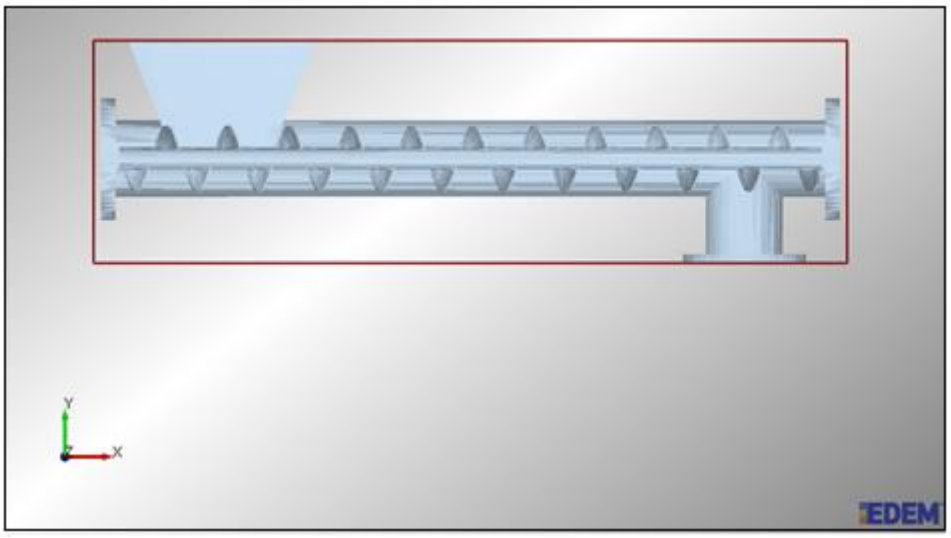
Şekil 4.13 Ahşap yonga besleme sistemi [21]

4.2.2 Tanecikli Malzeme Hareketinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellenmesi

EDEM programı 3 ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler sırasıyla kurucu kısım, simülasyon kısmı ve analiz kısmıdır.

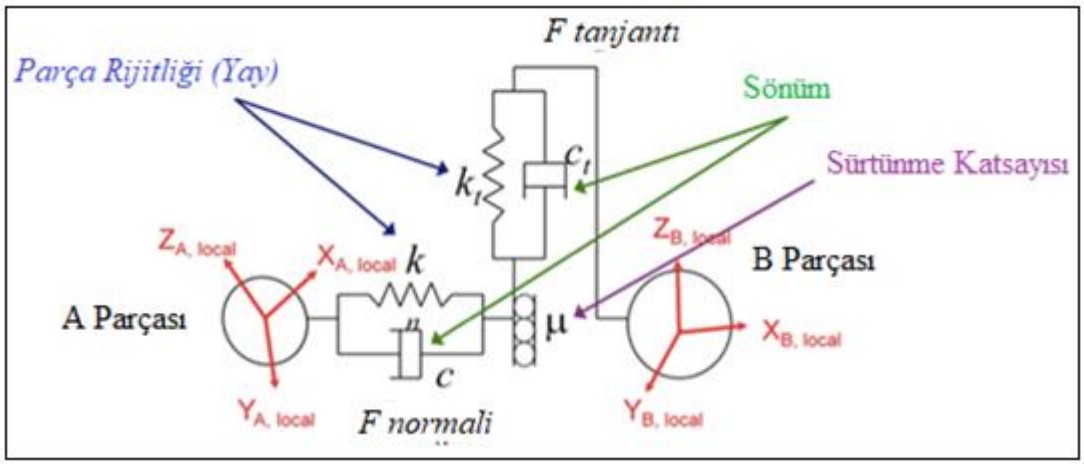
4.2.2.1 Kurucu Kısım

Kurucu kısımda analizin gerçekleştirilmesi için IGES,STEP veya benzeri formatlarda kaydedilmiş olan ilgili tasarım aktarılır. Bizim sistemimizde Solidworks de oluşturulan tasarımımız IGES formatında sistemimize aşağıda görüldüğü üzere aktarılmıştır.



Şekil 4.14 Analiz programına aktarılmış tasarım

Tasarım sisteme aktarıldıktan sonra analiz için sistemde tanımlı olan Hertz-Mindlin modeli seçildi. Bu modelde en önemli parametreler parçacık-parçacık ve parçacık-yüzey etkileşimlerinin modellenmesidir. Bu modelde aşağıdaki şemada görebileceğiniz üzere yüzeylere paralel olarak yay-damper sistemi teğetsel kuvvetin(F_t) ve seri olarak bağlanan yay-damper sistemi normal kuvvetin(F_n) parametreleri kullanılmaktadır. Şema da kızak sistemi olarak gösterilen Ms is statik sürtünme katsayısını belirtmektedir.



Şekil 4.15 Hertz-Mindlin metodu [22]

Hertz-Mindlin methodunda normal kuvvet hesabı için;

$$Fn = \frac{4}{3} * \gamma * \sqrt{R * \delta_n^{\frac{3}{2}}} \tag{4.1}$$

Burada;

γ: eşdeğer young modülü, Pa

R: eşdeğer çap değeri, m

δ_n: normal bindirme değeri [9]

Hertz-Mindlin methodunda sönümleme kuvvetinin normali içinde;

$$F_n^d = -2 * \sqrt{\frac{5}{6}} * \alpha\sqrt{S_n * m} * v_n^{\overrightarrow{ref}} \quad (4.2)$$

Burada;

m: eşdeğer kütle, kg

α: rijitlik bileşkesi,

S_n: rijitlik bileşkesi,

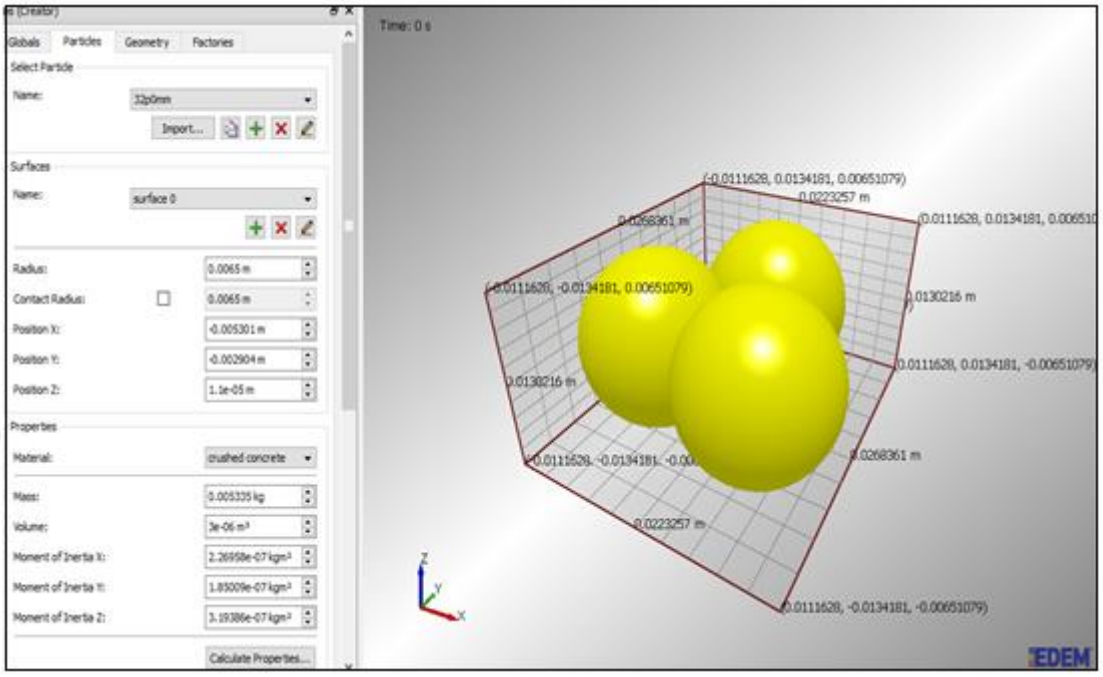
$v_n^{\overrightarrow{ref}}$: bağıl hızın normal bileşeni, m/s [22]

Analiz de kullanılacak model sisteme tanımlandıktan sonra yerçekimi ivmesi de yönü ile beraber girilir ve malzeme özelliklerine gelinir.

Malzeme tanımlaması kontakta olan yüzeyler için önemlidir. Modelimizde parça-parça ve parça-tasarım kontaklarımız mevcut olduğu için kum ile yaptığımız analizimiz de kum-kum teması ile kum-çelik teması, çakıl taşı ile yaptığımız analizimizde ise çakıl taşı-çakıl taşı ve çakıl taşı-çelik kontakları tanımlanmıştır. Bu tanımlamalarda sırasıyla;

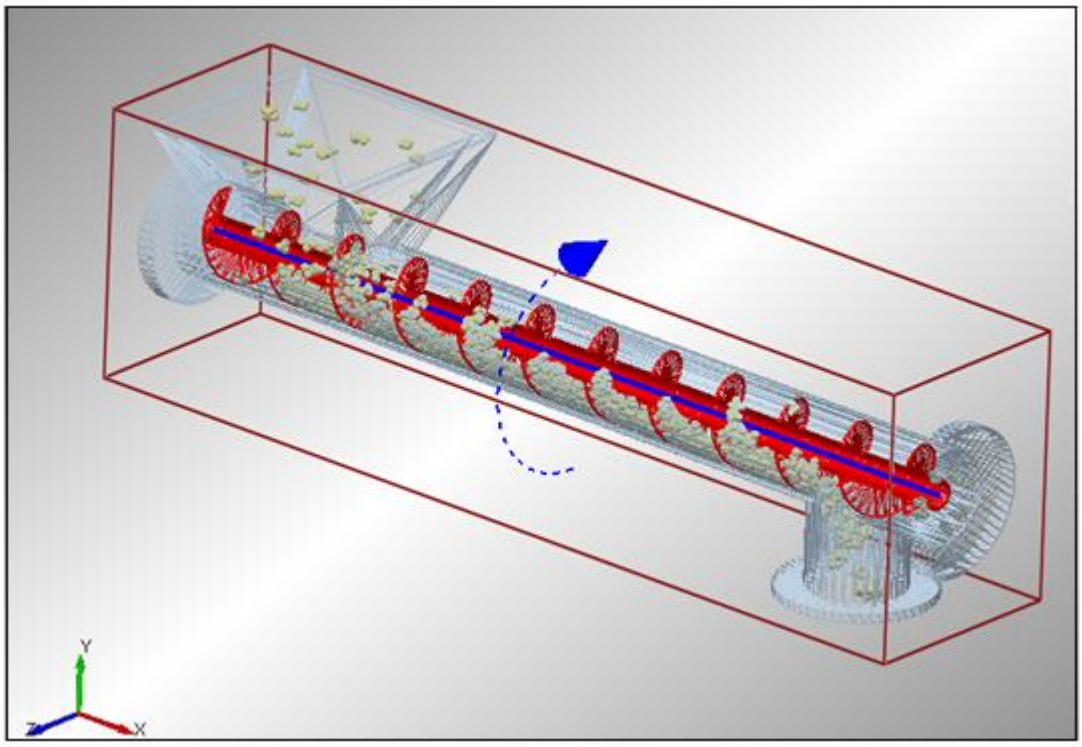
- Poisson oranı,
- Kayma modülü,
- Özkütle,
- Kayma katsayısı,
- Statik sürtünme katsayısı,
- Dönme sürtünme katsayısı değerleri sisteme girilir.

Bir sonraki sekme de ise ilgili tasarım için ve analizinin inceleneceği parçacık sisteme tanımlanır. Parçacık sisteme istendiği takdirde manuel olarak veya programın kendi sitesi üzerinde ki kütüphanesinden tanımlı olan malzeme bulunarak tanımlanır.



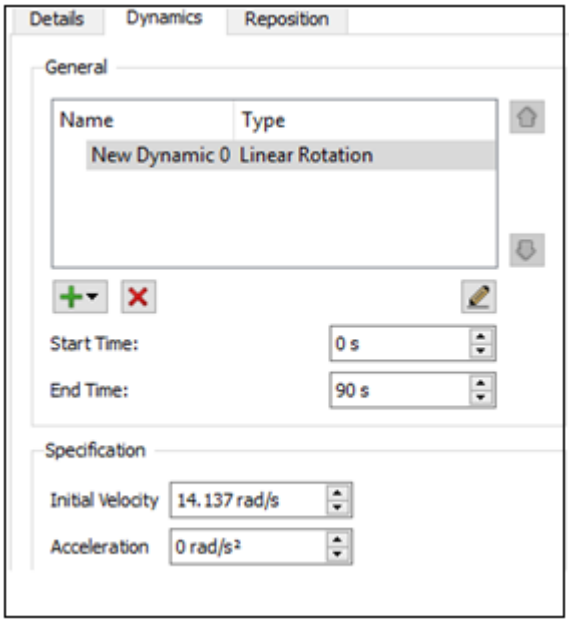
Şekil 4.16 Analiz programına parçacığın tanımlanması

Analiz yapılacak malzeme sisteme tanımlandıktan sonra geometri kısmına gelinir ve daha önce sisteme tanımlanan konveyör sistemimizin malzeme tanımlamaları oluşturulur. Her bir parçanın malzemesi girildikten sonra parçacığın türetileceği fabrika kısmı da sisteme girilir.



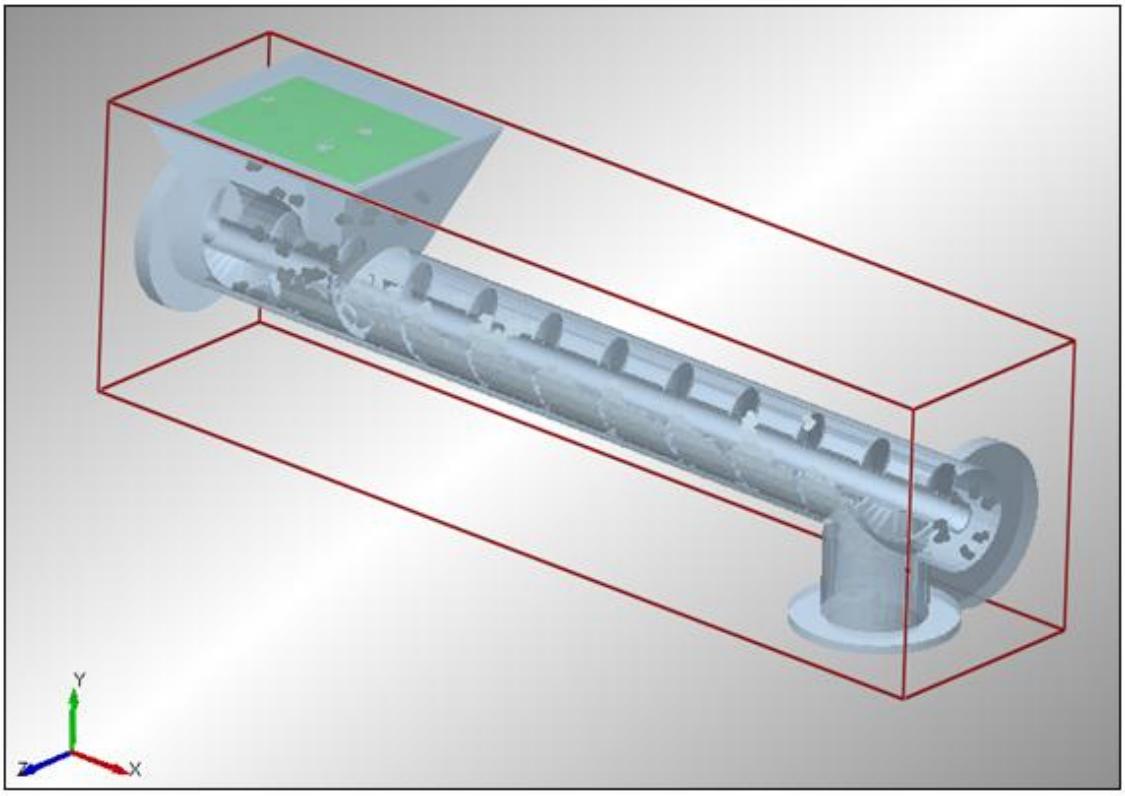
Şekil 4.17 Analiz programında helezon dönme yönünün gösterimi

Ek olarak helezonun için malzeme tanımlaması yapılırken dönme hızı da sisteme girilir.



Şekil 4.18 Analiz programında helezon dönme hızının girilmesi

Son olarak kurucu kısımda fabrika kısmına gelinir ve sistemde ki parçacığın ne kadar hızda kaç saniye boyunca türetileceği sisteme girilir.

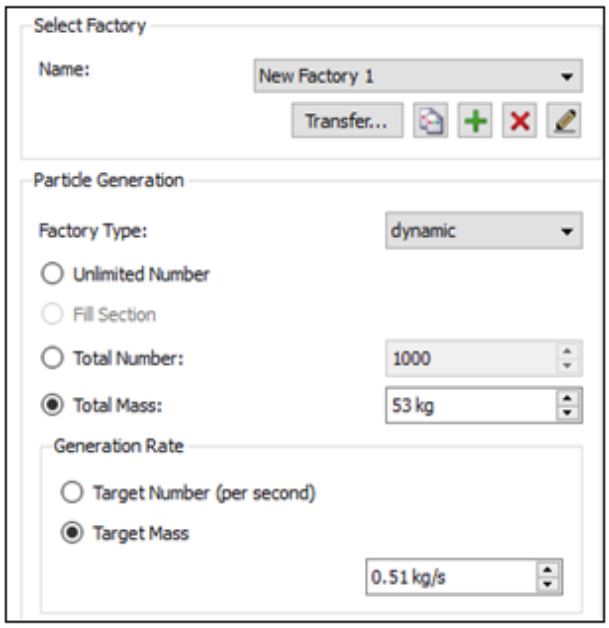


Şekil 4.19 Tasarımda fabrika kısmının gösterimi

Kum ve çakıl taşı için girilen kütle akış debileri laboratuvarda gerçekleştirdiğimiz konveyör sistemimizin 0 derece eğimde elde edilen sonuçlara göre hesaplanmıştır. Diğer eğimlerde ve farklı oluk boşluklarında da aynı debi girilerek direk olarak oluk boşluğun ve eğimin etkisi incelenmek istenmiştir. Bu sebepten ötürü;

- Kum için;

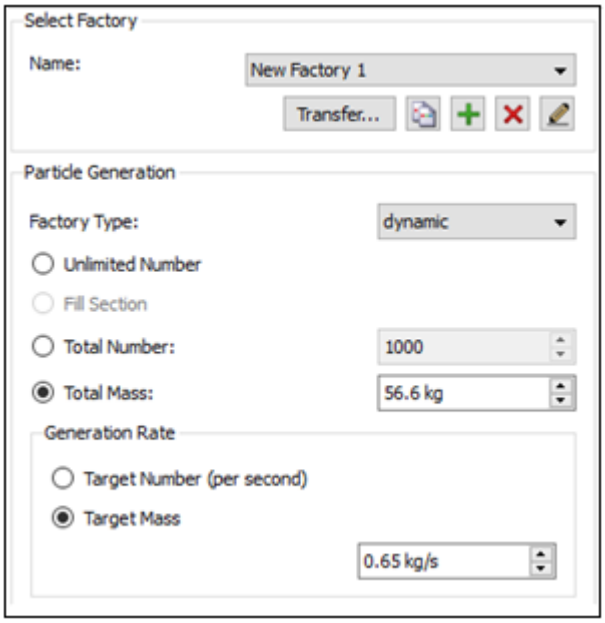
Oluk boşluğumuz 1 mm olan konveyör sistemimiz 0 derecelik eğimde 53 kg lık malzemeyi 103 saniyede taşımış olup ortalama iletilen akış kapasitesi 0,51 kg/sn olarak hesaplanmıştır. Sisteme de aşağıdaki resimde görebileceğiniz üzere malzeme giriş verisi bu hesaplara göre girilmiştir.



Şekil 4.20 Kum için analizde üretilecek veri

- Çakıl taşı için;

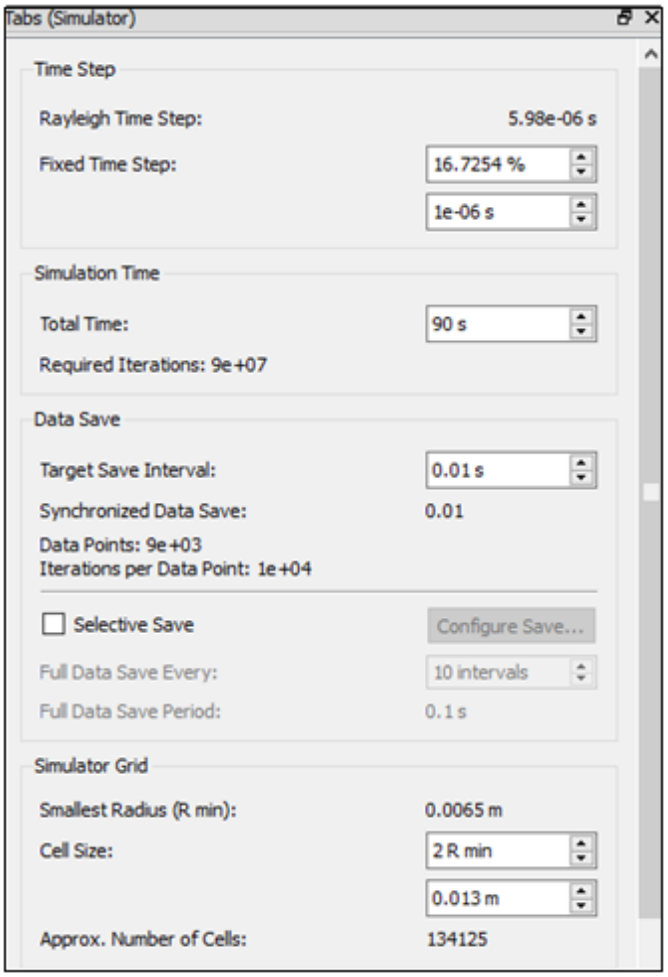
Oluk boşluğu 1 mm olan konveyör sistemimizin 0 derecelik eğimde, 56,6 kg lık malzemeyi 87 saniyede taşımış olup ortalama iletilen akış kapasitesi 0,63 kg/sn olarak hesaplanmıştır. Sisteme de aşağıdaki resimde görebileceğiniz üzere veriler bu değerlerde girilmiştir.



Şekil 4.21 Çakıl taşı için analizde üretilecek veri

4.2.2.2 Simülasyon Kısımı

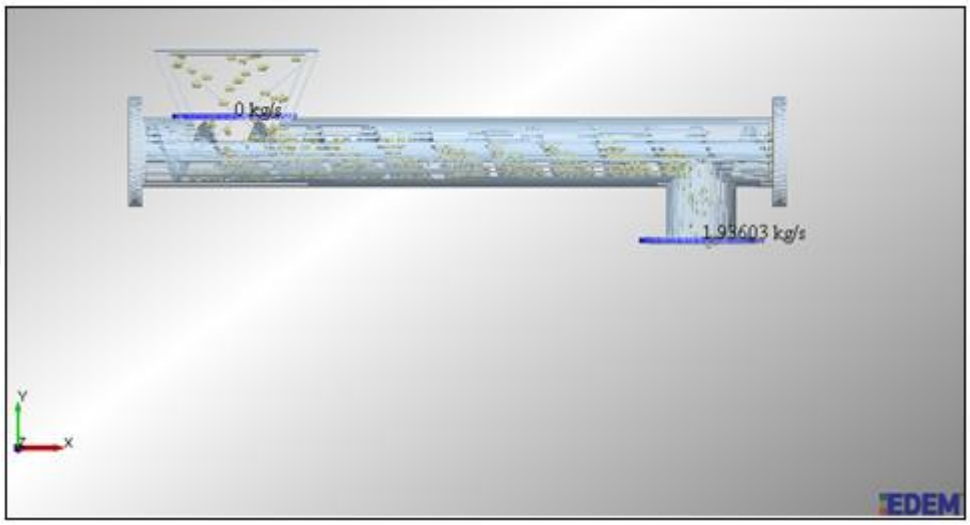
Simülasyon kısmında ise yapılmak istenen analiz için zaman adımı girilir. Zaman adımı analiz sırasında sistemde kayıt edilen zaman miktarıdır. Simülasyonda her hesaplamada kayıt edilen süre olarak da tanımlanabilir. Zaman aralıkları simülasyon sırasında sabitlenir ve simülasyon boyunca sabit kalır. Girilen zaman adımı sistem tarafından belirtilen Rayleigh zaman adımının yüzdesi olarak görüntülenir. Rayleigh zaman aralığı ise bir kesme dalgasının bir katı parçacığın yayılması için geçen kısımdır. Bu kısım sistemde ki en küçük parçacığa göre hesaplanır [23]. Zaman adımından sonra simülasyon süresi, veri kayıt aralığı ve incelenmesi gereken simülasyon boyut büyüklüğü girilir. Boyut tanımlandıktan sonra simülasyon için yaklaşık toplam hücre sayısı sistem tarafından hesaplanır.



Şekil 4.22 Simülasyon verilerin girilmesi

4.2.2.3 Analiz Kısmı

Analiz kısmında ise simülasyon sonucunda elde edilen datalar incelendiği ve grafiklerin oluşturulduğu kısımdır. Dataların elde edilebilmesi için aşağıdaki resimde görülebileceği üzere sistemde sensor tanımlaması yapılmaktadır. Bu kütle akış sensorü anlık saniyede kütle akışını ölçerek istenilen veri kayıtlarını elde edilmesini sağlamaktadır. Kütle akış sensorü anlık kütle geçişinin yanı sıra kuvvet ve enerji hesaplamaları da yapabilmektedir.



Şekil 4.23 Helezon konveyör sisteminde kütle akış sensorlerinin gösterimi

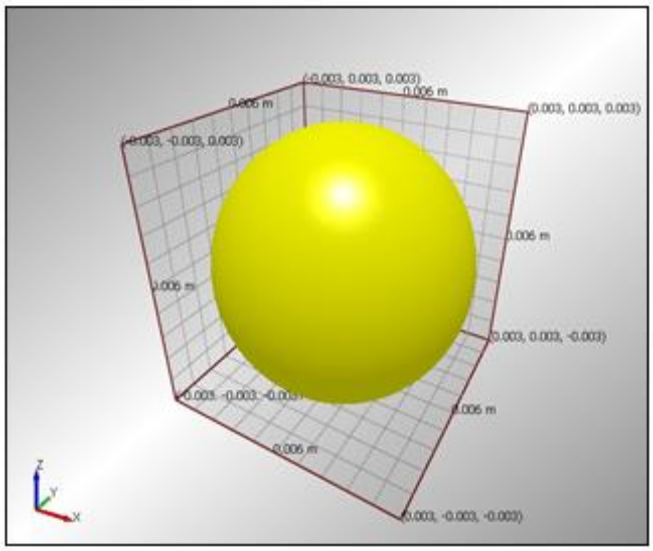
4.2.3 EDEM Analizinde Farklı Malzemelerin Tanımlanması

Helezon konveyör analizlerimizde iki farklı malzeme üzerine çalışılmış olup bu malzemeler kum ve çakıl taşıdır.

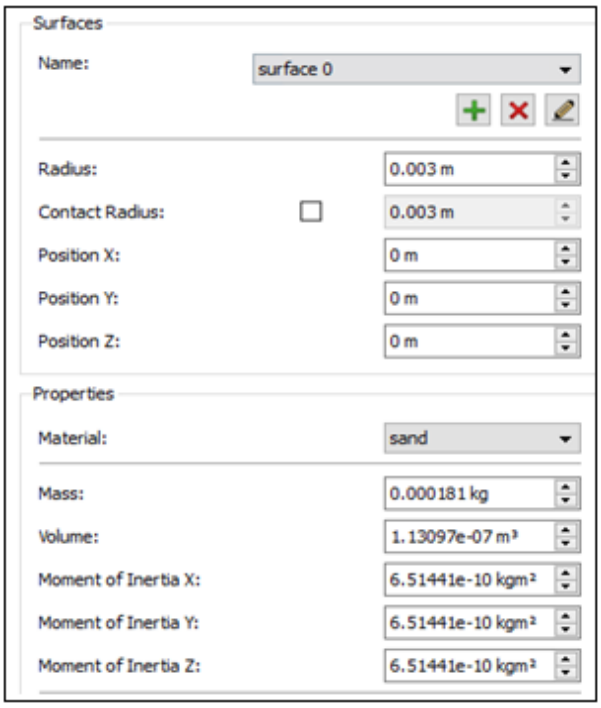


Şekil 4.24 Çalışılan çakıl taşı ve kum malzemeleri

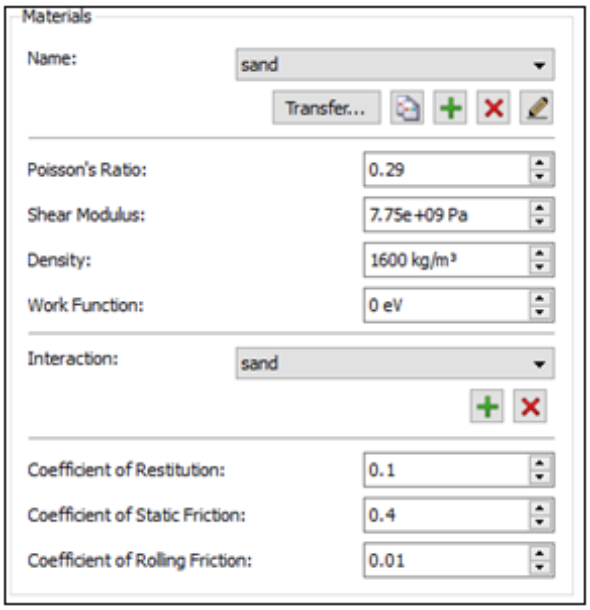
- Kum için girilen değerler;



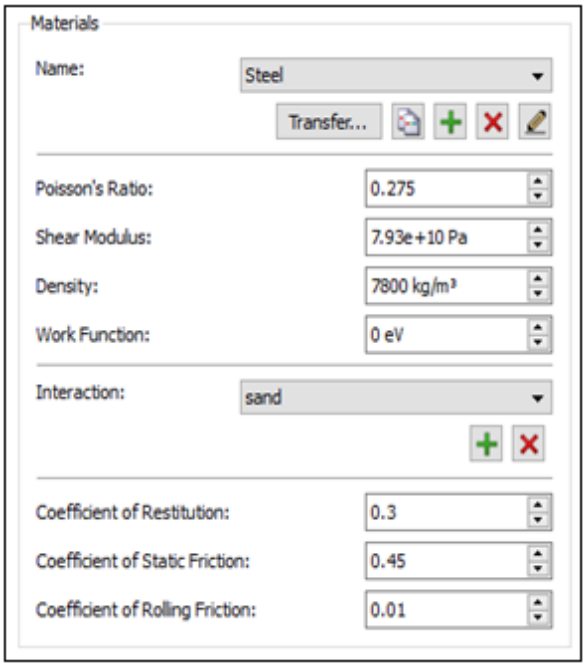
Şekil 4.25 Analizde kum malzemesinin görünümü



Şekil 4.26 Analizde kum malzemesi için girilen çap ve kütle değerleri

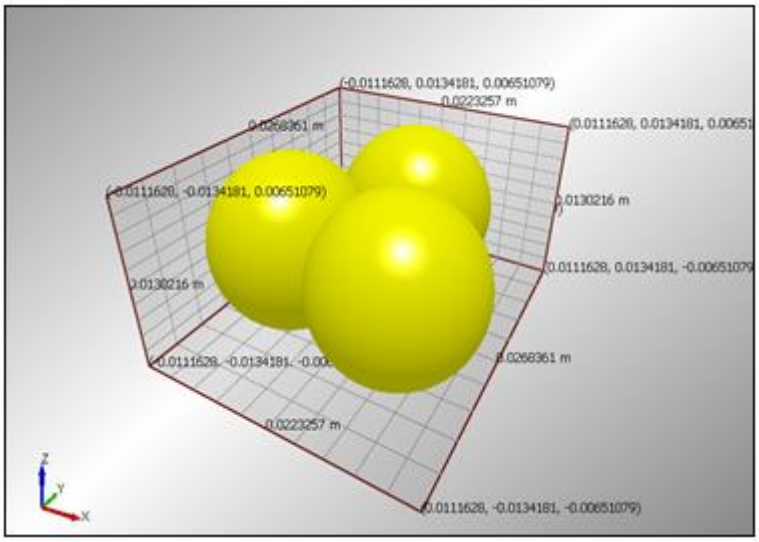


Şekil 4.27 Kum için parça-parça temas katsayılarının girilmesi

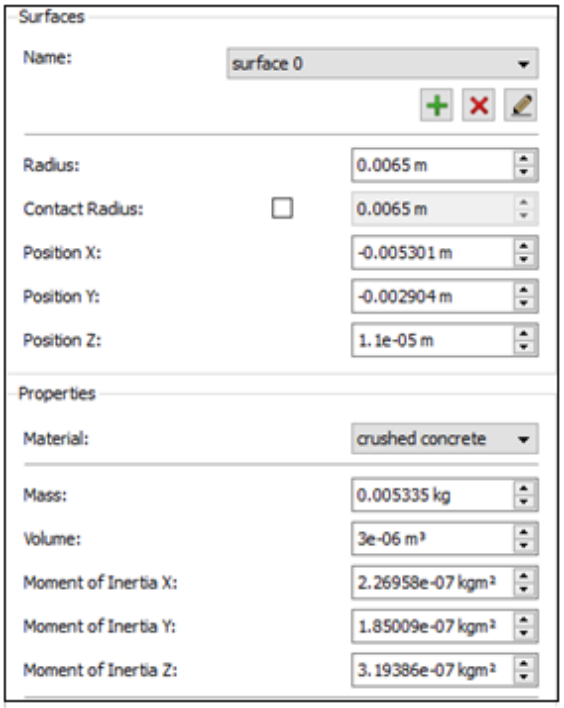


Şekil 4.28 Kum için parça-yüzey temas katsayılarının girilmesi [24]

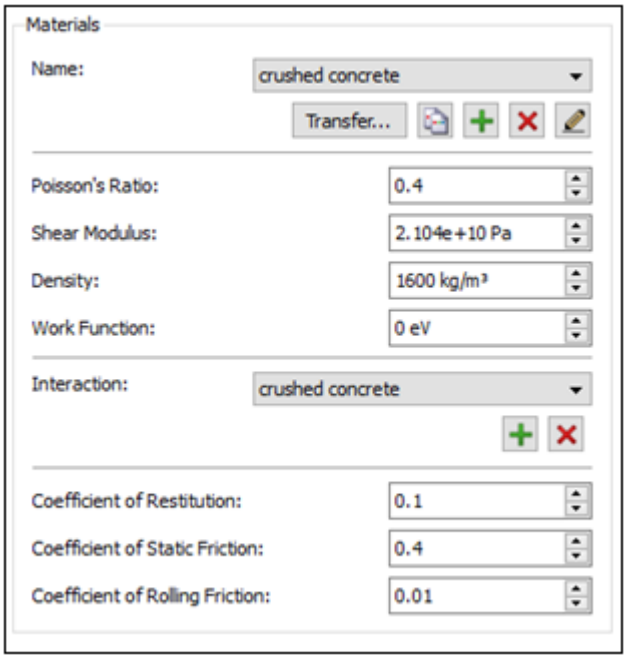
- Çakıl taşı için değerler;



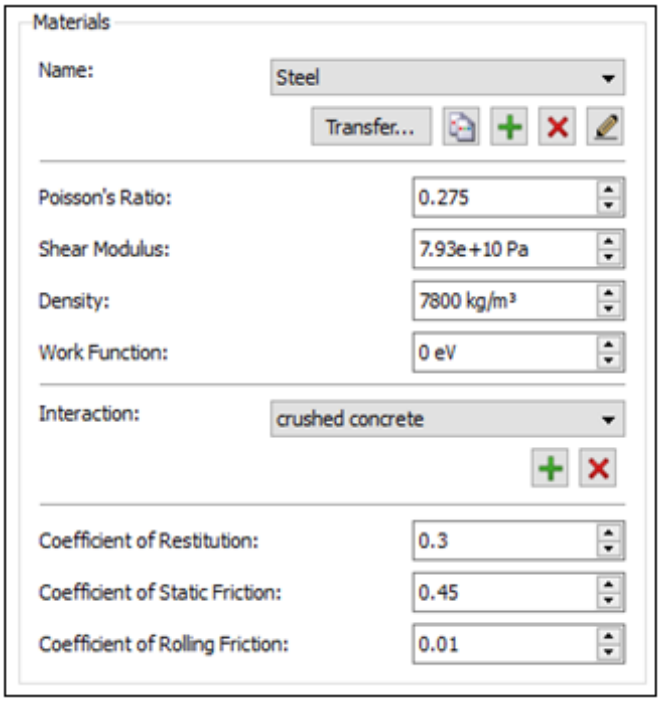
Şekil 4.29 Analizde çakıl taşı malzemesinin görünümü



Şekil 4.30 Analizde çakıl taşı malzemesi için girilen çap ve kütle değerleri



Şek 4.31 Çakıl taşı için parça-parça temas katsayılarının girilmesi



Şekil 4.32 Çakıl taşı için parça-yüzey temas katsayılarının girilmesi [24]

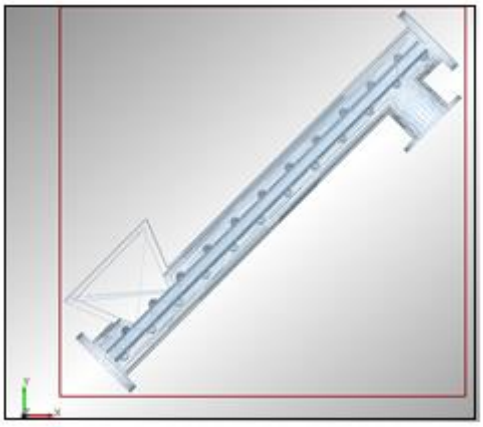
4.2.4 EDEM Analizinde Farklı Oluk Boşlukların ve Eğimlerin Tanımlanması

Helezon konveyör sistemimizde iki farklı malzeme için yapılan analizlerimizde oluk boşluğun ve sistem eğiminin etkisini görebilmek için farklı oluk boşluğa sahip tasarımlarımız farklı eğilimlerde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.2 Malzemeler içen analiz yapılan oluk boşluk ve eğim değerleri

Malzeme	Oluk Boşluğu	Eğim
Kum	3 mm 9 mm 18 mm 25 mm	0 derece 15 derece 30 derece 45 derece
Çakıl Taşı	1 mm 25 mm 30 mm	0 derece 15 derece 30 derece 45 derece

Çizelge 4.2'de verilen oluk boşluk ölçülerine göre Solidworks de oluşturulan tasarımlarımız sırasıyla farklı eğimlerde IGES formatında EDEM analiz programına tanımlanmıştır.



Şekil 4.33 Oluk boşluğu 30 mm olan 45 derece eğime sahip tasarım

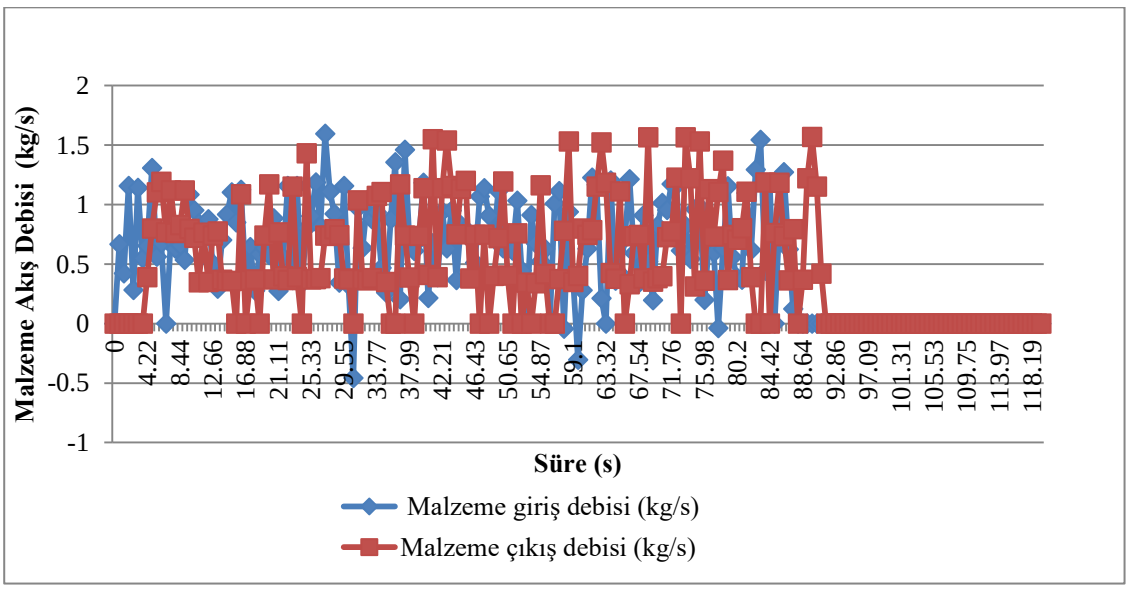
BÖLÜM 5

EDEM ANALİZ SONUÇLARI

5.1 Çakıl Taşı

Analizlerimiz ilk önce çakıl taşı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarımızda ki çalışmamızda konveyör sistemimiz de taşıdığımız malzemenin daha önce de belirtildiği üzere hesaplanan ortalama iletim kapasitesi giriş malzeme debisi olarak girilerek simülasyonlarımız oluşturulmuştur.

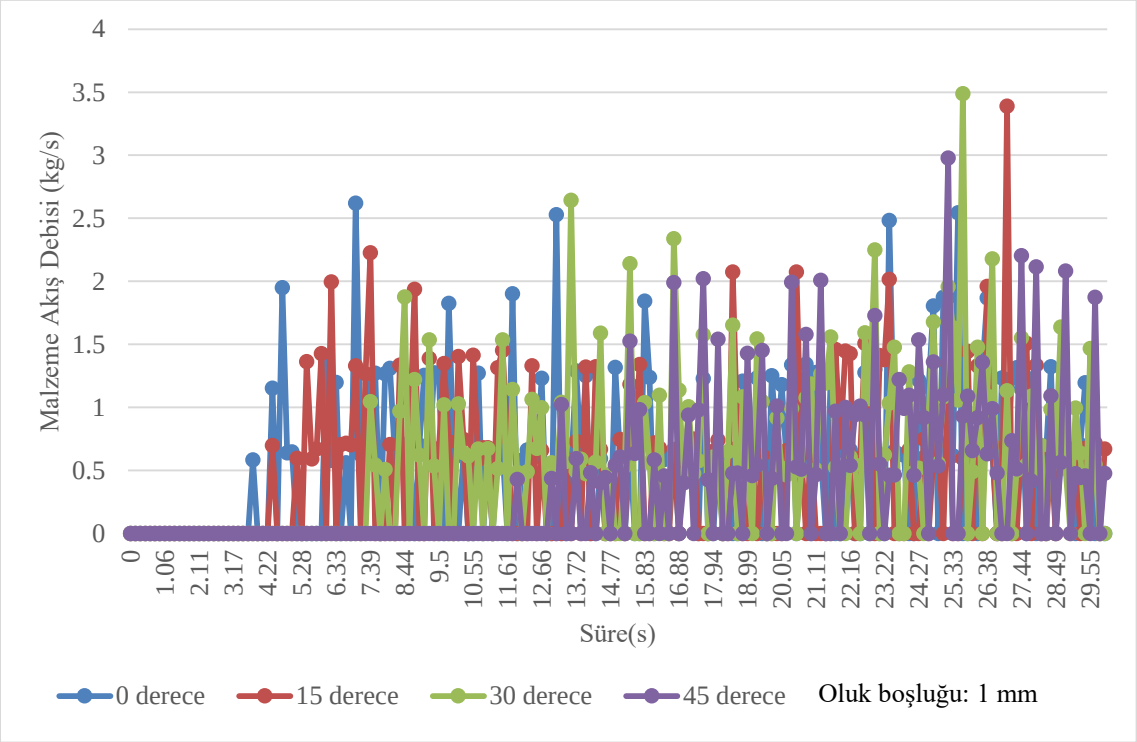
Simülasyonlarımızın doğruluğunu ispatlamak üzere laboratuvarımızda gerçekleştirdiğimiz 0 derece eğime sahip 1 mm oluk boşluğa sahip deneyimizin simülasyonu komple tamamlanmıştır. Şekil 5.1'de gerçekleştirilen analizin verileri gösterilmiş olup taşınan malzemenin aynı süre zarfında iletildiği ispatlanmıştır.



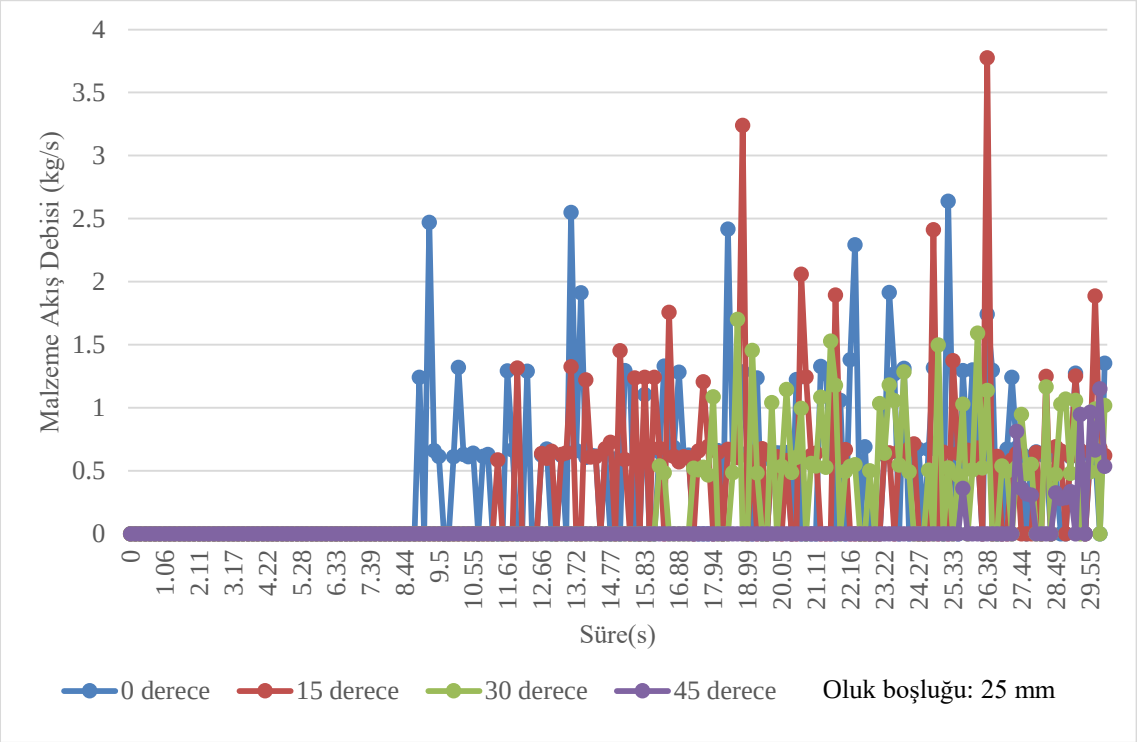
Şekil 5.1 Çakıl taşı Simülasyonlarının doğrulunun ispatlanması

Ek olarak grafikte görülen giriş kısmındaki negatif yönde ki sapmalar konveyör haznemizin tasarımından kaynaklı olup boğaz kısmında ki daralma ve helezonun dönmesi sırasında ki malzeme fırlatmasından kaynaklanmaktadır.

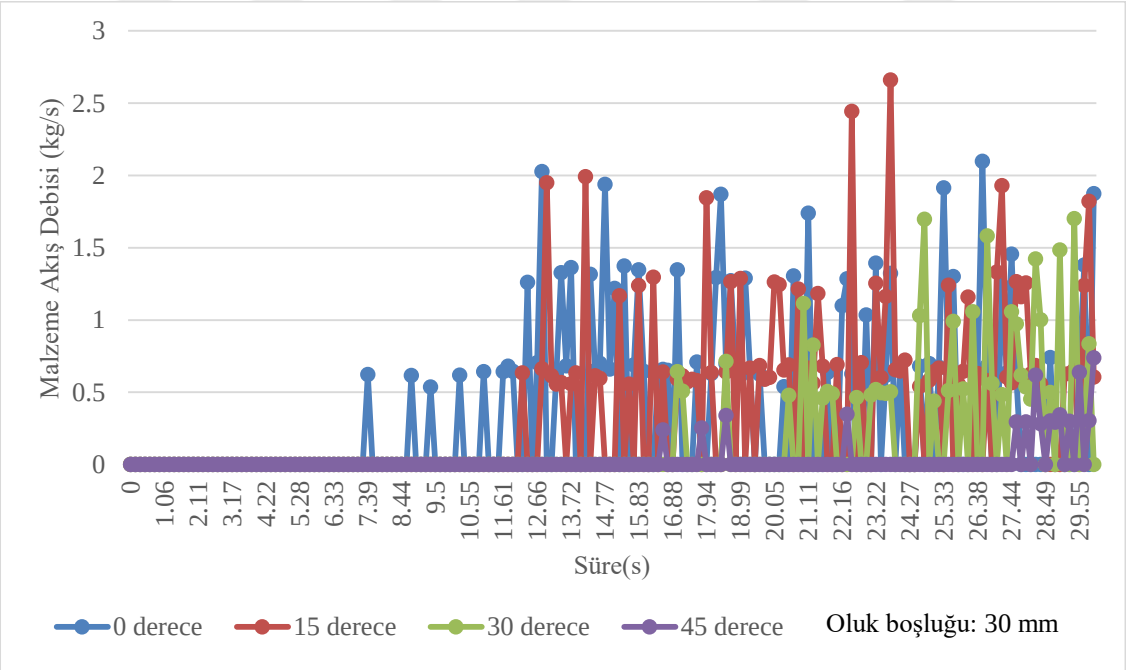
Simülasyonumuz doğrulandıktan sonra öncelik olarak aynı oluk boşluğuna sahip tasarımlarımızın farklı eğim açılarında giriş çıkış debilerimi incelenmiş olup eğim faktörünün sistemin çıkış debisine olan direk etkisi kontrol edilmiştir.



Şekil 5.2 Oluk boş. 1 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi

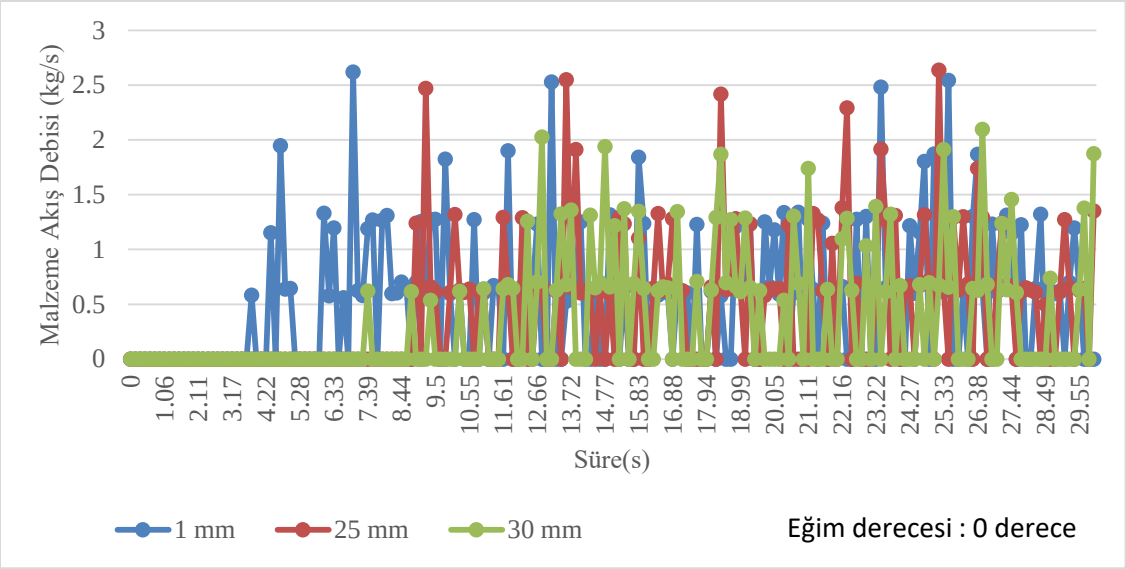


Şekil 5.3 Oluk boş. 25 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi

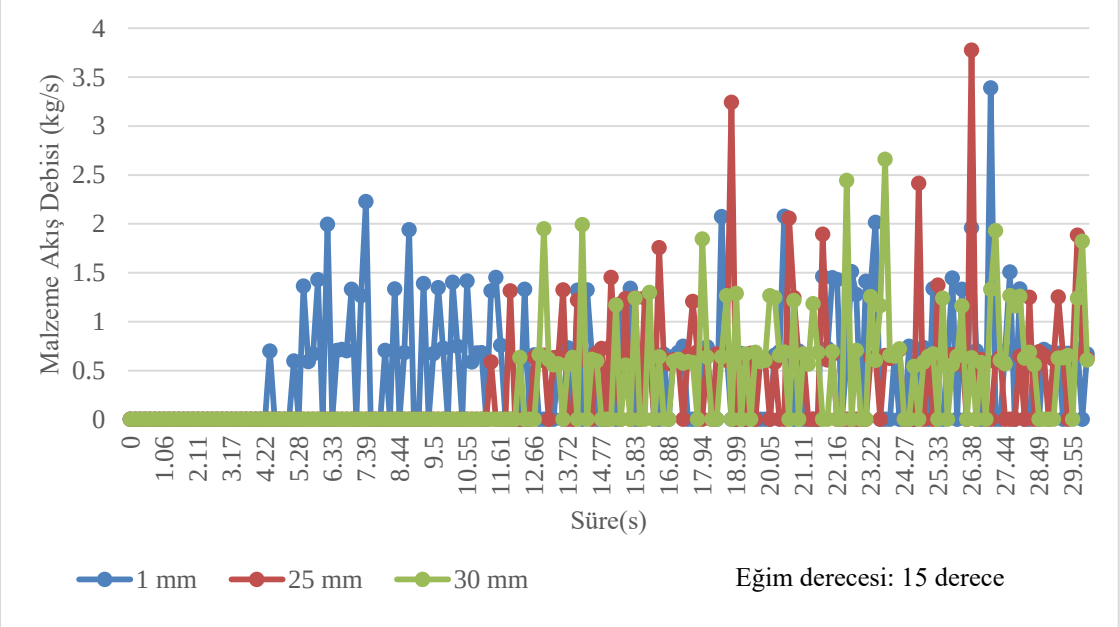


Şekil 5.4 Oluk boş. 30 mm olan tasarımın farklı derecelerde çakıl taşı iletim debisi

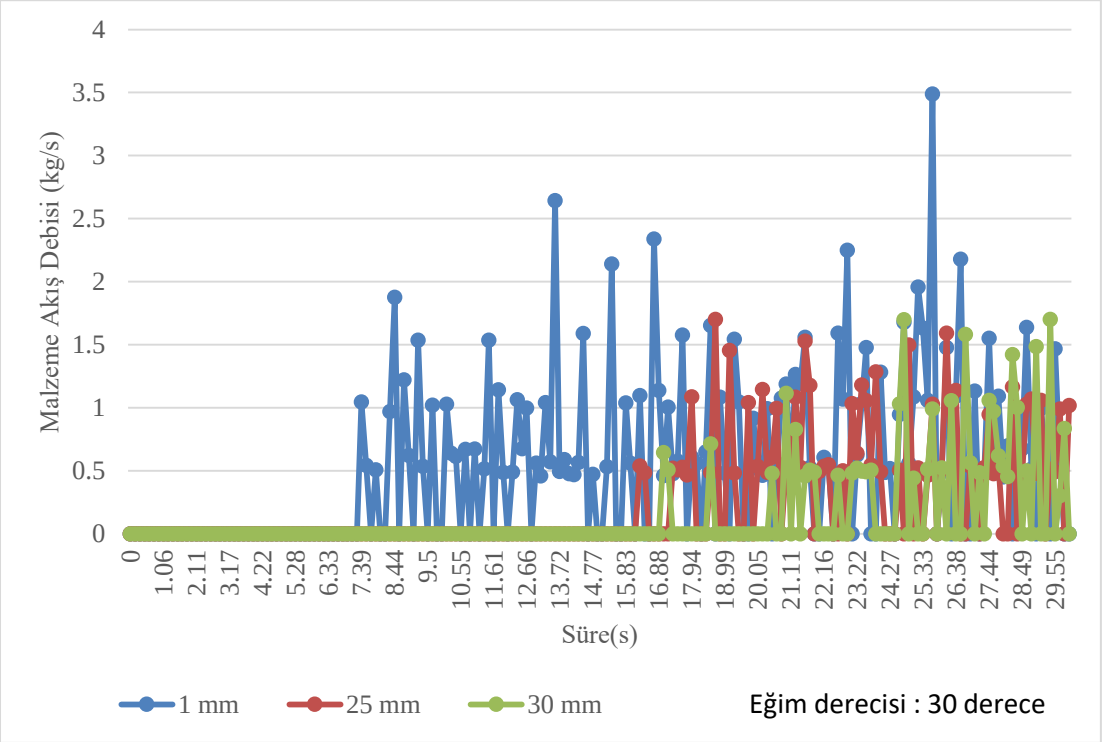
Eğim faktörünün sisteme olan direk etkisi incelendikten sonra aynı eğimli sistemlerde farklı oluk boşluklarının sisteme olan direk etkisi incelenmiştir.



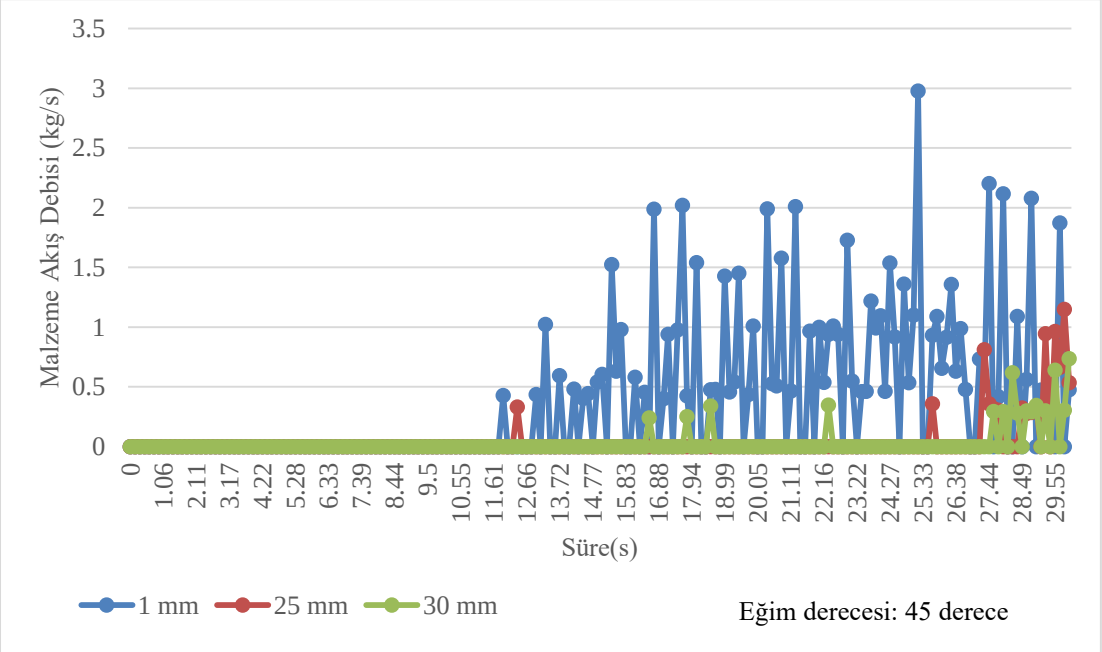
Şekil 5.5 Eğim 0 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi



Şekil 5.6 Eğim 15 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi



Şekil 5.7 Eğim 30 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi



Şekil 5.8 Eğim 45 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında iletim debisi

Analiz sonuçlarımıza göre çakıl taşı için eğim faktörünün akış üzerinde hem teorikte beklenmesi gereken değeri hem de simülasyon da asıl görülen değeri hesaplanmıştır. Bu hesaplara göre;

- Teorik eğim faktörü simülasyonda hesaplanan ortalama çıkış debisinin besleme kovasına girilen akış debisine oranlanması ile bulunmuştur.

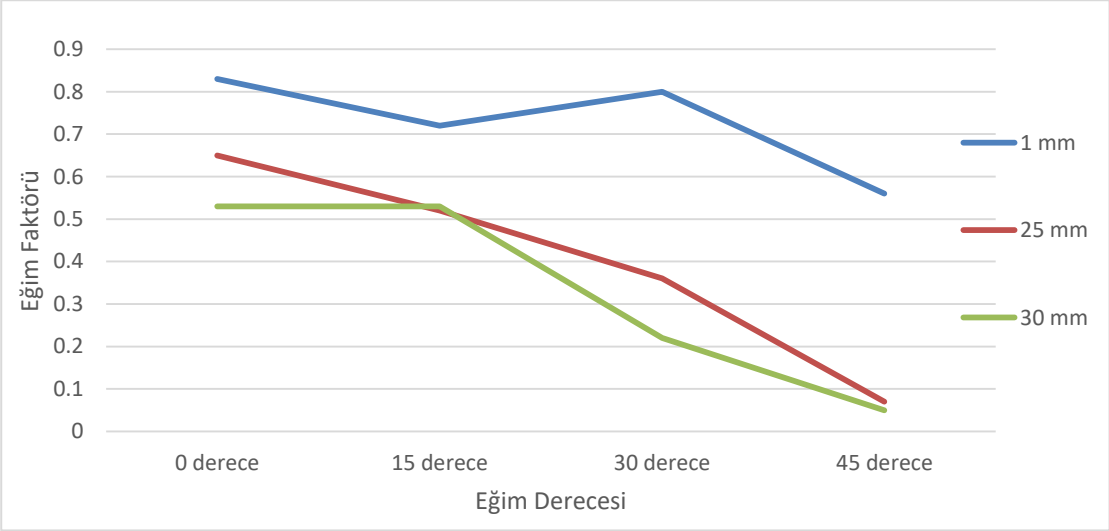
$$k_{teorik} = \frac{Q_{çıkış}}{Q_{deney}} \quad (5.1)$$

1 mm ve yatay derece için teorik eğim faktörünün hesabı;

$$k_{teorik} = \frac{0,537}{0,65} = 0,83$$

Çizelge 5.1 Teorik eğim faktörü sonuçları

Oluk Boşluğu/Eğim	**0 derece**	**15 derece**	**30 derece**	**45 derece**
1 mm	0.83	0.72	0.8	0.56
25 mm	0.65	0.52	0.36	0.07
30 mm	0.53	0.53	0.22	0.05



Şekil 5.9 Teorik eğim faktörü

- Deney eğim faktörü simülasyonda helezonunun çıkış kısmında bulunan kütle akış sensöründe okunan ortalama çıkış debisinin helezonun yine giriş kısmında bulunan kütle akış sensöründe okunan ortalama giriş debisine oranlanması ile bulunmuştur.

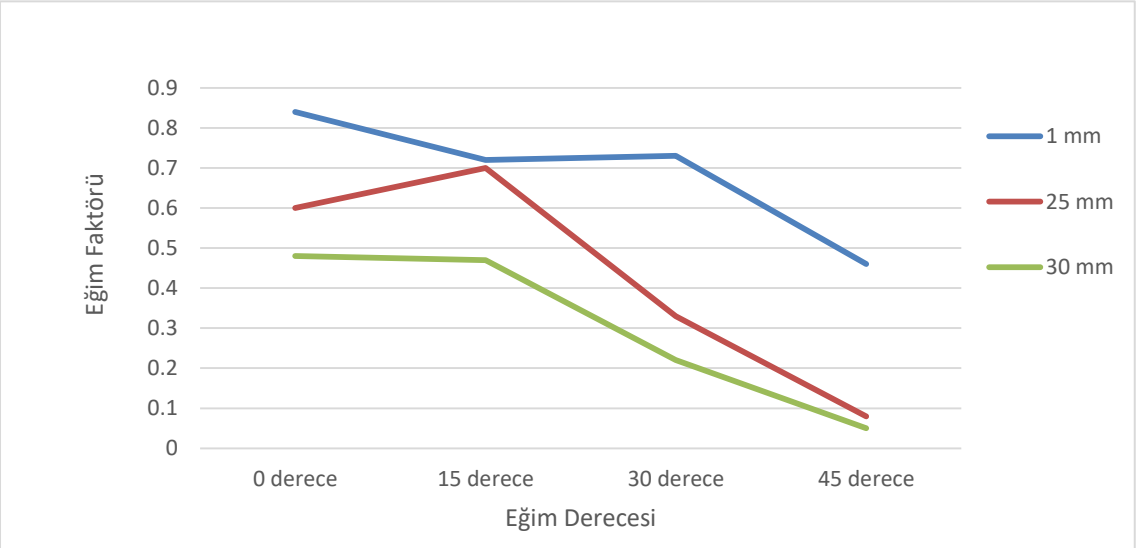
$$k_{deney} = \frac{Q_{çıkış}}{Q_{giriş}} \quad (5.2)$$

1 mm ve yatay derece için deney eğim faktörünün hesabı;

$k_{deney} = \frac{0,537}{0,645}$=0,832

Çizelge 5.2 Deney eğim faktörü sonuçları

Oluk Boşluğu/Eğim	0 derece	15 derece	30 derece	45 derece
1 mm	0.84	0.72	0.73	0.46
25 mm	0.6	0.7	0.33	0.08
30 mm	0.48	0.47	0.22	0.05



Şekil 5.10 Deney eğim faktörü

Daha önce deneyler için hesaplanan hacimsel verimlilik sonuçlarına (bölüm 3.2.3) ek olarak analizlerden çıkan sonuçlara göre de hesaplar tekrardan yapılmış ve aşağıdaki formül baz alınmıştır.

$$n_v = \frac{Q_{çıkış,simülasyon}}{Q_{tmax}} \quad (5.3)$$

1 mm ve 0 derece için hacimsel verimlilik hesabı;

$n_v = \frac{0,537}{0,68}$=0,79

Çizelge 5.3 Çakıl taşı için hacimsel verimlilik sonuçları

Eğim/Oluk Boşluğu	1 mm	25 mm	30 mm
0 derece	0,79	0,62	0,51
15 derece	0,69	0,49	0,50
30 derece	0,77	0,35	0,21
45 derece	0,53	0,06	0,04

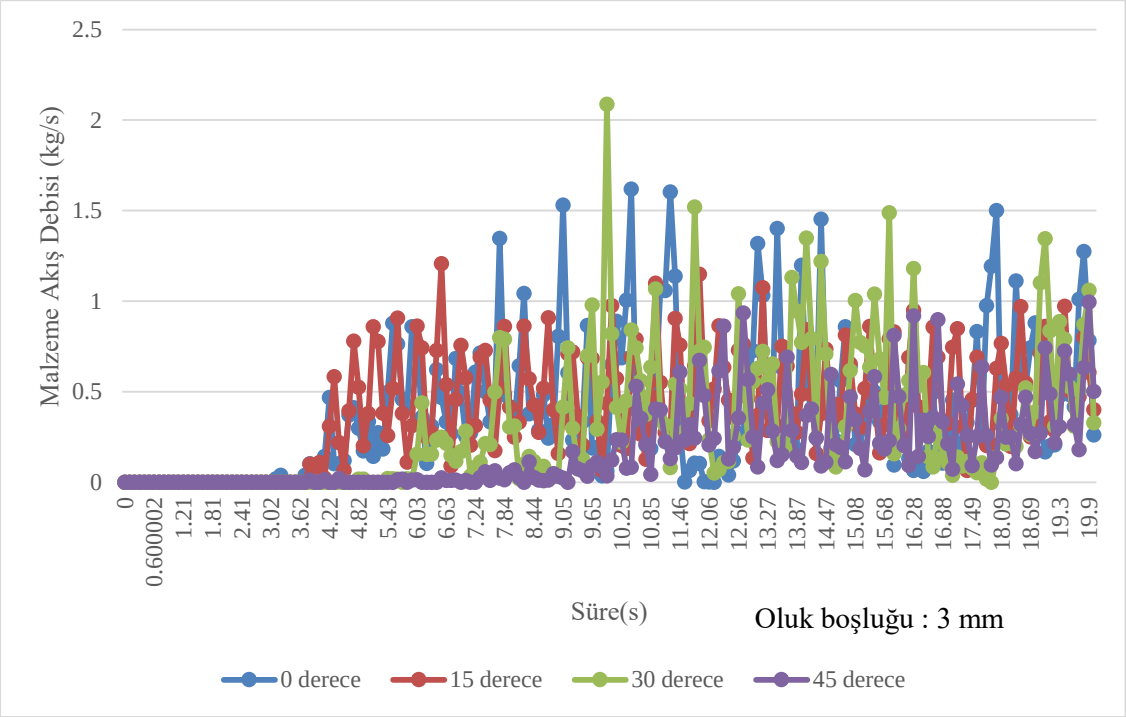
5.2 Kum

Analizlerimiz çakıl taşından sonra diğer malzememiz olan kum ile devam edilmiştir. Simülasyonlarımızın doğruluğunu ispatlamak üzere laboratuvarımızda gerçekleştirdiğimiz 0 derece eğime sahip deneyimizin simülasyonu komple tamamlanmıştır.

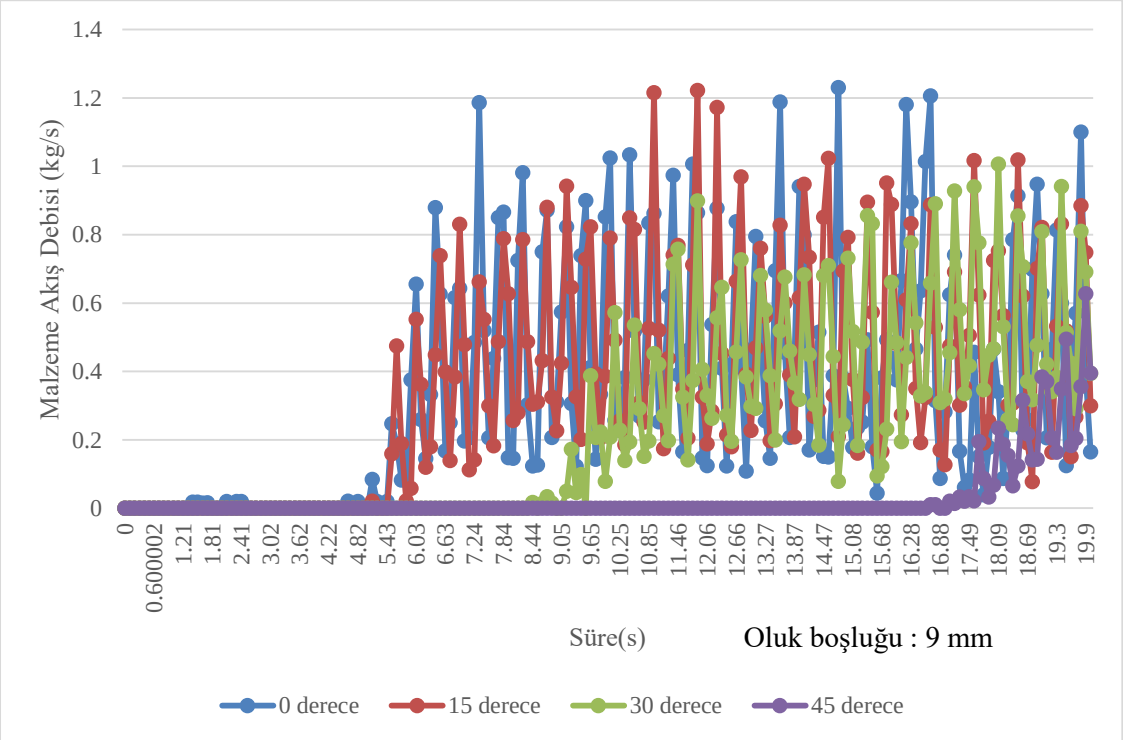
Yalnız kum çakıl taşı analizimizden farklı olarak parçacık çapı gerçekte olan malzememizin çapıyla doğru orantılı olarak 3 katı büyüklükte alınmış olup simülasyonlarımızda incelediğimiz sistemlerimizde ki oluk boşlukları da 3 kat orantılı büyütülmüştür. Bu durumun sebebiyeti milyonlarca küçük çapa sahip analizlerimizin yapılabilirliğini sağlamak ve günlerce sürecek analizlerimizin süresini bir derece olsa kısaltmak.

Bu yüzden daha önce de bahsedildiği üzere kum için çapımız teoride maksimum 2 mm olarak geçtiği için 6 mm olarak alınmış ve konveyör sistemimizin oluk boşluğu da 1 mm yerine 3 mm olarak düşünülmüştür [25]. Buna bağlı olarak diğer oluk boşlukları da parçamızın 1,5 katı olarak 9 mm, 3 katı olarak 18 mm olarak ve 4 katından fazla olması amacıyla 25 mm seçilmiştir.

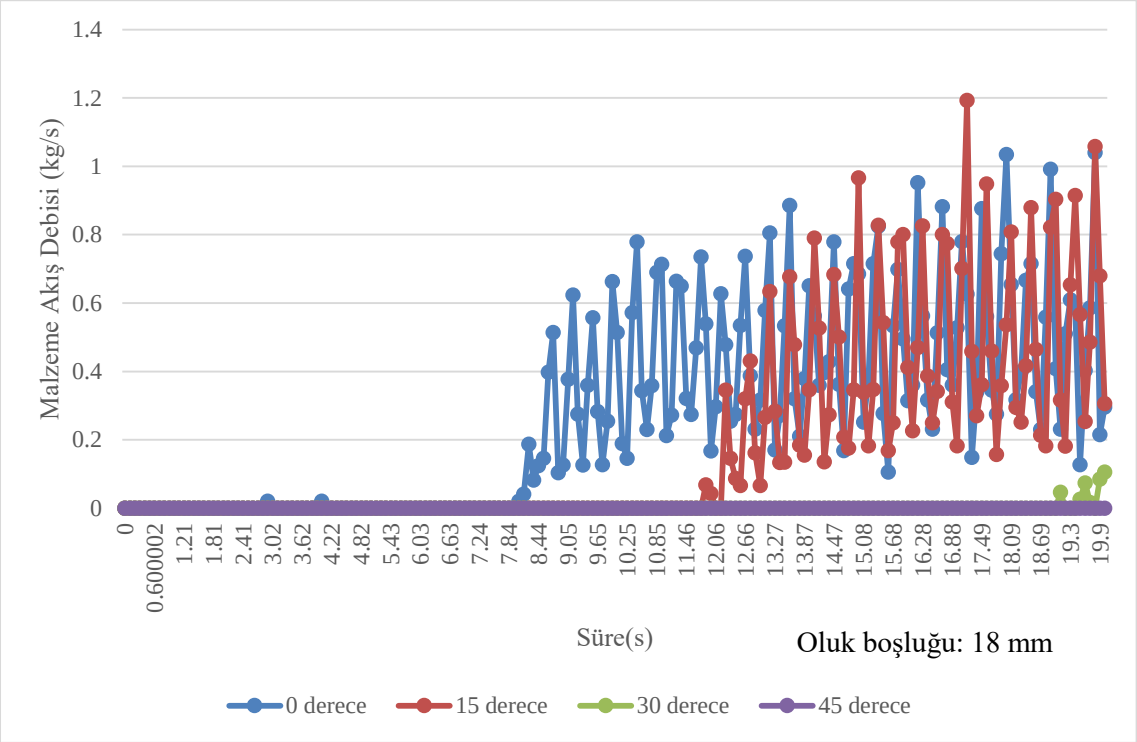
Çakıl taşı analizlerinde uygulandığı gibi kum analizlerinde ilk önce yukarıda belirtilen oluk boşluklarında farklı eğimler de akış analizleri tamamlanıp eğim faktörünün analizler üzerine etkisi incelenmiştir.



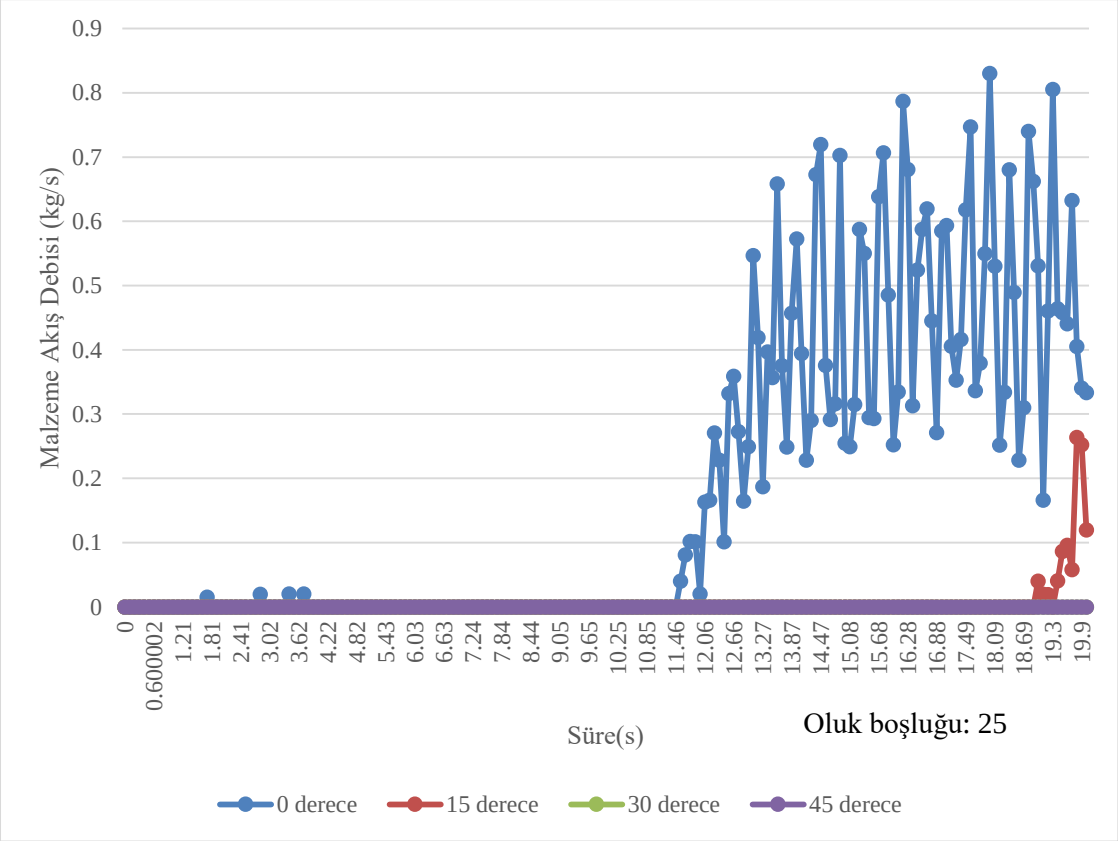
Şekil 5.11 Oluk boşluğu 3 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi



Şekil 5.12 Oluk boşluğu 9 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi

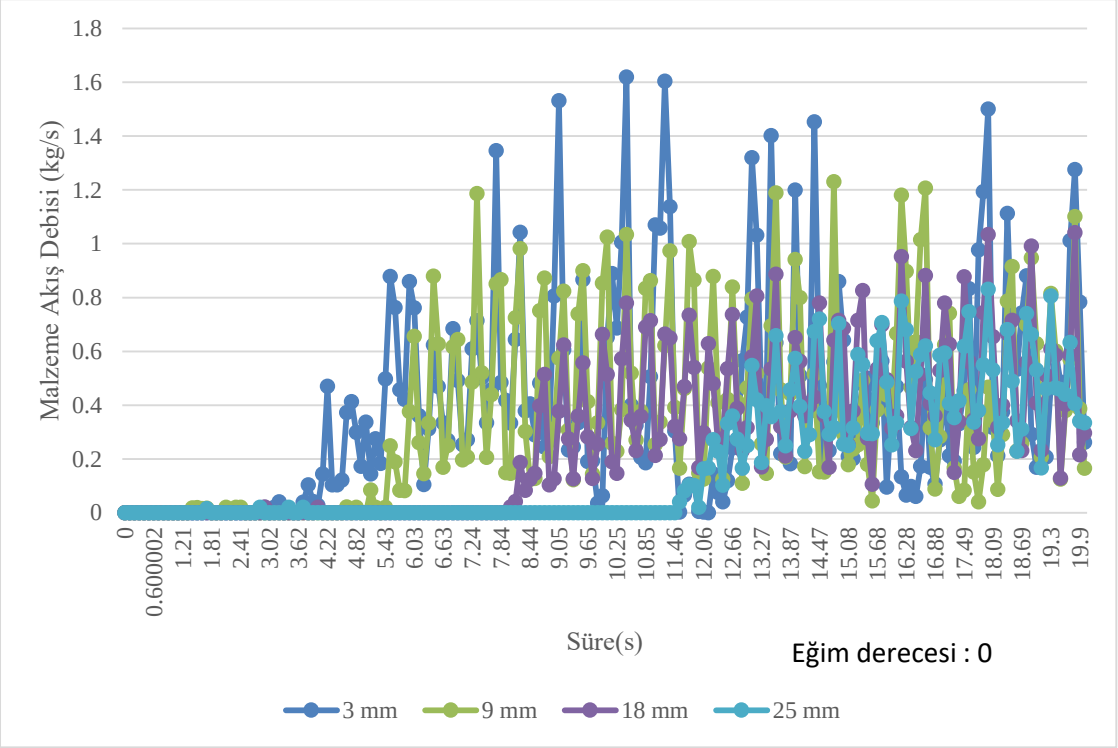


Şekil 5.13 Oluk boşluğu 18 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi

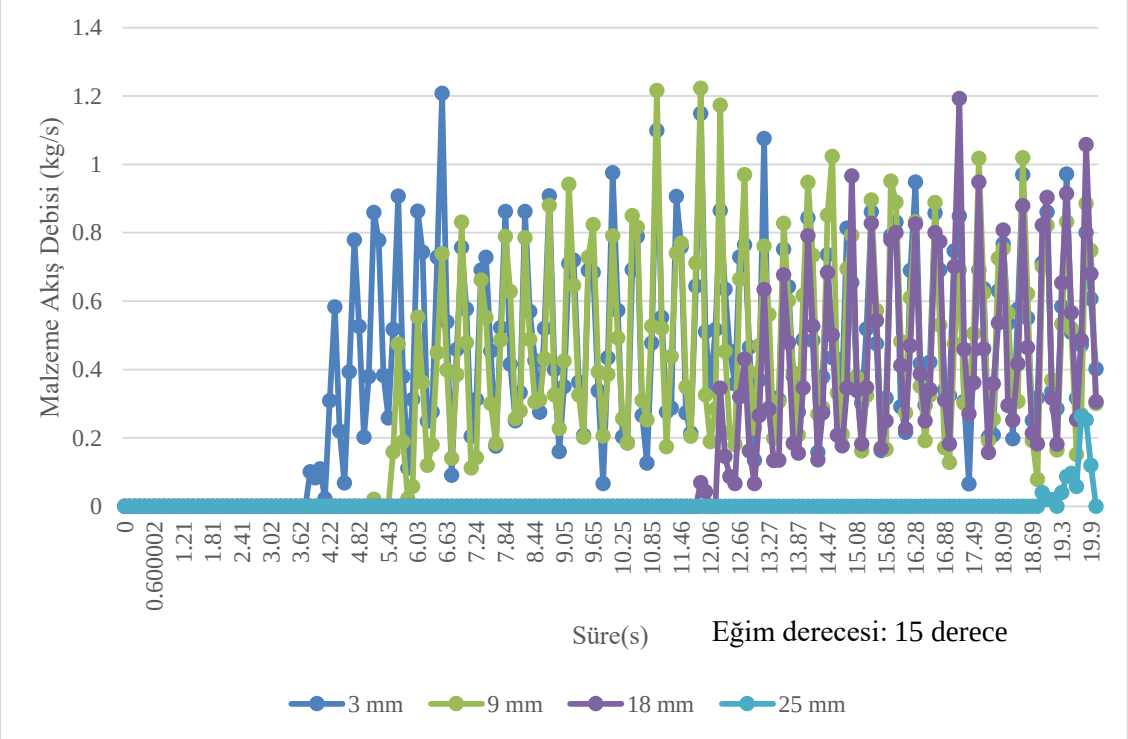


Şekil 5.14 Oluk boşluğu 25 mm olan tasarımın farklı derecelerde kum iletim debisi

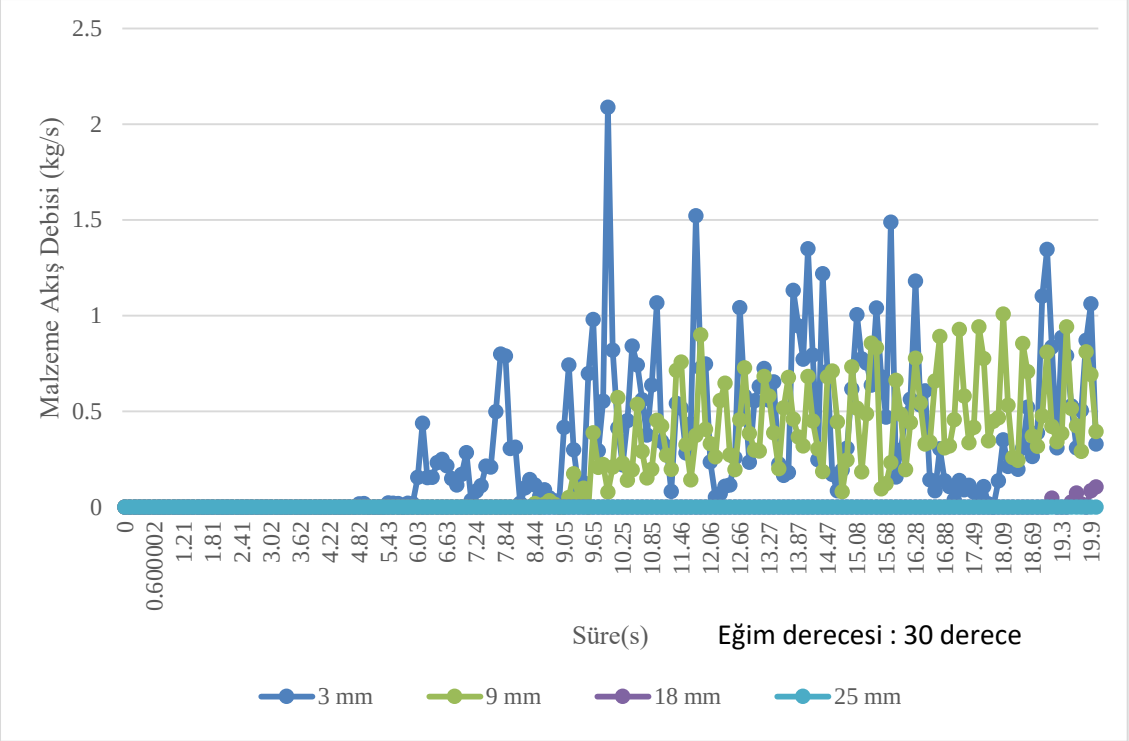
Eğim faktörünün sisteme olan direk etkisi incelendikten sonra aynı eğimli sistemlerde farklı oluk boşluklarının sisteme olan direk etkisi incelenmiştir.



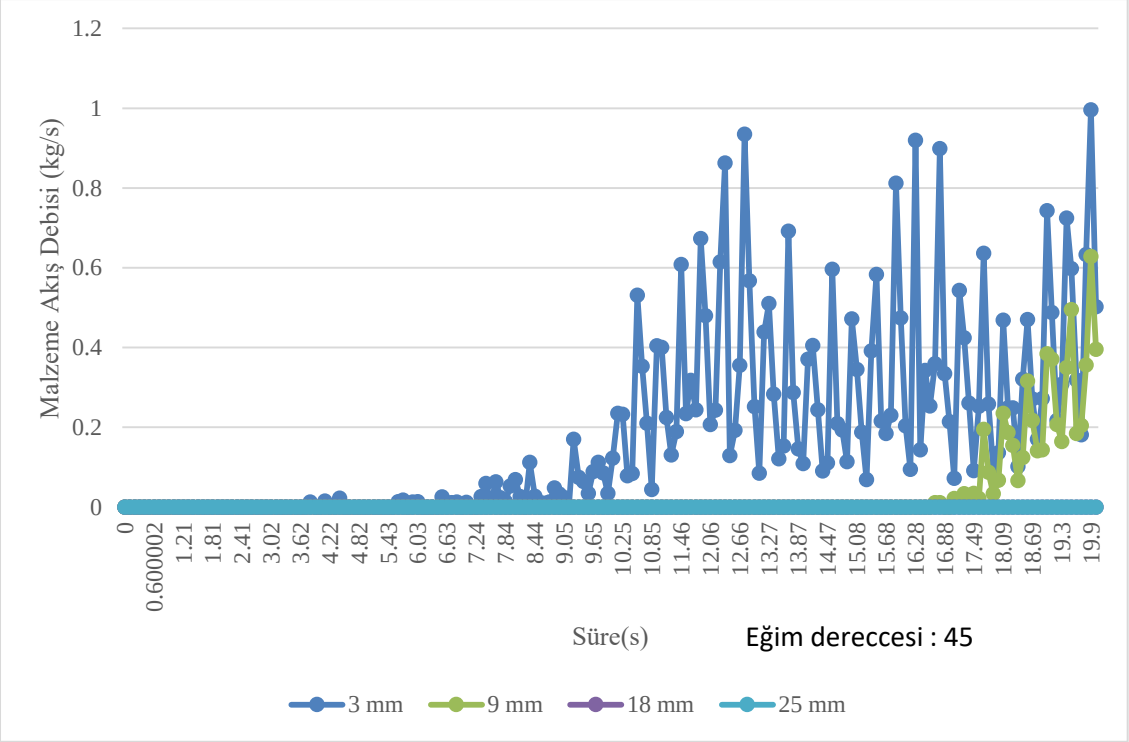
Şekil 5.15 Eğim 0 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi



Şekil 5.16 Eğim 15 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi



Şekil 5.17 Eğim 30 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi



Şekil 5.18 Eğim 45 derece olan tasarımın farklı oluk boşluklarında kum iletim debisi

Analiz sonuçlarımıza göre çakıl taşında olduğu gibi kum için de eğim faktörünün hem teorik olarak hem de deneysel olarak hesaplamaları yapılmıştır.

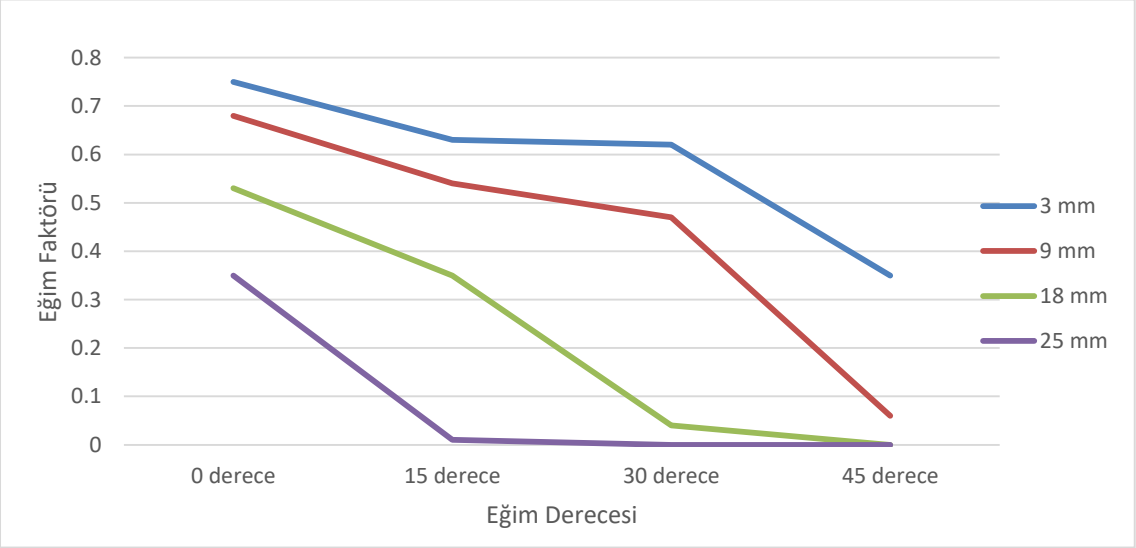
- $k_{teorik} = \frac{Q_{çıkış}}{Q_{deney}}$ (5.4)

3 mm ve yatay derece için teorik eğim faktörünün hesabı;

$k_{teorik} = \frac{0,381}{0,51}$=0,75

Çizelge 5.4 Teorik eğim faktörü sonuçları

Oluk Boşluğu/Eğim	0 derece	15 derece	30 derece	45 derece
3 mm	0.75	0.63	0.62	0.35
9 mm	0.68	0.54	0.47	0.06
18 mm	0.53	0.35	0.04	0
25 mm	0.35	0.01	0	0



Şekil 5.19 Teorik eğim faktörü

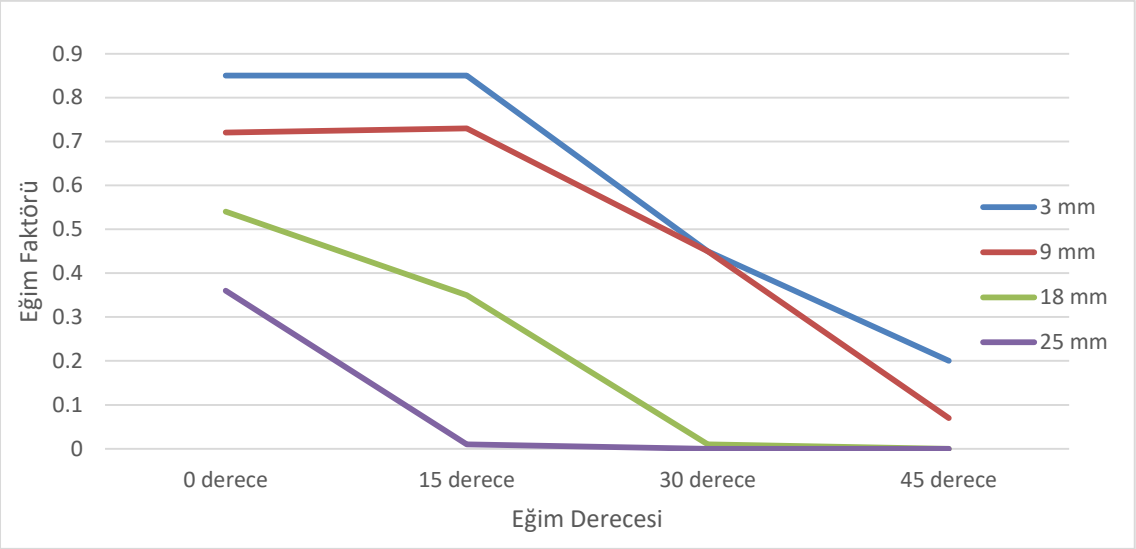
- $k_{deney} = \frac{Q_{çıkış}}{Q_{giriş}}$ (5.5)

3 mm ve yatay derece için deney eğim faktörünün hesabı;

$k_{deney} = \frac{0,381}{0,452}$=0,85

Çizelge 5.5 Deney eğim faktörü sonuçları

Oluk Boşluğu/Eğim	0 derece	15 derece	30 derece	45 derece
3 mm	0.85	0.85	0.45	0.2
9 mm	0.72	0.73	0.45	0.07
18 mm	0.54	0.35	0.01	0
25 mm	0.36	0.01	0	0



Şekil 5.20 Deney eğim faktörü

Kum analizleri içinde hacimsel verimlilik hesapları yapılmıştır.

$$n_v = \frac{Q_{çıkış,simülasyon}}{Q_{tmax}} \quad (5.6)$$

3 mm ve 0 derece için hacimsel verimlilik hesabı;

$n_v = \frac{0,381}{0,68}$=0,56

Çizelge 5.6 Hacimsel verimlilik sonuçları

Eğim/Oluk Boşluğu	3 mm	9 mm	18 mm	25 mm
0 derece	0,56	0,51	0,39	0,26
15 derece	0,59	0,53	0,26	0,06
30 derece	0,47	0,36	0,01	0*
45 derece	0,27	0,05	0*	0*

*Malzeme akışı gözlemlenmemiştir.

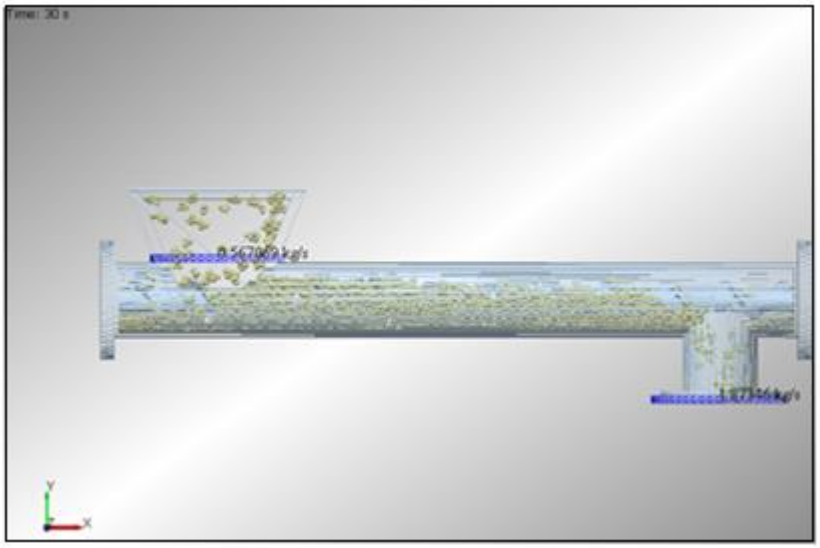
BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

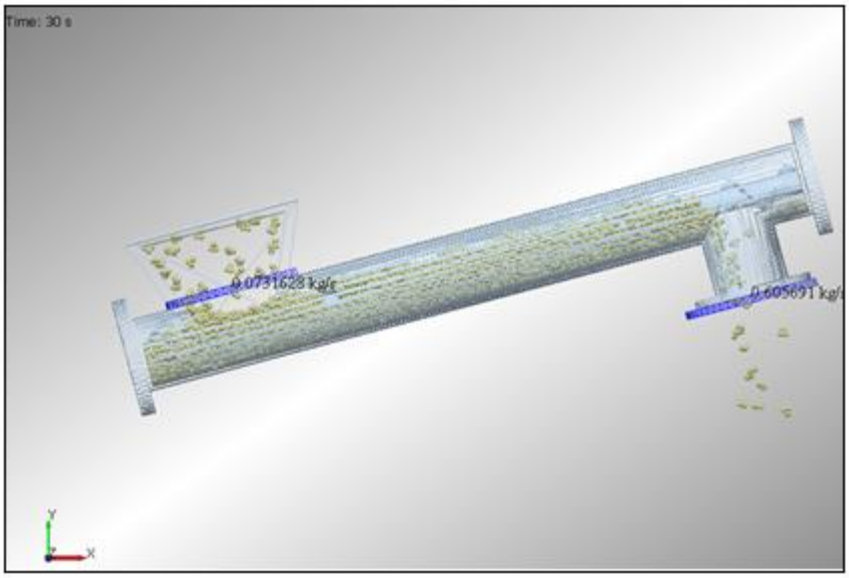
6.1 Çakıl Taşı

Çakıl taşı analizlerimiz de ilk olarak aynı oluk boşluklarda farklı eğimli sistemler de çıkış debileri incelenmişti. Çıkan sonuçlara göre;

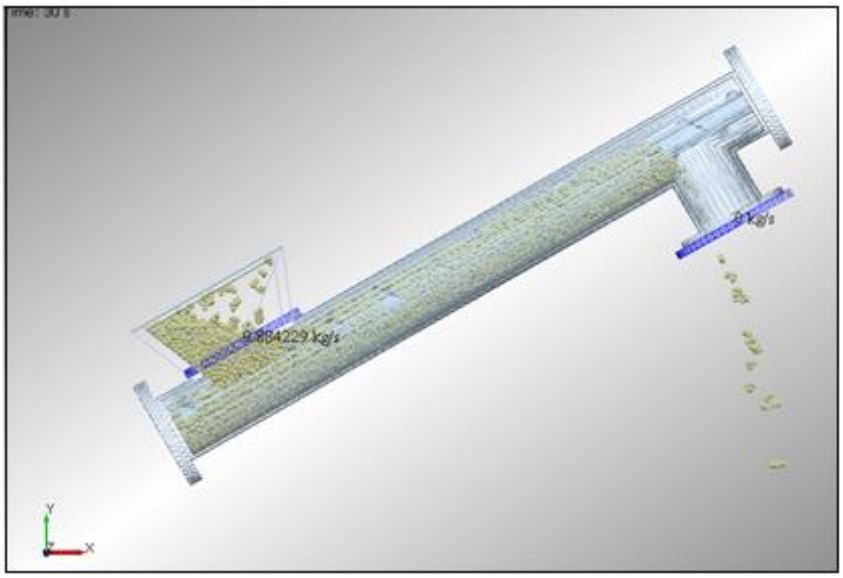
- Aynı oluk boşluklarında eğim arttıkça malzemenin sistemde ki iletim süresi arttığı gözlemlenmiştir. Bu duruma göre 1 mm oluk boşluğuna sahip sistemimizde 0 derece eğimde ilk sistemden çıkış saniyesi 3,62 saniye olarak gözlemlenirken, sırasıyla 15 derecede 4,52 saniye de, 30 derece de 7,24 saniye de ve 45 derece de bu süre 11,76 saniyelere kadar çıkmaktadır. Aynı doğrultuda 25 mm oluk boşluğuna sahip sistemimizde 0 derece eğimde yaklaşık 8,89 saniye olarak gözlemlenirken, 15 derece eğimde 11,31 saniye olarak, 30 derece eğimde 16,28 saniye ve 45 derece eğimde 25,63 saniye olarak kaydedilmiştir. Son olarak 30 mm ye sahip oluk sistemimiz de ise 0 derece de 7,39 saniye, 15 derece 12,21 saniye, 30 derece de 17,04 saniye, 45 derece eğimde 27,59 saniye olarak gözlemlenmiştir.
- Malzemelerin eğim arttığında çıkış debilerine ulaşma süreleri arttığı için sistem içinde ki akış hızları da eğim ile beraber ters orantılı olarak azalmaktadır.
- Aynı oluk boşluklarında eğim derecesi arttığında malzeme akış debisinde ki dalgalanmaların arttığı incelenmiştir. Bu durumun sebebi ise sistemimizde eğim arttığında malzemelerde yığılma hareketi artması ve buna bağlı olarak sistemde ki doluluk oranının artması olarak gözlemlenmiştir.



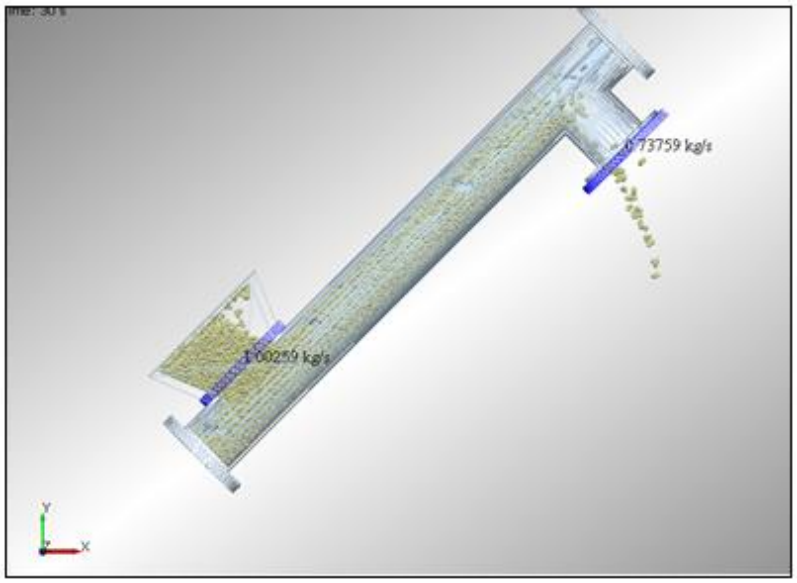
Şekil 6.1 Yatay konumda ki sistemin doluluk görünümü



Şekil 6.2 15 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü



Şekil 6.3 30 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü



Şekil 6.4 45 derece eğime sahip sistemin doluluk görünümü

- 1 mm ve 25 mm oluk boşluğuna sahip sistemimizin çıkış akış debilerinin özellikle 3,5-4 kg/sn değerlerine ulaştığını buna karşı 30 mm oluk boşluğa sahip sistemimizin en fazla 3 kg/sn verilerin de kaldığı ek olarak bu yüksek değerlerin 15 ve 30 derece de elde edildiği gözlemlenmiştir.

Aynı oluk boşluğunda farklı derece incelemelerinden sonra direk oluk boşluklarının sistem üzerine etkisini görebilmek adına aynı eğimlerde farklı oluk boşluklarına sahip sistemler incelenmiştir. Bu duruma göre;

- Sistemimiz yatay konumda iken malzeme iletim hızı en fazla olan durum oluk boşluğunun 1 mm olduğu tasarım olarak incelenmiştir. Daha sonra bu eğimde sırasıyla 30 mm ve 25 mm olarak bulunmuştur. 30 mm ye sahip sistemde hatve aralarından parçacıkların daha hızlı kaydığı görülmektedir.
- Sistemimizin eğimi arttırılıp 15 derece ye getirildiği zaman iletim hızı en fazla durum yine 1 mm oluk boşluğuna sahip tasarım görülmüş olup yatay konumda ki duruma göre farklı olarak sırasıyla 25 mm ve 30 mm olarak incelenmiştir. Bu durum aynı zamanda 30 ve 45 derece de aynı doğrultuda bulunmuştur.

Oluk boşluklarının ve eğim faktörünün sistemlerin çıkış debilerine doğrudan etkisine bakıldıktan sonra bu faktörlerin giriş ve çıkış debilerinin arasında ki malzeme kayıplarına etkisi de incelenmiş olup aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu tablo oluşturulurken simülasyon süreleri boyunca 200 adet veri çekilmiş olup ortalama debiler bulunmuştur.

Çizelge 6.1 Çakıl taşı analizinde ki 30 saniyede ki ortalama malzeme kayıpları

Oluk Boşluğu/Eğim	**0^0**	**15^0**	**30^0**	**45^0**
1 mm	0.11 kg/s	0.19kg/s	0.2 kg/s	0.44 kg/s
25 mm	0.28 kg/s	0.15 kg/s*	0.49 kg/s	0.5 kg/s
30 mm	0.38 kg/s	0.39 kg/s	0.52 kg/s	0.5 kg/s**

Tabloya göre eğim ve oluk boşluğu arttırıldığı zaman sistemde ki malzeme kayıplarının genel olarak artan bir ivmede olduğu görülmüştür.

* Oluk boşluğunun parçacık boyutu ile eşit (25 mm) ve 15 derece eğimde olduğu durum da malzeme kaybında bir azalma olduğu bulunmuştur. Daha önceki grafiklerde de belirtilen bu faktörlerde malzeme çıkış debisinin fazla bulunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan simülasyonlar incelendiğinde bu hafif eğimin, parçacığın giriş debisinde konveyör hareketinden geri sekmelerini engellediğini ve böylece konveyör sistemimizin

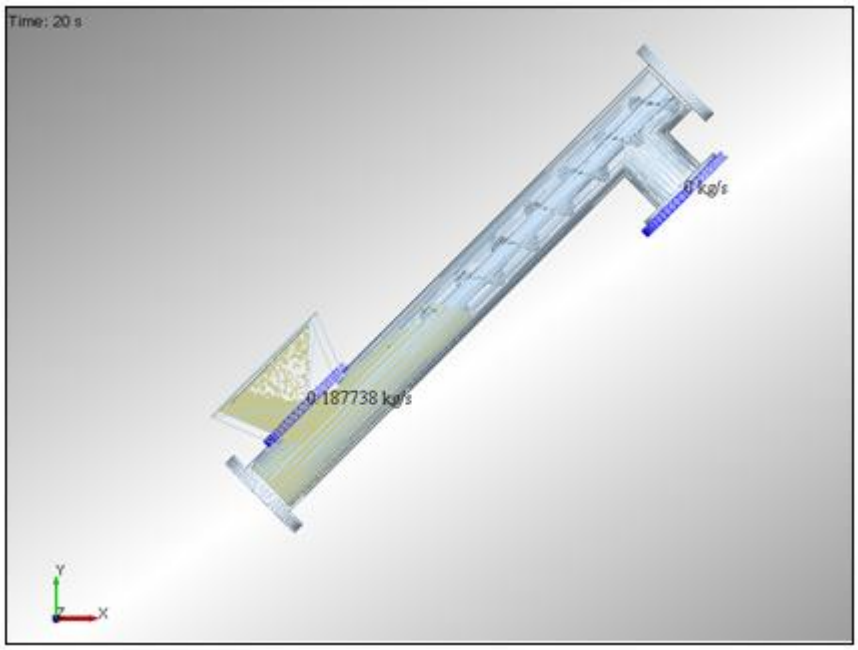
besleme kovasında ki dar boğazda tasarımsal olarak malzeme yığılmasının engellemesi kaynaklı bu azalmanın olduğu yorumu yapılmıştır.

**Malzeme akışı bu eğimde ve oluk boşluğunda diğer akışlara göre daha az sürmüştür. (30 saniye süre zarfında ilk akış 27,59 saniye de gerçekleşmiştir.) Bu kadar az süre zarfında bile bu kadar fazla kayıp bulunması simülasyon süresinin arttırılması ile bu ortalama kaybın daha fazla artacağı öngörülmektedir.

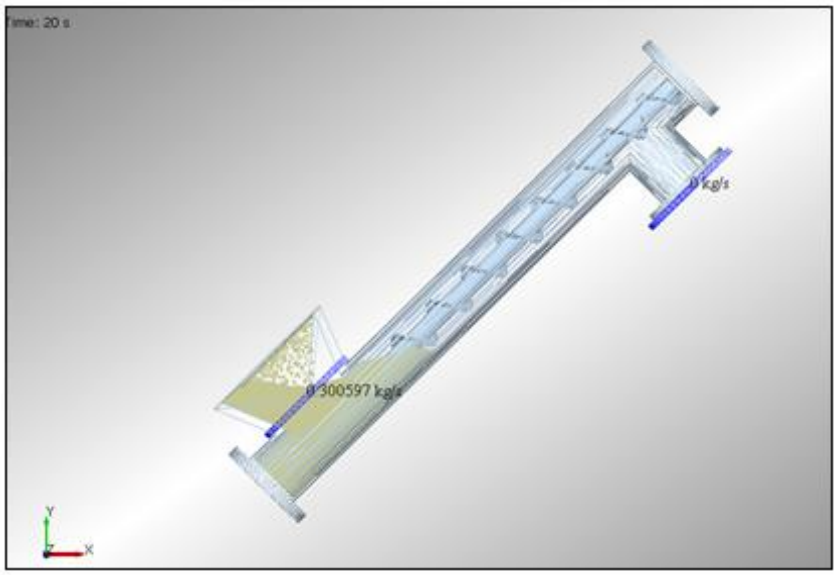
6.2 Kum

Kum analizlerimiz de ilk olarak aynı oluk boşluklarında farklı eğimli sistemler de çıkış debileri incelenmiştir. Çıkan sonuçlara göre;

- Aynı oluk boşluklarında çakıl taşında olduğu gibi kum analizlerimizde de eğim arttıkça malzemenin sistemde ki iletim süresi arttığı gözlemlenmiştir.
- Aynı şekilde sistemde eğim arttığında parçacıkların çıkış debilerine ulaşma süreleri arttığı için sistem içinde ki akış hızları da eğim ile beraber ters orantılı olarak azalmaktadır.
- Aynı oluk boşluklarında eğim derecesi arttığında malzeme akış debisinde ki dalgalanmaların çakıl taşında olduğu gibi arttığı gözlemlenmiştir.
- 3 mm oluk boşluğuna sahip tasarımda ulaşılan maksimum debi 2,0 - 2,5 kg/sn arasındadır. 9 mm oluk boşluğunda bu değer 1,2 – 1,4 kg/sn, 18 mm oluk boşluğunda 1,0-1,2 kg /sn ve son olarak 25 mm oluk boşluğuna sahip sistemde ise maksimum 0,8-0,9 kg/sn çıkış debilerinde olduğu görülmüştür.
- Parçacığımızın çapı 6 mm olduğu tekrar düşünüldüğünde 3 mm ve 9 mm oluk boşluğuna ve 45 eğime sahip sistemlerimizde malzeme akışımız gerçekleşmiştir. Fakat 18 mm ve 25 mm oluk boşluğuna sahip sistemlerimizde herhangi bir akış gözlemlenmemiş malzeme sistemin içinde yığılmıştır. Bu sebepten ötürü oluk boşluğu için en ideal ölçünün taşınacak parça çapından en fazla 1,5 katı kadar fazla olması gerektiği incelenmiştir.

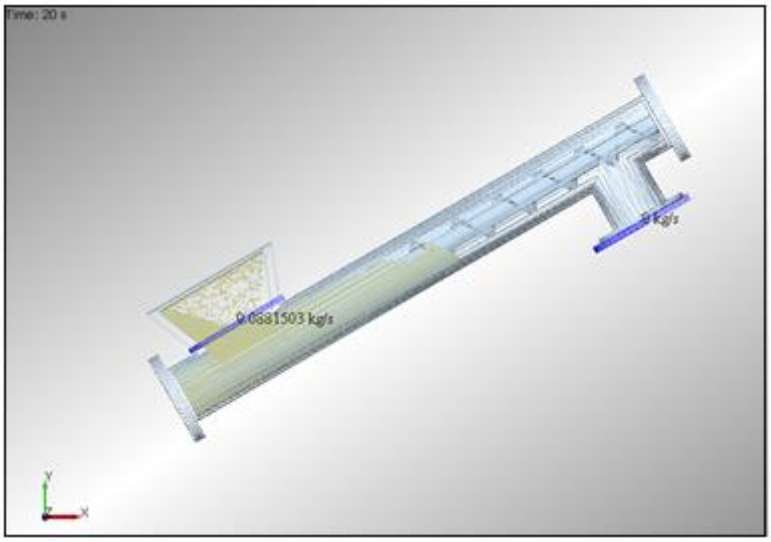


Şekil 6.5 Oluk boşluğu 18 mm eğim 45 derece olan tasarım



Şekil 6.6 Oluk boşluğu 25 mm eğim açısı 45 derece olan tasarım

- 25 mm lik oluk boşluğunda akış debisinin çok azaldığı 45 derece eğimin yanı sıra 30 derece de eğimde bile akış gerçekleştirilemediği gözlemlendiği için sistemlerde küçük çapa sahip parçaların her ihtimale karşı en fazla 30 derece eğimde olması gerektiği sonucu çıkarılmıştır.



Şekil 6.7 Oluk boşluğu 18 mm eğim 30 derece olan tasarım

Direk oluk boşluklarının küçük çaplı taneciklerde sistem üzerine etkisini görebilmek adına aynı eğimlerde farklı oluk boşluklarına sahip sistemler incelenmiştir. Bu duruma göre;

- Sistemimiz yatay konumda iken malzeme iletim hızı en fazla olan durum oluk boşluğunun 3 mm olduğu tasarım olarak incelenmiştir. Daha sonra bu eğimde sırasıyla 9 mm, 18 mm ve 25 mm olarak gözlemlenmiştir.
- Sistemimizin eğimi sırasıyla arttırıldığında iletim hızı olarak sıra bozulmamış olup en hızlı 3 mm olacak şekilde, 9mm, 18 mm ve 25 mm olarak devam etmiştir.
- 0 derece eğime sahip sistemlerimizde maksimum çıkış debimiz 1,6 – 1,8 kg/sn olarak, 15-30 derecede bu değer 2-2,5 kg/sn ve 45 derecede 0,8-1,0 kg/sn olarak gözlemlenmiştir. Bu azalmanın sebebi ise geriye doğru malzeme akışının artması ve bu sebeple hatveler arası doluluk oranının fazla olması olarak yorumlanmıştır.

Çakıl taşı analizlerinde olduğu gibi kum analizlerinde de oluk boşluğunun ve eğim faktörlerinin giriş ve çıkış debilerinin arasında ki malzeme kayıplarına olan etkisi de incelenmiş olup aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Aynı yöntemlerde analizlerin gerçekleştiği süre zarfında 200 adet veri çekilmiş olup ortalama değerler hesaplanmıştır.

Çizelge 6.2 Kum analizinde ki 20 saniyede ki ortalama malzeme kayıpları

Oluk Boşluğu / Eğim	**0^0**	**15^0**	**30^0**	**45^0**
3 mm	0.07 kg/s	0.08 kg/s	0.4 kg/s	0.69 kg/s
9 mm*	0.13 kg/s*	0.14 kg/s*	0.29 kg/s*	0.43 kg/s*
18 mm	0.23 kg/s	0.33 kg/s	0.5 kg/s	Akış Yok**
25 mm	0.32 kg/s	0.49 kg/s	Akış Yok**	Akış Yok**

*Oluk boşluğunun parçacık çapının boyutundan 1,5 katı olduğu (9 mm) durumlarda malzeme kaybının azaldığı görülmektedir. Bu durumda A.W.Roberts'in "Helezon Konveyör Sistemlerinde Granüler Vorteks Hareketinin Volumetrik Performansa Etkisi" adlı makalesinde, parçacıkların aşınmasını ve artan enerji kaybına yol açan boşluk alanında partiküllerin sıkışmasını önlemek için oluk boşluklarının ürün boyutundan en az 1,5 kat daha büyük olması gerektiği fakat aşırı kaymayı önlemek ve daha yüksek açılarda verim kaybını önlemek içinde parçacık büyüklüğü yaklaşık azami olarak üç kat olacak bir değer ile sınırlandırılmalıdır yorumu tarafımızdan bulunan ideal 9 mm oluk boşluğu sonucu ile uyuşmuştur [4].

*Ek olarak bu oluk boşluğunda malzeme kaybının azalması konveyör sisteminin malzeme çıkışı kısmında ortadan kaçışın dıştan kaçışa göre fazla olması kaynaklı yorumlanmıştır.

**Malzeme akışı daha önce bahsedildiği üzere bu oluk boşluklarında ve eğimde gerçekleşmemiştir.

Yukarıdaki tabloya göre eğim ve oluk boşluğu arttırıldığı zaman sistemde ki malzeme kayıplarının genel olarak artan bir ivmede olduğu belli bir sınırdan sonra akışın gözlemlenmediği yapılan analizlerde görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] MFM Mühendislik, Konveyör Nedir, www.mfmmuhendislik.com/konveyor/53/Konvey%C3%B6r-nedir?.html, 20 Mart 2018.

[2] Roberts, A.W. ve Willis, A.H., (1962). "Performance of Grain Augers", Proc. of the Institution of Mechanical Engineers, 176:165-194.

[3] Charitkumar, K. ve Goswami, T.K., (2013). "Modeling of material flow and particle breakage inside cryogenic grinder", IIT Kharagpru Agricultural and Food Engineering Department, 1, India.

[4] Roberts, A.W., (1999). "The influence of granular vortex motion on the volumetric performance of enclosed screw conveyors", Powder Technology, 104:56-67.

[5] Owen, P.J.ve Clearly, P.W., (2009). "Prediction of screw conveyor performance using the Discrete Element Method (DEM)", Powder Technology, 193:274-288.

[6] WAM Group, (2002). Cema Screw Conveyors Wam Shaftless Screw Conveyors Drag Conveyors, Bucket Elevators, Yayın No:1, Texas.

[7] Powder Bulk Solids, Shaftless Screw Conveyors: a Perfect Solution for Handling Bulk Solids, www.powderbulksolids.com/article/shaftless-screw-conveyors-perfect-solution-handling-bulk-solids, 21 Mart 2018.

[8] KWS Design Engineering Manufacturing, Screw Conveyor Systems, www.kwsmfg.com/resources/articles/screw-conveyor-systems-article/, 23 Mart 2018.

[9] Beşergil, B.,(2012). Taneli Katılarla İlgili İşlemler Mekanik Ayırma, Celal Bayar Üniversitesi Proje Çalışmaları, 1, Manisa.

[10] Sağırlı, A. ve Boğoçlu, M.E., (2009). Transport Tekniği 2, Yıldız Üniversitesi Yayınları, 1, İstanbul.

[11] Pezo, L., Jovanovic, A., Pezo, M., Colovic, R. ve Loncar, B., (2015). "Modified screw conveyor-mixers – Discrete element modeling approach", Advanced Powder Technology, 26:1391-1399.

[12] Gerdemeli, İ. (2016). Helezon Konveyörler, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1, İstanbul.

[13] DIN 15261, (1952). Schneckenförderer, DIN, 1. Baskı, Berlin.

[14] Walker, F.R., (1986). Walker's Building Estimator's Reference Book, Twenty Sixth Edition, Frank R. Walker Co., Illinois.

[15] Roberts, A.W. ve Mcbride, W., (1993). "Mechanics of screw feeder performance for bulk solids flow control", The Institution of Mechanical Engineers, 18:67-73.

[16] Orefice, L. ve Khinast, J.G., (2016). "DEM study of Granular Transport in Partially Filled Horizontal Screw Conveyors", Powder Technology,305:347-356.

[17] EDEM, Edem Software, www.edemsimulation.com/software/, 20 Mart 2018.

[18] Msc, Software, Application Examples using Adams-EDEM Co-Simulation, http://simulatemore.mscsoftware.com/digthedirt/, 25 Mart 2018.

[19] Xiao, Y., Asce, S.M., Tutumluer, E., Asce, M. ve Quian, Y., (2014). "DEM Approach for Engineering Aggregate Gradation and Shape Properties Influencing Mechanical Behavior of Unbound Aggregate Materials", Asce, 234:2898-2910.

[20] EDEM for Academia, Measurement and Verification of Friction Coefficient Using Experiments and DEM Simulation, www.edemsimulation.com/spotlight/measurement-verification-friction-coefficient-using-experiments-dem-simulation/, 30 Mart 2018.

[21] EDEM for Academia, BioChipFeeding: Wood Chip Feeding Technology of the Future for Small-scale Biomass Boilers, www.edemsimulation.com/spotlight/biochipfeeding-wood-chip-feeding-technology-future-small-scale-biomass-boilers/, 30 Mart 2018.

[22] Dem Lateral Earth Pressure, Contact Models, demlateralearthpressure.weebly.com/contact-models.html, 01 Nisan 2018.

[23] EDEM, (2016). Edem 2.6 User Guide, EDEM, Edinburgh.

[24] Robot & Machines Design, Malzemeler arasındaki sürtünme katsayıları tablosu, www.robot-and-machines-design.com/en/Tables-Lists/555-Static-and-Dynamic-Friction-Coefficient-Table.html, 10 Ekim 2017.

[25] Encyclopedia Britannica, Sand, www.britannica.com/science/sand, 20 Ocak 2018.

.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Onur DEDEOĞLU

Doğum Tarihi ve Yeri : İzmir - 1991

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : dedeoglu_onur@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Makine Müh.	İzmir Yüksek Teknoloji Ens.	2014
Lise	Fen	Karşıyaka Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2016-	Norm Cıvata	Ürün Mühendisi
2014-2014	IYTE Test Lab.	Arge Mühendisi