

**T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YAPI KİMYASALLARI ÜRETİM TESİSLERİNDE KULLANILAN  
UZUN HELEZON KONVEYÖRLERDE SIKIŞMA PROBLEMİ VE  
ÇÖZÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem ÖZTÜRK TEMUR**

**Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DENKTAŞ**

**Mayıs 2019**

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YAPI KİMYASALLARI ÜRETİM TESİSLERİNDE KULLANILAN  
UZUN HELEZON KONVEYÖRLERDE SIKIŞMA PROBLEMİ VE  
ÇÖZÜMÜ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özlem ÖZTÜRK TEMUR

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 17/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr.  
Salim ASLANLAR  
Jüri Başkanı

  
Dr. Öğretim Üyesi  
Mustafa DENKTAŞ  
Üye

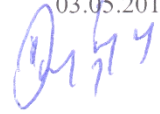
  
Dr. Öğretim Üyesi  
İdris KARAGÖZ  
Üye

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Özlem ÖZTÜRK TEMUR

03.05.2019



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DENKTAŞ'a, teşekkürlerimi sunarım.

Atölye olanakları konusunda yardımlarını esirgemeyen Varlık Makina San. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti.'ye ve bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Sayın Vedat ÖZDİL'e teşekkür ederim.

Bu çalışmayı hazırlamamda en başından sonuna kadar manevi desteğini eksik etmeyen, hep yanımda olan sevgili eşim Erdoğan TEMUR'a ve çocuklarım Çınar Alp ve Anıl Çağlar TEMUR'a göstermiş oldukları sabırdan dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, akademik birikimini paylaşmaktan çekinmeyen İstanbul Arel Üniversitesi Makine Programı Öğr. Gör. Gökhan GÜNHAN'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xiii
SUMMARY .....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Literatür Özeti .....	2
BÖLÜM 2.	
HELEZON KONVEYÖRLERİN TANIMLANMASI .....	5
2.1. Helezon Konveyörlerin Avantajları ve Dezavantajları.....	6
2.1.1. Helezon konveyörlerin avantajları .....	7
2.1.2. Helezon konveyörlerin dezavantajları.....	7
2.2. Helezon Konveyörleri Oluşturan Parçalar .....	8
2.3. Helezon Konveyör Uygulamaları.....	9
2.4. Helezon Konveyörlerin Sınıflandırılması .....	12
2.4.1. Yatay helezon konveyörler .....	13
2.4.2. Düşey helezon konveyörler .....	13
2.4.3. Eğik helezon konveyörler.....	15
2.5. Helezon.....	16
2.5.1. Helezon çeşitleri ve modifikasyonları.....	18

### BÖLÜM 3.

HELEZON KONVEYÖRLER İLE İLETİLEN MALZEMELER .....	21
3.1. Dökme Mallar .....	21
3.2. Malzemelerin Sınıflandırılması .....	25

### BÖLÜM 4.

HELEZON KONVEYÖRLERDE HESAPLAMALAR.....	28
4.1. Helezon Konveyörlerde İletim Kapasitesi Hesabı .....	28
4.2. Özel Hatveli ve Modifiye Edilmiş Kanatlı Konveyörler İçin Kapasite Hesabı.....	32
4.3. Helezon Konveyör için Gerekli Güç Hesabı.....	34
4.4. Helezon Milinin Hesabı .....	35
4.4.1. Helezon milindeki basma gerilmesi .....	37
4.4.2. Helezon milindeki eğilme gerilmesi.....	38
4.4.3. Helezon milindeki burulma gerilmesi .....	40
4.4.4. Helezon milindeki bileşik (eşdeğer) gerilme .....	40

### BÖLÜM 5.

MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
5.1. Materyal .....	41
5.2. Yöntem .....	41
5.2.1. Kullanılan araç-gereçler .....	41
5.2.1.1. DEM (Discrete Element Method) ayrık elemanlar metodu.....	41
5.2.1.2. DEM (Discrete Element Method) ayrık elemanlar metodunun uygulanması .....	42

### BÖLÜM 6.

BULGULAR ve TARTIŞMA .....	45
6.1. Nümerik Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi .....	45
6.1.1. Sabit açısal hızlarda taşıma kapasitesinin etkisi.....	45
6.1.2. Sabit iletim kapasitesinde farklı açısal hızların etkisi .....	57

6.2. Deneysel Çalışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	63
6.2.1. Helezon mil çapı düzenlenerek sıkışma probleminin çözümü.....	64
6.2.2. Helezonun giriş kısmında dar hatve kullanılarak sıkışma probleminin çözümü.....	65
6.2.3. Helezon miline ara yatak montajı yapılarak sıkışma probleminin çözümü .....	66

## BÖLÜM 7.

SONUÇ VE ÖNERİLER .....	68
-------------------------	----

KAYNAKLAR.....	72
----------------	----

ÖZGEÇMİŞ .....	74
----------------	----

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Kesit alan
$A_t$	: Tekne genişliği
B	: Kama yuvası genişliği
C	: Helezon konveyörün eğiminin göz önüne alındığı bir katsayı
D	: Helezon çapı
DEM	: Discrete Element Method
DIN	: Alman Endüstri Standardı
$D_m$	: Mil çapı
$D_s$	: Helezon çapı
$D_t$	: Tahrik mili çapı
E	: Mil malzemesinin elastiklik modülü
F	: Helezon milindeki toplam itme kuvveti, eksenel kuvvet
f	: Toplam Direnç Katsayısı
$F_{BR}$	: Euler Yöntemine göre burkulmaya sebep olan kuvvet
$F_s$	: Döndürme momentinin karşılaması gereken sürtünme kuvveti (helezondaki teğetsel kuvvet)
$F_{SA}$	: A yatağındaki sürtünme kuvveti (teğetsel kuvvet)
$F_{SB}$	: B yatağındaki sürtünme kuvveti (teğetsel kuvvet)
G	: Milin ve helezonun toplam ağırlığı
H	: Yükseklik
I	: Milin düzlemsel eylemsizlik momenti
IV	: Gerekli debi ( $m^3/s$ )
IV'	: Seçilen debi (Eşdeğer debi) ( $m^3/s$ )
k	: Fazla yükleme katsayısı
KF	: Debi faktörü (KF1. KF2. KF3. KF4)
L	: İletim mesafesi



$l_k$	: Milin yataklama mesafesi
$L_k$	: Kama yuvası uzunluğu
$M_b$	: Mildeki döndürme momenti
$n$	: Milin devir sayısı (Açısal hız) (d/d)
$Q_m$	: İletim debisi
$r$	: Helezon kanatlarının sürtünme yarıçapı
$S$	: Helezon (vida) adımı-hatve
$T$	: Tekne sac kalınlığı
$V$	: İletim hızı (m/s)
$v$	: Malzemenin iletim hızı
$V_h$	: Hacimsel kapasite (m <sup>3</sup> /saat)
$W_b$	: Burulmaya göre mukavemet momenti
$W_e$	: Eğilmeye göre mukavemet momenti
$\eta$	: Verim
$q$	: Helezon ileticinin toplam birim ağırlığı
$q_0$	: Birim boydaki ağırlık
$q_m$	: Taşınan malzemeden ileri gelen birim boydaki ağırlık
$\gamma$	: Malzemenin yığılma özgül ağırlığı (t/m <sup>3</sup> )
$\varphi$	: Helezonun enine kesit alanının yükleme verimi
$\sigma_{eş}$	: Mildeki eşdeğer gerilme
$\sigma_b$	: Mildeki bası zorlanması
$\sigma_e$	: Mildeki eğilme gerilmesi
$\sigma_t$	: Normal gerilmeler (basma ve eğilme) toplamı
$\tau_b$	: Burulma gerilmesi

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Helezon konveyörün genel görünümü .....	6
Şekil 2.2. Helezon konveyörü oluşturan parçalar .....	8
Şekil 2.3. Kum taşıyan helezonlar.....	9
Şekil 2.4. Çeşitli boylardaki helezonların siloyu beslemesi.....	10
Şekil 2.5. Çeşitli kimyasalların helezonlar yardımı ile siloya taşınması.....	10
Şekil 2.6. Kalsit taşıyan helezonlar .....	11
Şekil 2.7. 5 adet helezonun siloya döküşü .....	11
Şekil 2.8. Farklı kimyasalların helezonlar ile taşınması ve 5 adet helezonun başka bir helezonu beslemesi .....	12
Şekil 2.9. Yatay helezon konveyör .....	13
Şekil 2.10. Düşey helezon konveyör.....	14
Şekil 2.11. Eğik helezon konveyör 1 .....	15
Şekil 2.12. Eğik helezon konveyör 2 .....	16
Şekil 2.13. Sağ ve sol helis .....	16
Şekil 2.14. Helezon türleri .....	17
Şekil 2.15. Helezon çeşitleri ve modifikasyonları .....	18
Şekil 3.1. Malzemelerin Sınıflandırılması .....	25
Şekil 4.1. DIN 15261'e göre helezon konveyör ölçüleri .....	28
Şekil 4.2. Helezon milindeki kuvvetler.....	38
Şekil 5.1. Malzeme özellikleri ve parçacık geometrisinin tanımlanması.....	42
Şekil 5.2. Helezon malzemesinin ve geometrisinin programa aktarımı.....	42
Şekil 5.3. Helezonun açısal hızı ve dönme hareketinin tanımlanması.....	43
Şekil 5.4. Parçacıkların giriş yüzeyi ve kapasite özelliklerinin girilmesi .....	43
Şekil 5.5. Analiz için yerçekimi ivmesinin tanımlanması .....	44
Şekil 5.6. Analiz için yerçekimi ivmesinin tanımlanması .....	44

Şekil 6.1. 80 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,0$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	46
Şekil 6.2. 80 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,2$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	47
Şekil 6.3. 80 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,4$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	47
Şekil 6.4. 80 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	48
Şekil 6.5. 80 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	48
Şekil 6.6. 100 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,0$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	49
Şekil 6.7. 100 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,2$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	50
Şekil 6.8. 100 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,4$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	51
Şekil 6.9. 100 d/d da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	52
Şekil 6.10. 100 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	52
Şekil 6.11. 120 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,0$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	53
Şekil 6.12. 120 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,2$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	54
Şekil 6.13. 120 d/d da iletim kapasitesi $Q = 1,4$ kg/s iken (a) $t = 2$ s, (b) $t = 4$ s, (c) $t = 6$ s, (d) $t = 8$ s için partikül durumu .....	55
Şekil 6.14. 120 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	56
Şekil 6.15. 120 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	56
Şekil 6.16. $Q = 1,0$ kg/s de farklı açisal hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	57

Şekil 6.17. $Q = 1,0$ kg/s de farklı açısal hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	58
Şekil 6.18. $Q = 1,2$ kg/s de farklı açısal hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	59
Şekil 6.19. $Q = 1,2$ kg/s de farklı açısal hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	60
Şekil 6.20. $Q = 1,4$ kg/s de farklı açısal hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi .....	61
Şekil 6.21. $Q = 1,4$ kg/s de farklı açısal hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi.....	61
Şekil 6.22. 165 mm çaplı 5 m uzunluğundaki helezon konveyördeki kritik noktalar ....	64
Şekil 6.23. Tasarım değişikliği yapılan 220 mm çaplı helezon konveyör .....	65
Şekil 6.24. 220 mm çaplı dar hatveli helezon konveyör .....	65
Şekil 6.25. 160 mm çaplı helezon da açısal hıza bağlı kapasite değişimi.....	66
Şekil 6.26. Ara yataklı helezon konveyör .....	67
Şekil 7.1. Sıkışmaya sebep olan parametreler.....	68

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Düşey helezon konveyörler için değerler .....	15
Tablo 3.1. Dökme malların parçacık ve tanecik durumuna göre sınıflandırılması .....	22
Tablo 3.2. Dökme malların yığın yoğunluğuna göre gruplandırılması .....	22
Tablo 3.3. Önemli dökme malların şev açıları ve sürtünme katsayıları (ortalama).....	23
Tablo 3.4. Bazı dökme malların aşındırma karakteristikleri.....	24
Tablo 3.5. Helezon konveyörlerde taşınabilecek malzeme büyüklükleri .....	26
Tablo 3.6. Maksimum topak büyüklüğü .....	27
Tablo 4.1. DIN 15261'e göre helezon konveyör ölçüleri helezon.....	29
Tablo 4.2. Helezon adımı (S) ve helezon çapı (D) ilişkisi.....	30
Tablo 4.3. Helezon konveyörlerde yükleme faktörü ( $\varphi$ ) .....	30
Tablo 4.4. Helezon konveyörlerde ( $\varphi = 0,3$ ) için iletim kapasitesi ve dönme sayıları..	31
Tablo 4.5. Helezon konveyörlerde eğim katsayısı (C).....	31
Tablo 4.6. Helezon konveyörün dönme hızları .....	32
Tablo 4.7. Helezon konveyörlerde bazı boyutlara bağlı olarak iletim kapasitesi .....	32
Tablo 4.8. Özel helezon debi faktörü ( $KF_1$ ).....	33
Tablo 4.9. Özel helezon kanat debi faktörü ( $KF_2$ ) .....	33
Tablo 4.10. Şerit helezon debi faktörü ( $KF_3$ ).....	33
Tablo 4.11. Paletli helezonlar için debi faktörü ( $KF_3$ ).....	34
Tablo 4.12. Helezon konveyörler için toplam direnç katsayısı (f).....	35
Tablo 6.1. 80 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	49
Tablo 6.2. 100 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	53
Tablo 6.3. 120 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	57

Tablo 6.4. $Q = 1.0$ kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	58
Tablo 6.5. $Q = 1.2$ kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	60
Tablo 6.6. $Q = 1.4$ kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri .....	62
Tablo 6.7. Sıkışma problemi yaşanan helezon konveyörlerin özellikleri .....	64
Tablo 7.1. Sıkışmaya sebep olan parametreler ve öneriler .....	68



# YAPI KİMYASALLARI ÜRETİM TESİSLERİNDE KULLANILAN UZUN HELEZON KONVEYÖRLERDE SIKIŞMA PROBLEMİ VE ÇÖZÜMÜ

## ÖZET

Kömür eleme paketleme tesisleri, kireç fabrikaları, entegre alçı tesisleri, yapı kimyasalları tesisleri yapımı, yedek parça ve servis bakımı yapan Varlık Makine firmasının yapı kimyasalları üretim tesislerinde toz ürün transferi için helezon konveyörler kullanılmaktadır. Kullanılan bu helezon konveyörlerin boyları transfer yapılacak yere ve projeye bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu helezonlardan 5 m den daha kısa olan helezon konveyörlerde hiçbir malzemede sıkışma problemi yaşanmaz iken, 5 m ve 5 m üzeri uzunluktaki helezon konveyörlerde malzeme sıkışma problemi yaşanmaktadır. Sıkışma sonucu iletimin durması ile bu helezonların beslediği mikser ve paketleme makinelerinin çalışmaları kesintiye uğramaktadır. Bunun yanı sıra helezon konveyör malzemelerinde kalıcı tahribatlara yol açmakta ve taşıma sisteminin ömrünü azaltmaktadır. İletimin aksaması büyük ve küçük tesislerde ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Helezonlardaki sıkışma problemini meydana getiren temel parametreler, parçacık boyutu, malzeme yığın yoğunluğu, malzeme sürtünme katsayısı, mil çapı, tekne çapı, mil et kalınlığı, helezon hatvesi, kanatçık tipi, motor gücü ve açısal hızlardır. Bu parametreler doğru bir şekilde değerlendirilip talep edilen kapasiteye göre üretim maliyeti de göz önünde bulundurularak konstrüksiyonu yapılmalıdır.

Yapılan bu çalışmada, yapı kimyasalları üretim tesislerinde kullanılan uzun helezon konveyörlerde sıkışma probleminin çözümü amaçlanmıştır. Bu problemin çözümü için, sıkışmanın gözlenmesi amacı ile mildeki kuvvet ve tork değerleri EDEM programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda farklı kapasite ve açısal hızlarda milin maruz kaldığı yükleme etkileri değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalarla da Varlık Makina San. İç ve Dış Tic. Ltd. Şti. tarafından üretilmiş ve sıkışma problemi gözlenmiş helezon konveyörlerde ölçümler yapılmış ve problemin çözümü adına mil çapı, hatve ve açısal hız düzenlenmiştir. Ayrıca bir helezon konveyör için de ara yatak eklenmesi ile problemin çözüldüğü görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Helezon konveyörler, sıkışma, helezon, konveyör

# **PROBLEM AND SOLUTION IN LONG SCREW CONVEYORS USED IN CONSTRUCTION CHEMICALS PRODUCTION FACILITIES**

## **SUMMARY**

In this thesis, screw conveyors are used for the transfer of powder products in the construction chemicals production facilities of “Varlık Machine” that makes coal sieving packaging plants, lime plants, integrated gypsum plants, construction chemicals facilities construction, spare parts and service maintenance. The length of these screw conveyors used varies depending on the location and the project. In this type of screw conveyors that are shorter than 5 m, material jamming problems are not observed. Because of the jamming, the operation of the mixer and packaging machines fed by these coils are interrupted with the stop of the transmission. In addition, it causes permanent damage to the screw conveyor materials and reduces the life of the conveying system. Failure of transmission causes serious economic losses in large and small plants.

The main parameters that cause the jamming problem are the particle size, material bulk density, material friction coefficient, shaft diameter, boat diameter, shaft thickness, helical pitch, fin type, engine power and angular velocities. These parameters is evaluated correctly and construction is done considering the production cost according to the requested capacity.

In this study, it is aimed to solve the problem of jamming in long screw conveyors used in construction chemicals production plants. For the solution of this problem, force and torque values on the shaft is examined by using “EDEM program” to observe the compression. As a result of the analyzes, the loading effects of the spindle at different capacity and angular velocities are evaluated. Experimental studies in the Asset Machine Industry, Domestic and Foreign Trade, Ltd. Sti. Measurements are made in the screw conveyors produced by them and the problem of compression is observed. In addition, it is seen that the problem is solved with the addition of an intermediate bed for a screw conveyor.

Keywords: Screw conveyors, compression, screw, conveyor



## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Taşıma sistemleri, her türlü üretim ve hizmet sektörünün vazgeçilmez bir elemanıdır. Örneğin; bir fabrikada yarı mamullerin ve mamüllerin üretime alınmasında, imalat sonrası depolanmasında, siparişlerin müşterilere ulaştırılmasında taşıma sistemlerine ihtiyaç vardır. Tüm sektörlerde, üretim ve işletme maliyetini azaltmak, üretim hızını arttırmak ve ürün kalitesini iyileştirilmek adına taşıma sistemlerinin uygun ve sorunsuz olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Üretimde kullanılan taşıma makineleri, iki temel grupta toplanabilir. Bunlardan biri süreksiz çalışan taşıma makineleri olarak adlandırılır. Örneğin; krikolar, palangalar, vinçler ve asansörler. Bir diğeri ise, bantlı konveyörler, kovalı elevatörler, havalı (pnömatik) ileticiler ve helezon konveyörleri içeren sürekli taşıma makineleridir. Süreksiz taşıma makineleri belirli bir çalışma süresi içinde yükleme, iletim ve boşaltma adımları ile gerçekleşen taşıma işlemini kesintili olarak gerçekleştiren makinelerdir. Sürekli taşıma makineleri ise belirli bir periyotda hiç durdurulmadan çalıştırılan ve sürekli malzeme iletimi yapan makinelerdir.

Sürekli taşıma makinelerinden helezon konveyörler yaygın olarak kimyasal fabrikalarda, tahıl işleme fabrikalarında ve her türlü toz, taneli malzemelerin (un, kum, şeker, çimento, kireç taşı, vb.) taşınması gereken yerlerde kullanılmaktadır. Helezon konveyörlerin taşıma esnasındaki verimliliği ve kesintisiz çalışması firmanın maliyeti, kalitesi ve zaman tasarrufu açısından önemli rol oynamaktadır. Helezon konveyörlerde yaşanacak bir problemde imalat kesintiye uğrayacak ve işletmenin termin sürelerini olumsuz etkileyecektir. Bu yüzden işletmede kullanılacak helezon konveyörler, taşınacak malzemenin cinsine uygun tasarlanmış olarak seçilmelidir.

Bu çalışmada, yapı kimyasalları üretim tesislerinde sıkışma problemi yaşanan 5 m ve 5 m üzeri helezon konveyörlerin tasarımı incelenerek sıkışma probleminin çözümü adına iyileştirmeler yapılmıştır. Sıkışmayı etkileyen parametreler tespit edilmiş ve bu parametreler üzerindeki düzenlemelerin sıkışma üzerinde nasıl bir etkisi olduğu gözlenmiştir. Helezon konveyördeki malzeme akışı sayısal olarak modellenip, imalatında kullanılan malzemenin mukavemet değerleri hesaplanarak yorumlanmış ve sıkışma problemine çözüm önerileri sunulmuştur.

Helezon konveyörlerde sıkışma problemin çözümü ile ilgili tez veya özgün bir çalışma yapılmamıştır. Bu konu ile bağlantılı olarak yapılmış çalışmalarda elde edilen bulgu ve sonuçlar literatür özeti kısmındaki gibidir.

### **1.1. Literatür Özeti**

Dursun (1995), çalışmasında helezon konveyörün tanımını ve çalışma prensibini, kısımlarının tanıtılması, iletilen malzemelerin sınıflandırılması ve helezon konveyörün kapasitesinin ve gücünün hesaplanması ve çimento için bir helezon konveyör tasarımı yapmıştır.

Robert (2001), çalışmasında boru şeklindeki tamamen kapalı vidalı konveyörler ile ilgilidir. Verim, tork ve güç, katı maddenin vorteks hareketinden önemli ölçüde etkilenir. Vorteks hareketi, doldurma derecesiyle birlikte, volumetrik verimliliği ve dolayısıyla üretim miktarını yönetir. Bu da tork, güç ve taşıma verimliliğini etkiler. Belirtilen herhangi bir geometrik şekildeki vidalı konveyörlerin performansını tahmin etmek için bir teori sunulmaktadır. Döküm malzemenin akış özelliklerinin konveyör performansı üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

Nogay (2007), çalışmasında helezon konveyörlerin tasarım kriterlerini incelemiş ve hesaplama kurallarını ortaya koymuştur. Doğru ve başarılı bir helezon konveyör tasarımının parametrelerinin iyi analiz edilmesi gerektiği üzerinde durmuş.

Tasarımda, helezon konveyörden istenen iş (taşıma hızı, taşıma uzaklığı, kapasite) taşınacak malzeme özellikleri, iş güvenliği, ekonomik ve verimliliğin bir bütün olarak ele alınması gerektiğinin üzerinde durmuştur. Helezon konveyörlerinin dizaynında taşınacak malzemenin özellikleri (Tane büyüklüğü, tane geometrisi, malzeme akışkanlığı, malzeme sıkışabilirliği, malzemenin kimyasal özellikleri ve patlayıcılığı) hakkında daha detaylı çalışmaların yapılması, deneysel ve ampirik yöntemlerin geliştirilmesinin helezon konveyörlerinin tasarımında önemli bir rol oynayacağını vurgulamıştır.

Dökmen (2007), çalışmasında helezon konveyörlerde kullanılan kanat tasarımlarını incelemiştir. Helezon konveyörlerin tanımlanması; bu konveyörlerin uygulama esasları, taşınan malzemelerin özellikleri ve hesaplama esaslarının genel olarak incelenmesini ele almıştır. Helezon konveyör vidalarını oluşturan kanat konstrüksiyonlarının incelenmesi, uygulamada kullanılan tüm kanat tipleri ve modifikasyonlarını ele almıştır. Her bir kanat tipi için kullanım alanları, boyutları, avantaj ve uygulamada karşılaşılan sınırlamalar ile ilgili bilgiler vermiştir.

Owen ve Cleary (2009) çalışmalarında, Helezon konveyörlerin, helezonun dönme hızı, eğimi ve dökme malzemenin hacimsel dolun seviyesi gibi çalışma koşullarının, Discrete Element Method (DEM) kullanılarak performansını nasıl etkilediği incelenmiştir.

Hu, Chen, Jian, Wan ve Liu (2010) çalışmalarında, Parçacıkların hareketinin görselleştirilmesi, parçacıkların açısız ve aksel hızları, toplam tork ve kuvveti kinetik enerji ve toplam enerji yayılımı dahil olmak üzere bir helezon konveyörün performansının çalışma koşullarına bağlılığını Discrete Element Method (DEM) kullanılarak analiz edilmişlerdir.

Bolat ve Boğoçlu (2012) çalışmalarında, Helezon konveyörlerde iletim kapasitesinin bağlı olduğu parametreler (helezon konveyörün boyutunu, geometrisini ve iletilen malzemenin özellikleri) ve akış hızının değişimi deneysel çalışma ile incelenmiştir.

Yücesan (2015), çalışmasında helezon konveyörlerin işlevinin ve tasarım kriterleri tanıtılarak, helezon konveyörler ile taşınan malzemelerin sınıflandırılması, deneylerde kullanılan polipropilen malzemesinin özellikleri tanıtılmıştır. Bolat ve Boğoçlu (2012) 'nun yapmış oldukları konveyör deneylerinin bilgisayar ortamında modellemiştir. Elde edilmiş olunan konveyör iletim kapasitesi değerlerine nasıl bir yaklaşım sağladığının belirlenmesi ve helezon hızının, taşınan malzeme boyutunun, helezon konveyörün eğiminin ve helezon ile oluk arasındaki boşluğunun değişiminin helezon iletim kapasitesine yaptığı etkileri incelenmiştir.



## **BÖLÜM 2. HELEZON KONVEYÖRLERİN TANIMLANMASI**

Helezon konveyörler birçok endüstri ve iş kollarında, toz, sıvı veya küçük taneli malzemelerin iki nokta arasında taşınması için kullanılan makinelerdir. Kompakt tasarımının avantajlarıyla beraber iyi bir kapasite kontrolü, düşük bakım maliyeti ve maddelerin sürekli, güvenli taşınmasına olanak sağlar (Colijn, 1985, s.115).

İnsanlık tarihinin bilinen en eski iletim araçlarından olan helezon konveyörler günümüzde madenler, tarım ürünleri, tıbbi ürünler, kimyasallar, kuru renklendiriciler, plastik, çimento, kum ve tuzun taşınması gibi geniş bir uygulama alanına sahiptir (Sağırılı ve Boğoçlu, 2009, s.35). Şekil 2.1.'de helezon konveyörün genel görünümü verilmiştir.

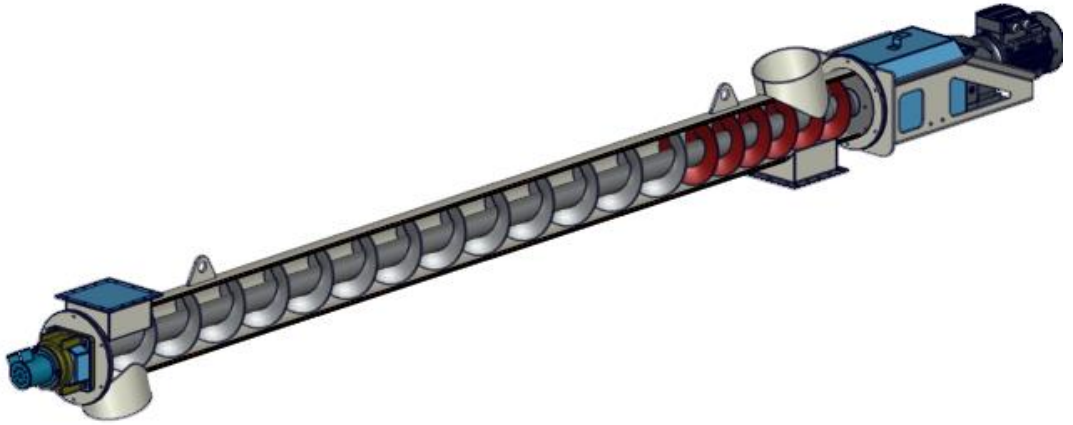
Helezon konveyör ayaklar üzerine oturan giriş ve çıkış olukları bulunan bir tekne (yatak) ve bu tekne içinde yataklanmış olan bir mil üzerine helezon şeklinde sarılmış çeşitli kalınlıklarda ve hatvelerde kanatlardan meydana gelmektedir.

Üzerinde helis kanatlar sarılı olan mil, bir ucundan tahrik sistemi ile tahrik edilir. Taşınacak olan malzeme, bir veya daha fazla sayıda besleme ağzından helezon konveyöre doldurulur. Malzemenin tekne boyunca kayma ilkesi, dönmesine engel olunan bir somunun içindeki vidanın döndükçe yaptığı öteleme hareketin bir benzeridir. Yük, malzemenin ağırlığı ve tekne duvarları arasındaki sürtünme nedeniyle helezon ile birlikte dönmez. Böylece, öteleme hareketi yapan, ürün teknenin öbür ucundan veya teknenin altına açılmış ağızlardan boşaltılır. Bu şekilde ürünün taşınması sağlanmış olmaktadır (Roberts, 2001). Helezon sarılı milin hareketi için tahrik sistemi motor, kaplin ve/veya dişli kutusundan oluşmaktadır. Helezon konveyörler, vidalı konveyör olarak da adlandırılır.

Endüstriyel uygulamalarda bir noktadan başka bir noktaya taşınacak hammaddenin özelliği, taşınacak iki nokta arasındaki mesafe ve kapasite gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak helezon konveyörlerinin tasarımı değişiklik göstermektedir.

Helezon konveyörlerde malzemelerin iletim kapasitesi üç parametreye bağlıdır. Bunlar, konveyörün boyutu, geometrisi ve iletilen malzemenin özellikleridir (Bolat ve Boğoçlu, 2012, s.207).

Helezon konveyörler kullanım amaçlarına ve iletimin özelliğine göre çeşitli yapılarda imal edilebilirler. Bu helezon konveyör tipleri, sabit hatveli helezon konveyörler, artan hatveli helezon konveyörler, konik milli helezon konveyörler, milsiz helezon konveyörler ve çok yollu helezon konveyörler olarak sıralanabilir.



Şekil 2.1. Helezon konveyörün genel görünümü

## 2.1. Helezon Konveyörlerin Avantajları ve Dezavantajları

Birçok endüstriyel alanda kullanılan helezon konveyörlerin birçok avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Helezon konveyörlerin avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

### **2.1.1. Helezon konveyörlerin avantajları**

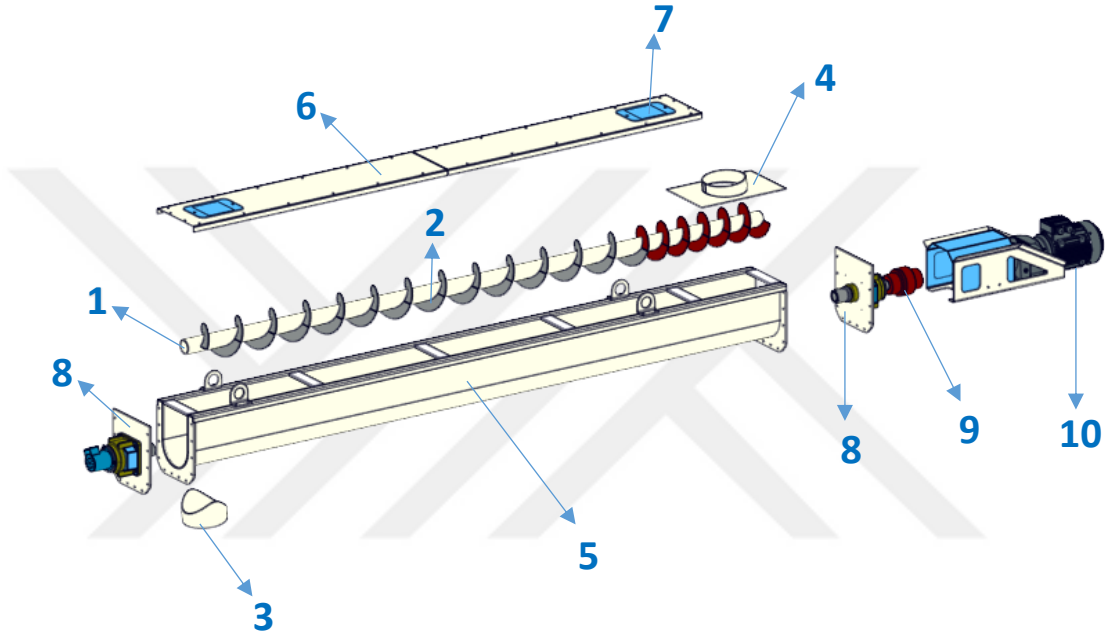
- Helezon konveyörlerde malzeme düşey, yatay ve eğimli olarak iletebilirler.
- Eğim açısı, Helezon konveyörün konstrüksiyonuna göre istendiği zaman değiştirilebilir.
- Sıkışık ve dar yerlerde az yer kapladıklarından rahatça kullanılabilirler.
- Ana giriş ve çıkış ağzlarından başka giriş ve çıkış ağzı olabilir. Ana giriş ve çıkış ağzları hariç diğer ağzlar kontrol kapakları ile kapatılır.
- Koku yayan malzemeler ya da toz çıkaran malzemeler için sızdırmazlık sağlar.
- Farklı helezon yatağı kalınlıklarından ve kanat kalınlıklarından meydana gelirler.
- Kontrol edilebilir bir akış sağlar.
- Helezon teknesi su ceketini ile kaplanarak taşınan malzemenin ısıtılması veya soğutulması sağlanabilir.
- Helezon konveyörlerde hareketli tek parça helezondur. Bu nedenle yapıları çok basittir.
- Bakım onarımı ve tasarımı basittir.

### **2.1.2. Helezon konveyörlerin dezavantajları**

- Taşınan malzeme helezon kanatlarına ve helezon yatağına sürtündüğünden malzemenin bir kısmı zarar görebilir.
- Sürtünme sebebi ile helezon konveyörü oluşturan parçalar zarar görebilir. Zarar gören parçaların bakımı ve değişimi gerektiğinden ekstra maliyet ortaya çıkar.
- Güç gereksinimleri ve taşıma oranları taşınacak malzemenin cinsine bağlıdır.
- Birim zamanda taşınan madde miktarının düşük olması.
- Aşındırıcı, iri parçalı, yapışkan ve kolay kırılır malzemelerin taşınması sırasında sıkışma meydana gelebilir (Yücesan, 2015, s.6).

## 2.2. Helezon Konveyörleri Oluşturan Parçalar

Helezon konveyörler standart parçalardan oluşabileceği gibi kullanılacağı yerlere ve taşınacak olan malzemelerin özelliklerine bağlı olarak standart dışı parçalar da helezon konveyör imalatında kullanılabilir. Helezon konveyörler modüler bir yapıdadırlar ve Şekil 2.2.'de Helezon konveyörü oluşturan parçalar gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Helezon konveyörü oluşturan parçalar

1. Helezon mili
2. Helezon
3. Besleme ağızı
4. Çıkış ağızı
5. Helezon yatağı (tekne)
6. Üst kapak (U tipi helezonlarda)
7. Gözetleme kapağı
8. Ön ve arka kapaklar
9. Kaplin, Salmastra
10. Motor-Redüktör



### 2.3. Helezon Konveyör Uygulamaları

Helezon konveyörler genellikle bir malzemeyi bir yerden başka bir yere taşımak için veya malzemeyi arabalardan, ambarlardan ve yığınlardan boşaltmak için kullanılırlar. Konveyörlerin genel olarak kullanıldıkları alanlar kimyasal fabrikalar, tahıl saklama, tahıl işleme fabrikaları ve beslemeli değirmenlerdir.

Helezon konveyörlerde malzemenin taşınması sırasında hacim kontrolü de yapılabilir. Bu hacim kontrol işlemini gerçekleştirebilmek için helezon konveyörlerin giriş ağzında besleyiciler kullanılır. Besleyiciler özellikle yağ endüstrisi, kurutucular ve değirmenler gibi hacim kontrolünün yapılması önemli olan alanlarda kullanılır (Spivakovsky ve Dyachkov, 1984, s.260).

Varlık Makinenin imalatını yapıp kurmuş olduğu çeşitli tesislerdeki, çeşitli helezon uygulamaları Şekil 2.3., Şekil 2.4., Şekil 2.5., Şekil 2.6., Şekil 2.7.ve Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Kum taşıyan helezonlar



Şekil 2.4. Çeşitli boylardaki helezonların siloyu beslemesi



Şekil 2.5. Çeşitli kimyasalların helezonlar yardımı ile siloya taşınması



Şekil 2.6. Kalsit taşıyan helizonlar



Şekil 2.7. 5 adet helizonun siloya döküşü





Şekil 2.8. Farklı kimyasalların helezonlar ile taşınması ve 5 adet helezonun başka bir helezonu beslemesi

## 2.4. Helezon Konveyörlerin Sınıflandırılması

Helezon konveyörler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Çalışma eksenine göre helezon konveyörleri

- a. Yatay helezon konveyörü
- b. Düşey helezon konveyörü
- c. Eğik helezon konveyörü
- d. Esnek helezon konveyörü

Kullanım amaçlarına göre helezon konveyörleri

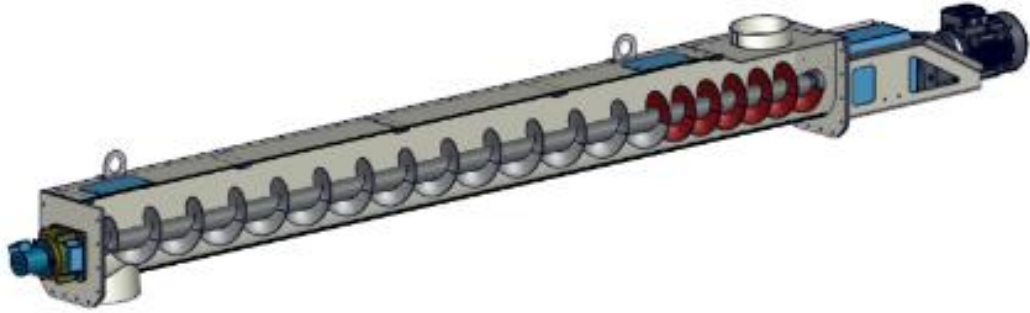
- a. İletici helezon konveyörleri
- b. Besleyici helezon konveyörleri
- c. Karıştırıcı helezon konveyörleri
  - Soğutma helezon konveyörleri
  - Kurutma veya suyunu giderme helezon konveyörleri
  - Sıkıştırma helezon konveyörleri
  - Isıtma, pişirme helezon konveyörleri

### 2.4.1. Yatay helezon konveyörler

Yatay helezon konveyörün genel görünüşü Şekil 2.9.'da gösterilmiştir. Helezon konveyör Malzemenin yatay olarak taşınmasında kullanılır.

Malzemeler bir H yüksekliğine taşınacak ise, yatay ve düşey helezon konveyörler beraber kullanılmalıdır. Ya da bu her iki helezon konveyör yerine eğik helezon konveyörler kullanılır.

Yatay helezon konveyörü çalıştırmak için gerekli olan güç kaynağı, konveyöre ve diğer tasarım kriterlerine uygun montaj, düzgün ve düzenli besleme hızı gerektirir.

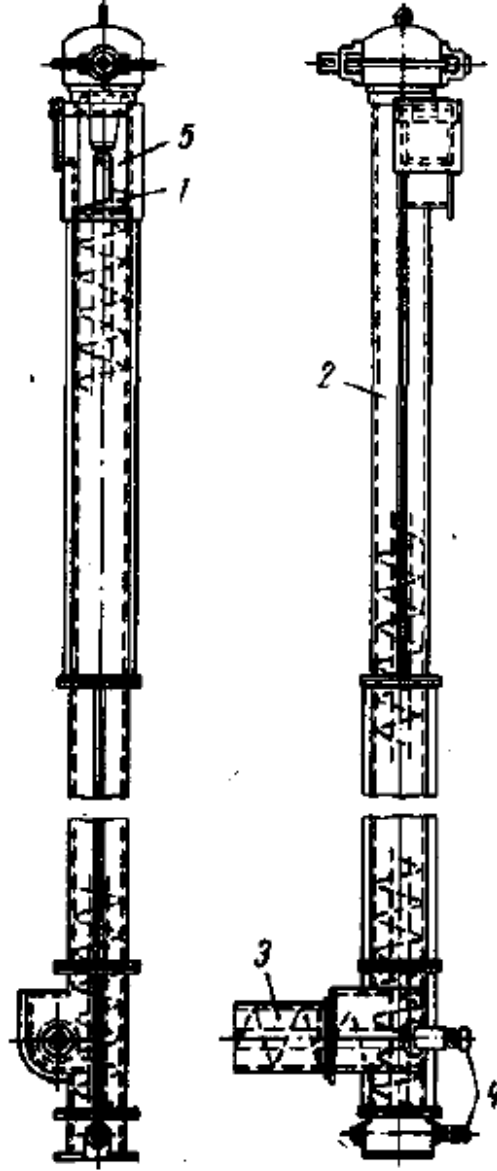


Şekil 2.9. Yatay helezon konveyör

### 2.4.2. Düşey helezon konveyörler

Bir düşey helezon konveyörünün genel görünüşü Şekil.2.10.'da gösterilmiştir. Buradaki düşey helezon malzemeyi H yüksekliğine taşımaktadır. Şekil 2.5.'de biri yatay 3 numaralı helezon konveyör, biri de düşey 2 numaralı helezon konveyör yer almaktadır. Buradaki 3 numaralı kısa yatay helezon konveyör, 2 numaralı düşey helezon konveyörü beslemektedir. 2 ve 3 numaralı helezon konveyör aynı motor ile hareket almaktadır. Bir konik dişli güç aktarma düzeneği ile birbirlerine kavratılırlar. Helezon Konveyör 2 üst tekne bölümündeki 5 penceresinden boşaltılır.

DüŖey helezon yüzeyine etki eden tüm dış kuvvetlerin etkisi altında malzeme, helezonunkinden daha küçük bir açisal hızla, döner ve bu sebeple tıpkı bir somunda olduğu gibi, helezon boyunca yukarı doğru harekete zorlanır (Gerdemeli, İmrak ve Kesikçi, 2005, s.146).



Ŗekil 2.10. DüŖey helezon konveyör (Spivakovsky ve Dyachkov, 1984, s.261).

DüŖey helezon konveyörler, yatay helezon konveyörlere göre daha yüksek bir hızda döner. Dolayısıyla güç tüketimi de aynı Ŗekilde yüksek olur (Spivakovsky ve Dyachkov, 1984, s.261). Tablo 2.1.'de yer alan değerler aşındırıcı olmayan ve serbest akışlı malzemeler için önerilen değerlerdir. Kurulu birimlerde, kaldırma yüksekliği 30 m ile sınırlıdır.

Tablo 2.1. Düşey helezon konveyörler için değerler (Spivakovsky ve Dyachkov, 1984, s.262)

Helezon çapı	Helezon hızı	Kapasite
mm	d/d	m <sup>3</sup> /sa
100	450	2,1
150	215-300	8,5-11,5
250	200-250	30-37
300	165-250	70-85
400	140	170

### 2.4.3. Eğik helezon konveyörler

Eğik Helezon Konveyörler, eğik olması sebebi ile daha az yer kapladığından dar alanlarda malzeme iletimi için kullanılırlar. Yatay ve dikey helezon konveyörleri beraber kullanılarak iletilmek istenen malzemeler, yalnızca eğik helezon konveyörler ile iletilebilirler. Bu gibi yerlerde eğik helezon konveyörler tek alternatiftir. Şekil 2.11. ve Şekil 2.12.'de eğik helezon konveyörler görülmektedir.

Bu avantajlarının yanı sıra, eğik helezon konveyör tasarımında, malzemenin geri akmasından kaynaklı volumetrik verimde azalma ve malzemeye potansiyel enerji kazandırmak için ilave güce ihtiyaç duyması gibi dezavantajları da göz önünde bulundurmak gerekli. Eğim açısı artarken malzemeyi ileten helezonların verimi düşer. Bunun nedeni, malzemenin geri akması sonucu volumetrik verimindeki azalma ve malzemeye potansiyel enerji kazandırmak için gereken ilave güçtür (Yücesan, 2015, s.8).



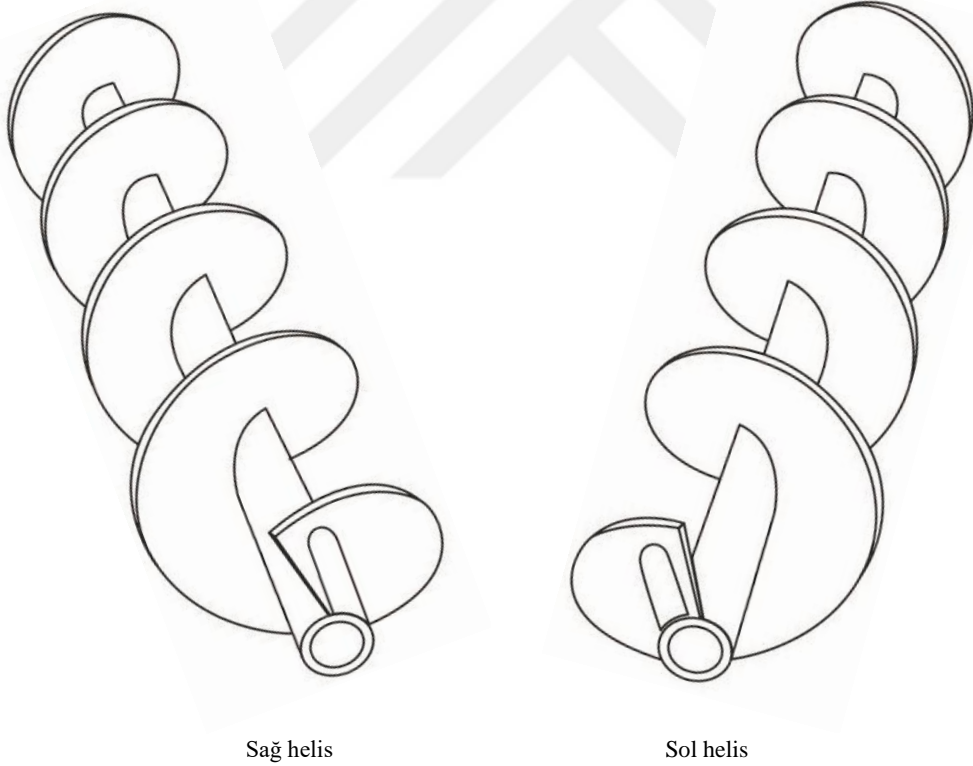
Şekil 2.11. Eğik helezon konveyör 1



Şekil 2.12. Eğik helezon konveyör 2

## 2.5. Helezon

Helezon konveyörler, taşınacak malzemeye uygun şekilde tasarlanmalıdır. Helezonun (vida) helisi sağ ve sol helezon şeklinde olabilir. Bunların yanı sıra, tek, çift ya da üç helisli de (adımlı) olabilir. Şekil 2.13.'de sağ helis ve sol helis helezon gösterilmiştir. Aksi belirtilmediği sürece standart olarak sağ helis kabul edilir.

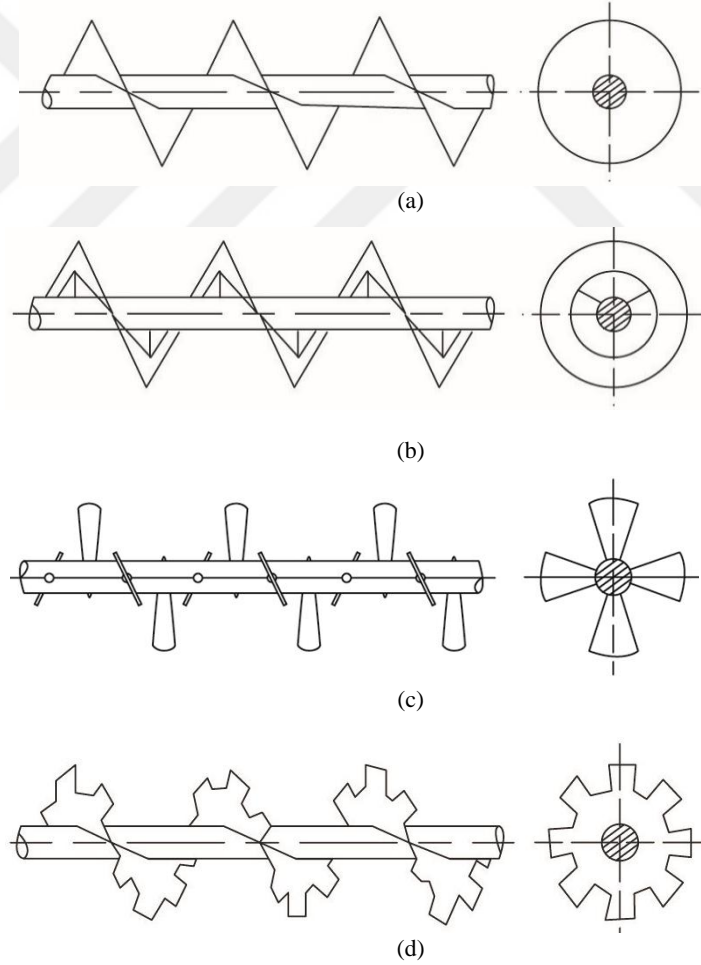


Şekil 2.13. Sağ ve sol helis



Pudra malzemeleri veya sıkıştırılmayan kuru taneli malzemeleri taşıyacak helezon konveyörlerde kısa-adımlı ya da sürekli vida (Şekil 2.14.a) kullanılmalıdır. Yapışkan ve kütleli malzemeleri taşıyacak helezon konveyörlerde ise kordela (ribbon) helis (Şekil 2.14.b) kullanılmalıdır. Sıkışabilir malzemeleri taşıyacak olan helezon konveyörlerde de pervane-kanatlı (Şekil 2.14.c) ya da kesik kanatlı (Şekil 2.14.d) helisler kullanılması gerekir (Gerdemeli, İmrak ve Kesikçi, 2005, s.138).

Pala-kanatlı ve kesik-kanatlı helezon konveyörler, iki ya da daha fazla incelik derecesine sahip olan malzemenin benzer amaçlar için parçalanması, dövülmesi ve eş-yapı (homojen) duruma getirilmesi için kullanılırlar (Gerdemeli, İmrak ve Kesikçi, 2005, s.138).

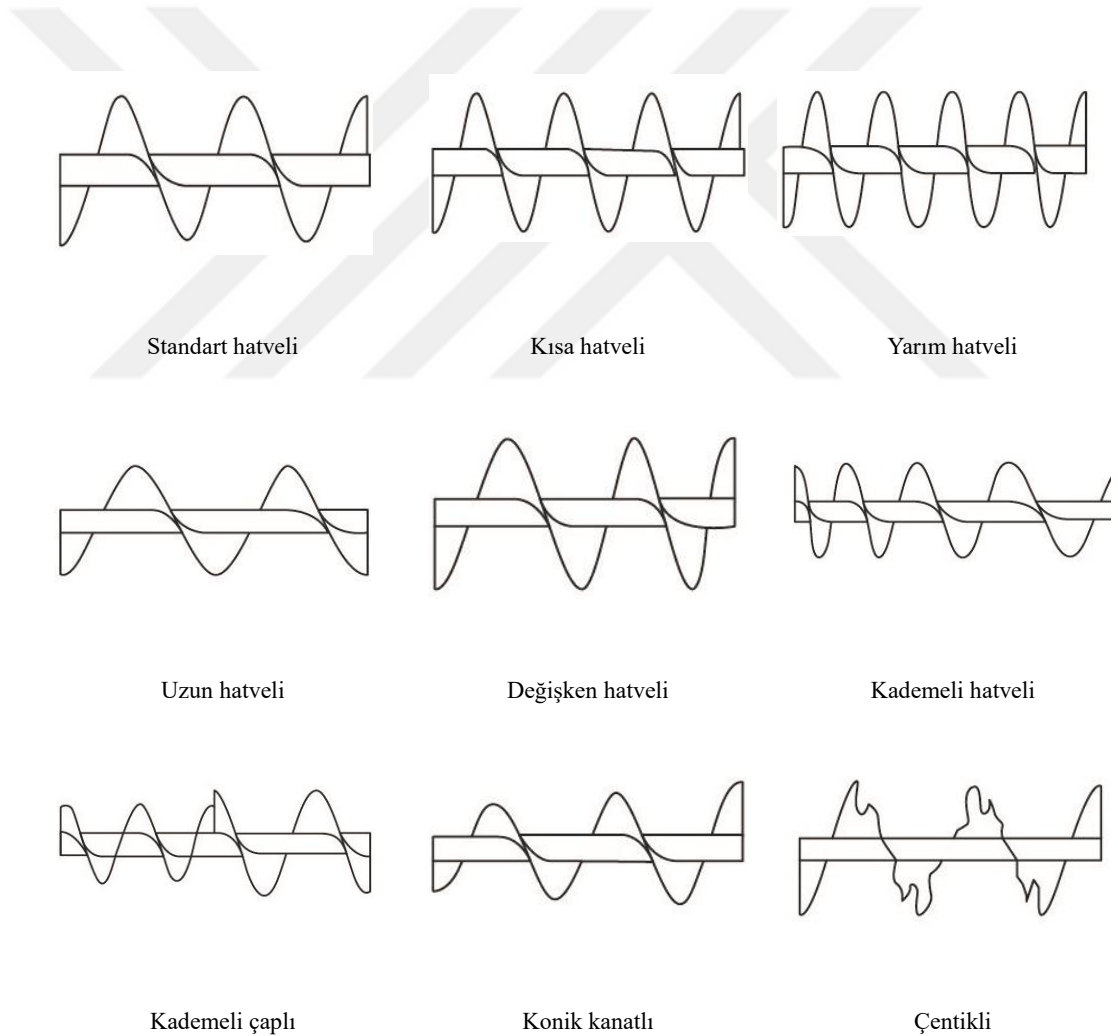


Şekil 2.14. Helezon türleri (Spivakovsky ve Dyachkov, 1984, s.254)

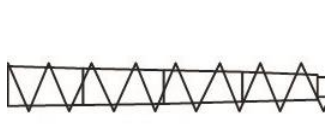
a- dolu, sürekli; b- kordela; c- pala-kanatlı ; d- kesik-kanatlı

### 2.5.1. Helezon çeşitleri ve modifikasyonları

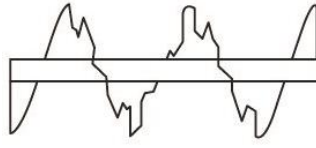
Şekil 2.15.'de gösterilen helezon tipleri, taşıma sistemlerinde çeşitli fonksiyonları yerine getirmek için helezon konveyörlerin tasarımında en yaygın kullanılan spesifik özellikleri kapsamaktadır. Mevcut standart konstrüksiyona eklendiğinde, bu özellikler vidalı konveyörlerin kullanım alanını genişletir. Helezon konveyörlerin tasarımında genelde standart helezonlar tercih edilir. Standart helezon kullanımı pratik olsa da, konstrüksiyona bir veya daha fazla özel helezon dahil edilmesi, helezon konveyörün daha kompakt veya verimli hale gelmesini sağlayabilir.



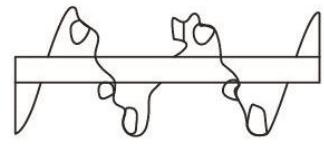
Şekil 2.15. Helezon çeşitleri ve modifikasyonları (CEMA, 1990, s.77-80)



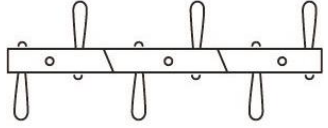
Konik helezon



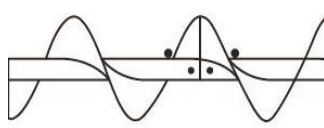
Kesik kanat



Kesikli ve katlı



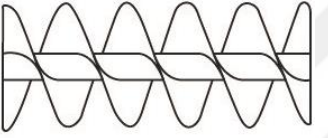
Paletli



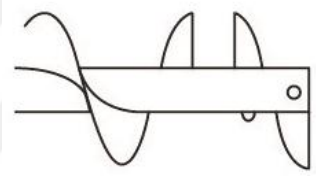
Bitişik kavramalı



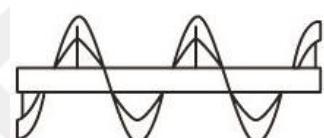
Paletli standart kanat



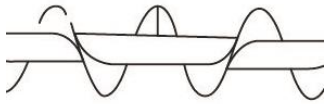
Çift kanat



Ters kanat



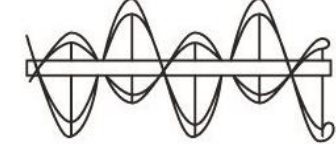
Tek şerit



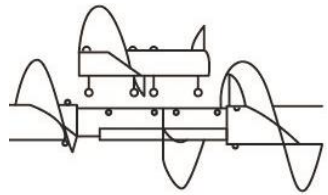
Sağ ve sol kanatlar



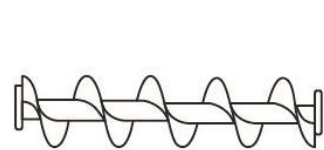
Seri salıverme



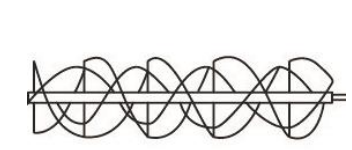
Çift şerit



Ayrık kanat

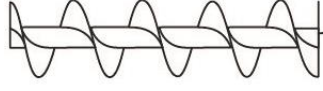


Flanşlı

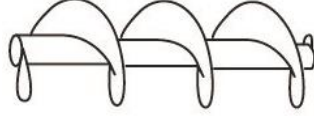


Çok şerit

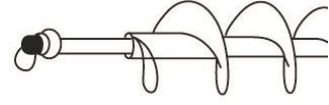
Şekil 2.15.(Devam)



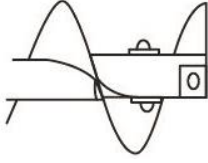
Uç diskleri



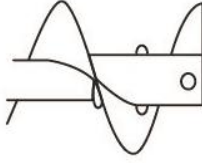
Standart çaplı olmayan



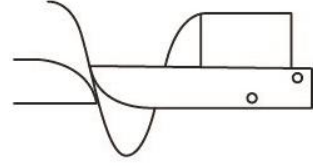
Dönel birleşim



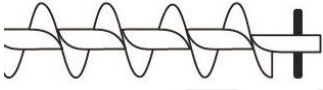
Cıvata desteği



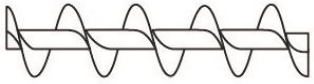
Dış burç



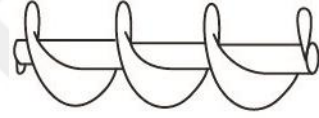
İttirici palet



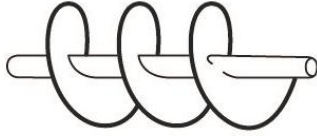
Kırıcı barlar



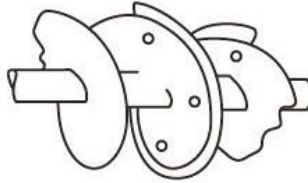
Sürekli kaynak



Kaynak finişleri standart ve özel



Kanat kenarlığı



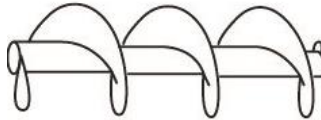
Yatak pabuçları



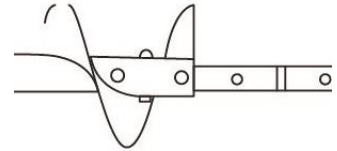
Aşınma pabuçları



Sert kaplamalı



Abrazif dirençli



Üç delik delme

Şekil 2.15. (Devam)

## **BÖLÜM 3. HELEZON KONVEYÖRLER İLE İLETİLEN MALZEMELER**

Taşınacak olan malzemenin cinsi, miktarı, taşınma mesafesi, birim ağırlığı, fiziksel ve mekanik özellikleri, bu malzemenin ne ile taşınacağına karar verilmesinde en önemli etkenlerdir. Taşınacak olan malzemenin hangi maddelerden oluştuğu önemli bir unsurdur (Aslan ve Kurt, 2003, s.270).

Maddelerin gösterdikleri büyük değişiklikler için aşağıdaki özellikler göz önünde bulundurulur.

- Kimyasal
- Fiziksel
- Mekanik
- Elektriksel
- Termal
- Durum-Süreklilik
- Boyut ve Biçim
- Hacim ve Ağırlık
- Diğerleri

Helezon konveyörlerde taşınacak malların hangi maddelerden oluştuğu önemli bir husustur. Malzemenin birbiri üzerinden kayabilme özelliği ve yuvarlanabilme özelliği, helezon konveyörlerde malzeme taşınımı için önemli bir parametredir. Helezon konveyörlerde bu tür malzemeler kolay taşınırlar. Malzemenin taşınmasında iletim kapasitesi (debi), “ton/zaman” veya “kilogram/saniye” olarak ifade edilir (Göncü, 2012, s.2).

### **3.1. Dökme Mallar**

Dökme mallar, çimento, kum, maden cevheri ve kömür gibi dökülebilen mallara denir. Dökme mallar toz halinde (Pudra şeklinde) veya taneli mallar olabilir. Toz, granül, pul halindeki maddeler ve kömür, gübre, tuz, şeker, un, gibi mallar dökme mallara örnek verilebilir. Bu gibi malların taşınımında helezon konveyörler de kullanılmaktadır.

Konveyörlerin tasarımında, dökme malların aşağıdaki özellikleri dikkate alınmalıdır.

- Parça Boyutu,
- Dökme malın yığın yoğunluğu,
- Dökme mal şev açısı,
- Sürtünme katsayısı,
- Dökme malın aşındırma etkisi,
- Dökme malın diğer nitelikleri (Aslan ve Kurt, 2003, s.273)

Dökme malların tanecik, parçacık durumuna göre sınıflandırılması (Tablo 3.1.) ve dökme malların yığın yoğunluğuna göre gruplandırılması (Tablo 3.2.) aşağıdadır.

Tablo 3.1. Dökme malların parçacık ve tanecik durumuna göre sınıflandırılması (Aslan ve Kurt, 2003, s.273)

Parça Grupları	Dökme Mal Örnekleri	Parça Boyut Ölçüleri
Büyük Parçalar	Kaya,Taş,Ağaç,Kömür	500 mm den büyük
Büyükçe Parçalar	Maden Cevheri	200-500 mm
Orta Büyüklükte Parçalar	Kömür	60-20 mm
Küçük Büyüklükte Parçalar	Kırılmış Taş ( Mıdır)	10-60 mm
Taneli ( granül) Mallar	Tahıl, Bakliyat	0,5-10 mm
Pudra Halindeki Mallar	İnce Kumlar	0,05-0,5 mm
Toz Mallar	Çimento	0,005 mm den küçük

Tablo 3.2. Dökme malların yığın yoğunluğuna göre gruplandırılması (Aslan ve Kurt, 2003, s.274)

Grup	Yığın Yoğunluğu( $t/m^3$ )	Dökme Mal
Hafif	<0,6	Kok, un
Orta	0,6-1,6	Tahıl, kömür, curuf
Ağır	1,6-2,0	Kaya, kırılmış taş
Çok ağır	2,0-4,0	Demir cevheri

Bazı önemli dökme malların şev açıları ve sürtünme katsayıları (Tablo 3.3.) ve bazı dökme malların aşındırma karakteristikleri (Tablo 3.4.) tablolarında gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Önemli dökme malların şev açıları ve sürtünme katsayıları (ortalama) (Aslan ve Kurt, 2003, s.275).

Dökme Mal	Şev Açısı		Statik sürtünme katsayısı = 0		
	Hareket halinde	Sukunette	Çelik üzerinde	Tahta üzerinde	Kauçuk üzerinde
Antrasit	27	45	0,84	0,84	
Kuru kül	40	50	0,84	1,00	
Linyit	35	50	1,00	1,00	0,70
Demir cevheri	30	50	1,20		
Kuru toprak	30	45	1,00		
Kalıp kumu	30	45	0,71		0,61
Alçı taşı		40	0,78		0,82
Yulaf	28	35	0,58	0,78	0,50
Ağaç talaşı		39	0,8		0,65
Kireç taşı	30		0,56	0,70	
Kum	30	45	1,00		
Kok	35	50	1,00	1,00	
Kuru balçık	40	50	0,75		
Kuru kum	30	45	0,8		0,56
Kırma taş	35	45	0,63		0,60
Taş kömür	35	45	1,00		0,66
Turba	40	45	0,75	0,80	
Buğday	25	35	0,58	0,58	0,50
Buğday	49	55	0,65		0,85
Kuru çimento	35	50	0,65		0,64

Tablo 3.4. Bazı dökme malların aşındırma karakteristikleri (Aslan ve Kurt, 2003, s.276)

Malzeme	Aşındırma grubu	Yoğunluk (t/m <sup>3</sup> )	Şev açısı	Sürtünme Katsayısı,p
Buğday unu	A	0,45-0,66	50-55	0,65
Kireçtaşı (küçük parçalı)	B	1,2-1,5	40-45	0,56
Kuru kum	C	1,4-1,65	30-35	0,80
Kuru kül	D	0,4-0,6	40-50	0,84

Tanecikli malzemelerin davranışını belirleyen özelliklerden biri de şev açısıdır. Şev Açısı, dökme malın yatay düzlem üzerinde serbestçe döküldüğünde yatayla yaptığı açıdır. Yüksek açı, az akışa, düşük açı, çok akışa sahip maddeyi belirler (Aslan ve Kurt, 2003, s.276).

Malzemeyi sadece şev açısına göre değerlendirmek doğru bir yaklaşım olmaz. Yüksek şev açısına sahip malzemeler, helezon konveyörler ile taşınması sırasında çok düşük bir kayma açısına sahip olabilir. Örneğin; buğday kepeği farklı şekil ve büyüklüklere sahiptir. Buna rağmen bir konveyör içerisinde ilerlerken çok düşük bir şev açısı olduğu gözlenir (Yücesan, 2015, s.17).

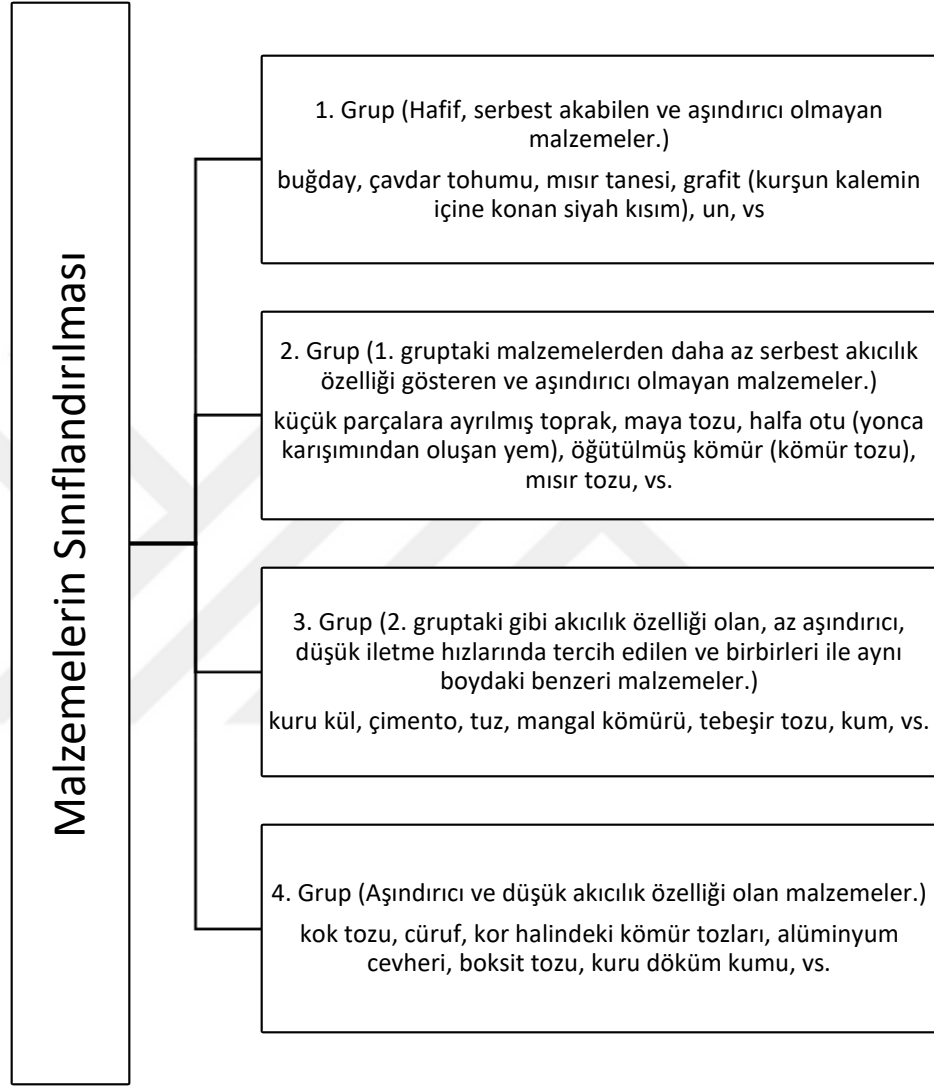
Dökme malların diğer özellikleri de aşağıdaki gibidir.

- a. Aşınma (Abrazyon)
- b. Yapışma ( Adhezyon)
- c. Kohezyon
- d. Sıkıştırılabilirlik
- e. Korozyon
- f. Nemlilik
- g. Sıcaklık Limitleri
- h. Yuvarlanma Açısı
- i. Kayma Açısı



### 3.2. Malzemelerin Sınıflandırılması

Malzemelerin sınıflandırılması aşağıdaki gibi 4 gruptadır. (Şekil 3.1.)



Şekil 3.1. Malzemelerin Sınıflandırılması

Helezon konveyörlerin iletim kapasitesi taşınacak malzemenin akıcılık ve aşındırıcılık özelliklerine bağlı olduğu gibi malzemenin yumrularının oranına ve büyüklüğüne de bağlıdır (Yücesan, 2015, s.17).

Helezon konveyörlerde taşınabilecek malzeme büyüklükleri ( DIN15261) Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Helezon konveyörlerde taşınabilecek malzeme büyüklükleri (DIN15261)

Helezon çapı	% 10 Yumrulu	% 15 Yumrulu	%95 Yumrulu
Maksimum yumru boyutu (mm)			
100	35	10	5
125	40	15	10
160	45	20	15
200	50	30	20
250	60	40	25
315	75	50	30
400	100	65	40
500	125	80	50
630	150	100	65
800	175	150	85

Varlık Makine firmasının üretmiş ve kurmuş olduğu tesislerdeki helezon konveyörlerdeki sıkışma problemi, aşağıda listesi bulunan malzemelerin taşınımı esnasında yaşanabilmektedir.

- Alçı Taşı
- Silis Kum
- Kalsit
- Kum
- Çimento
- Un
- Kireç

Helezon Konveyörde taşınan malzemenin yapısındaki topak ve bu topakların sahip oldukları özellikleri oldukça önemlidir. Bazı malzemelerde bulunan topaklar serttir. Ve bu sert topaklar helezon konveyör ile taşınırken kırılmazlar.

Bu durumda da bazı önlemler almak gerekir. Bazı malzemeler sert ama taşıma sırasında parçalanabilir topraklara sahiptir ve bu sayede ele alınacak toprak büyüklüğü düşer. Bazı malzemeler ise helezon konveyör ile taşıma sırasında kolayca kırılabilen topraklara sahiptir ve bunlar için herhangi bir kısıtlama yoktur (Dökmen, 2007, s.13).

Tablo 3.6. Maksimum toprak büyüklüğü (CEMA, 1990, s.29).

Vida (mm)	çapı	Boru dış çapı (mm)	Radyal açıklık (mm)	1.Sınıf		2.Sınıf		3.Sınıf	
				%10 maksimum topak (mm)	topak	%25 maksimum topak (mm)	topak	%95 maksimum topak (mm)	topak
152,4		60,32	58,74	31,7		19,05		12,7	
228,6		60,32	96,84	57,15		38,1		19,05	
228,6		73,02	90,49	57,15		38,1		19,05	
304,8		73,02	128,59	69,85		50,8		25,4	
304,8		88,9	120,65	69,85		50,8		25,4	
304,8		101,6	114,3	69,85		50,8		25,4	
355,6		88,9	146,05	82,55		57,15		31,75	
355,6		101,6	139,7	82,55		57,15		31,75	
406,4		101,6	165,1	95,25		69,85		38,1	
406,4		114,3	158,75	95,25		69,85		38,1	
457,2		101,6	190,5	107,95		76,2		44,45	
457,2		114,3	184,15	107,95		76,2		44,45	
508		101,6	215,9	120,65		88,9		50,8	
508		114,3	209,55	120,65		88,9		50,8	
609,6		114,3	260,35	155,4		95,25		63,5	

## BÖLÜM 4. HELEZON KONVEYÖRLERDE HESAPLAMALAR

### 4.1. Helezon Konveyörlerde İletim Kapasitesi Hesabı

Tablo 4.1.'de DIN 15261'e göre helezon konveyör ölçüleri yer almaktadır. İletim hızı bağıntısı aşağıda verilmiştir.

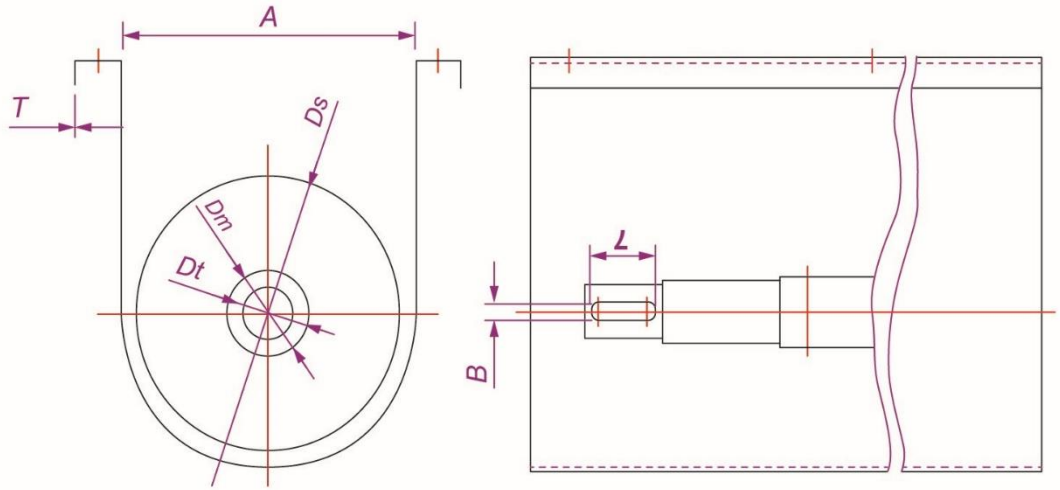
$$V = (n.S) / 60 \text{ (m/s)}$$

(4.1)

$$V = \text{İletim hızı (m/s)}$$

$$S = \text{Helezonun hatvesi (m)}$$

$$n = \text{Milin devir sayısı (Açısal hız) (d/d)}$$



Şekil 4.1. DIN 15261'e göre helezon konveyör ölçüleri

Tablo 4.1. DIN 15261'e göre helezon konveyör ölçüleri helezon

	Ölçüler (mm)							
	100	125	160	200	250	315	400	500
Helezon çapı (D <sub>s</sub> )	100	125	160	200	250	315	400	500
Hatve (S)	100	125	160	200	250	300	350	400
Tekne genişliği (A <sub>t</sub> )	112	140	180	218	270	335	427	525
Tahrik mili çapı (D <sub>t</sub> )	30	30	35	40	50	60	60	80
Kama yuvası uzunluğu (L <sub>k</sub> )	45	45	50	63	80	90	90	120
Kama yuvası genişliği (B)	8	8	10	12	14	18	18	22
Tekne sac kalınlığı (T)	1,5	1,5	2	3	3	4	4	5
Kanat sac kalınlığı	2	2	3	3	4	5	5	6
Mil çapı (D <sub>m</sub> )	38	38	44,5	51	63,5	76,1	76,1	105

Helezon konveyörlerde iletim kapasitesi;

$$Q = V_h \cdot \gamma = 60 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot \gamma \cdot C \quad (\text{ton/saat-t/h}) \quad (4.2)$$

D = Helezon çapı

S = Helezon (vida) adımı-hatve

n = Milin devir sayısı (d/d)

$\varphi$  = Helezonun enine kesit alanının yükleme verimi

$V_h$  = Hacimsel kapasite (m<sup>3</sup>/saat)

$\gamma$  = Malzemenin yığma özgül ağırlığı (t/m<sup>3</sup>)

C = Helezon konveyörün eğiminin göz önüne alındığı bir katsayı

Genel olarak helezon ( vida) adımı (S) helezon çapına (D) eşit alınır. S = D

Ancak malzemenin akıcılık ve aşındırıcılık özellikleri göz önüne alındığında helezon adımının daha küçük seçilmesi gerektiği görülür. Helezon adımı (S) ve helezon çapı (D) ilişkisi Tablo 4.2.'de verilmiştir (Cürgül, 2010, s.391).

Tablo 4.2. Helezon adımı (S) ve helezon çapı (D) ilişkisi (Cürgül, 2010, s.391)

Serbest akışlı- aşındırıcı olmayan malzemelerde	$S=D$
Yavaş akışlı-orta dercede aşındırıcı malzemelerde	$S = 0,8.D$
Yavaş akışlı-aşındırıcı malzemelerde	$S= 0,6.D$

Hesaplamalarda Yükleme verimi ( $\varphi$ ), ara yatakların bulunduğu bölgede oluşabilecek tıkanma (dar boğaz) tehlikesini önlemek için, aşındırıcı olmayan ve serbest akışlı malzemeler için yüksek, aşındırıcı ve yavaş akan malzemeler için düşük alınır.  $\varphi$  katsayısı için önerilen değerler Tablo 4.3.'de verilmiştir (Cürgül, 2010, s.392).

Tablo 4.3. Helezon konveyörlerde yükleme faktörü ( $\varphi$ ) (Cürgül, 2010, s.392)

Malzeme	$\varphi$
Serbest akışlı- aşındırıcı malzemelerde ( kum, kil, çakıl, kok)	0,125
Yavaş akışlı-orta dercede aşındırıcı malzemelerde (Parça kömür, kuru toprak, çimento, tuz v.b.)	0,32
Yavaş akışlı-aşındırıcı olmayan malzemelerde (tahıl, un, şeker v.b.)	0,4

$\varphi = 0,30$  için yatay helezon konveyörlerin ortalama iletim kapasiteleri Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Helezon konveyörlerde ( $\varphi = 0,3$ ) için iletim kapasitesi ve dönme sayıları (Cürgül, 2010, s.393)

D (mm)	S (mm)	v= 0,1 m/s		v= 0,2 m/s		v= 0,3 m/s		v= 0,4 m/s	
		Q <sub>m</sub>	n	Q <sub>m</sub>	n	Q <sub>m</sub>	n	Q <sub>m</sub>	n
100	100	0,7	60	1,4	120	2,1	180	2,8	240
125	125	1,2	48	2,4	96	3,6	144	4,8	192
160	160	2	37	4	74	6	111	8	148
200	200	3	30	6	60	9	90	12	120
250	250	5	24	10	48	15	72	20	96
315	300	8	20	16	40	24	60	32	80
400	350	13	17	26	34	39	51	52	68
500	400	20	15	40	30	60	45	80	60
630	450	32	13	64	26	96	39	128	52
800	500	52	12	104	24	156	36	208	48
1000	560	82	10	164	20	246	30	328	40

Helezon konveyörlerinin eğimli olduğu durumlarda ve özellikle ara yatakların kullanıldığı durumlarda taşıma kapasitesi düşmektedir. Eğim açısına bağlı olarak ( $\beta$ ) oluşan bu olumsuz etkiyi ifade eden faktör (C) Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Helezon konveyörlerde eğim katsayısı (C) (Gerdemeli, İmrak ve Kesikçi, 2005, s.141)

Eğim Açısı $\beta$ (°)	0	5	10	15	20	25
Eğim Katsayısı C	1	0,9	0,8	0,7	0,65	0,5

Helezon konveyörün dönme sayısı seçiminde; helezon çapı, malzeme türü ve iletim kapasitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Helezon çapı kademeleri olarak D = 100; 120; 150; 200; 250; 300; 400; 500 ve 600 (mm) ve dönme hızlarını: n = 9,5; 11,8; 15; 19; 23; 26; 30; 37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118 ve 150 (d/d) değerleri alınabilir. En küçük ve en büyük hızlar ve bunlara karşılık gelen helezon çapları Tablo 4.6.'da verilmiştir (Gerdemeli, İmrak ve Kesikçi, 2005, s.142).

Tablo 4.6. Helezon konveyörün dönme hızları (Cürgül, 2010, s.394)

$D_s$ (mm)		100	125	160	200	250	315	400	500
ns	min	54	45	37	30	24	20	17	15
(d/d)	max	240	210	180	150	125	105	90	75

**Not: Max dönme hızları; aşındırıcı olmayan ve serbest akışlı malzemeler içindir. Orta derece aşındırıcı malzemelerde %30, ağır ve aşındırıcı malzemelerde %50 azaltılmalıdır.**

Helezon konveyörlerde bazı boyutlara bağlı olarak ortalama malzeme iletim kapasitesi ( $Q_m$ ) Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Helezon konveyörlerde bazı boyutlara bağlı olarak iletim kapasitesi ( $Q_m$ ) (Cürgül, 2010, s.394)

Helezon Çapı : D (mm)	160	200	250	315	400	500	630	800
Hatve : S (mm)	160	200	250	300	355	400	450	500
Dönem Sayısı : n (d/d)	90	80	71	63	56	50	40	32
Kapasite : $Q_m$ (m <sup>3</sup> /h)	6	10	17	29	37	59	84	120

#### 4.2. Özel Hatveli ve Modifiye Edilmiş Kanatlı Konveyörler İçin Kapasite Hesabı

$$IV' = IV \cdot KF$$

$$IV' = \text{Seçilen debi (Eşdeğer debi) (m}^3/\text{s)}$$

$$IV = \text{Gerekli debi (m}^3/\text{s)}$$

$$KF = \text{Debi faktörü (KF1. KF2. KF3. KF4 ) (Forcade, 1999, s.12)}$$



Tablo 4.8. Özel helezon debi faktörü (KF<sub>1</sub>) (Forcade, 1999, s.10-20)

Hatve	Açıklama	Debi Faktörü
Standart	Hatve = çap	1
Kısa	Hatve = 2/3 çap	1,5
Yarım	Hatve = 1/2 çap	2
Uzun	Hatve = 1 ½ çap	0,67

Tablo 4.9. Özel helezon kanat debi faktörü (KF<sub>2</sub>) (Forcade, 1999, s.10-20)

Tip	Helezon Konveyör Yüklemesi		
	%15	%30	%45
Kesik kanat	1,95	1,57	1,43
Kesik ve katlı kanat	Önerilmez	3,75	2,54

Tablo 4.10. Şerit helezon debi faktörü (KF<sub>3</sub>) (Forcade, 1999, s.10-20)

Helezon çapı (mm)	Şerit genişliği (mm)	Helezon Konveyör Yüklemesi		
		%15	%30	%45
152,4	25,4	1,03	1,32	1,85
228,6	38,1	1,06	1,40	1,76
304,8	50,8	1,06	1,41	1,75
	63,5	1	1,20	1,55
355,6	63,5	1,02	1,32	1,67
406,4	63,5	1,09	1,47	1,85
457,2	76,2	1,06	1,41	1,74
508	76,2	1,12	1,52	1,90
609,6	76,2	1,42	1,77	2,20

Tablo 4.11. Paletli helezonlar için debi faktörü (KF<sub>3</sub>) (Forcade, 1999, s.10-20)

Faktör	Hatve başına palet sayısı			
	1	2	3	4
	1,0	1,16	1,24	1,32

### 4.3. Helezon Konveyör için Gerekli Güç Hesabı

Helezon konveyörlerde karşılaşılan dirençler, sürtünme katsayıları biliniyor ise kolayca hesaplanabilir. Ancak toplam direncin önemli bir kısmını oluşturan ek dirençlerin hesaplanması, olayın karmaşıklığı ve etkenlerinin fazla olması nedeniyle, kolay bir işlem değildir. Bu nedenle hesaplamada tüm dirençlerin etkisini göz önüne alan bir toplam direnç katsayısı (f) kullanılmaktadır. İletilecek malzemeye göre helezon konveyörler için toplam direnç katsayısı Tablo 4.12.'deki değerlerden alınabilir.

Buna göre, yatay iletimde, helezon milindeki güç aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Cürgül, 2010, s.395).

$$P = \frac{k.Q.L.f}{367} \text{ (kW)} \quad \dots \quad (4.3)$$

P = Helezon milindeki güç

k = Fazla yükleme katsayısı

L (m) = İletim mesafesi

f = Toplam direnç katsayısı

Helezon konveyör yatay ile ( $\varphi$ ) açısı yapıyorsa yani malzeme belli bir L mesafesine iletilirken belli bir H yüksekliğine yükseltiliyorsa bu durumda güç eşitliği

$$P = \frac{k.Q}{367} \cdot (L.f \pm H) \text{ (kW)} \quad (4.4)$$

şeklini alır.

Tablo 4.12. Helezon konveyörler için toplam direnç katsayısı (f) (Cürgül, 2010, s.395)

Malzeme	f
Serbest- aşındırıcı olmayan ( Tahıl, un, ağaç talaşı, odun kömürü, ağaç parçası, sabun tozu, şeker, boraks, boksit antrasit, kömür tozu v.b.)	2 ÷ 3
Orta akışlı- orta aşındırıcı ( Kireç taşı, mika, çimento, sodyum, kalıp kumu, mıcır, pvc, granül, kil, kül, alçı v.b.)	3 ÷ 4
Yavaş akışlı-aşındırıcı (çakıllı kum, tuz, toprak, cevher v.b.)	4 ÷ 5

Motor gücü için, helezon konveyörünün toplam verimi ( $\eta$ ) olmak üzere,

$$P_m = \frac{P}{\eta} \text{ (kW)} \quad (4.5)$$

ifade edilir.

Toplam verim için  $\eta = 0,80-0,96$  değerler alınabilir.

#### 4.4. Helezon Milinin Hesabı

Helezon konveyörlerin iletim mesafesi (L) ile mil uzunluğu aynı büyüklük olarak alınabilir. Milin ve helezonun toplam ağırlığı (G) ise birim boydaki ağırlık,

$$q_0 = \frac{G}{L} \left( \frac{daN}{m} \right) \quad (4.6)$$

ve taşınan malzemeden ileri gelen birim boydaki ağırlık, denklem 4.7.'deki gibidir.

$$q_m = \frac{k.Q}{3,6.V} \left( \frac{daN}{m} \right) \quad (4.7)$$

Burada V-(m/s) malzemenin iletim hızıdır. Böylece malzeme iletim esnasında helezon ileticinin toplam birim ağırlığı,

$$q = q_0 + q_m \left( \frac{daN}{m} \right) \quad (4.8)$$

Bulunur. Helezon milindeki toplam itme kuvveti (malzemeyi hareket ettiren kuvvet) aksenal kuvvet,

$$F = q \cdot L \cdot \mu \quad (daN) \quad (4.9)$$

Eşitliği ile bulunur.  $\mu$ - malzeme sürtünme katsayısı, malzeme türü ve yüzey özelliklerine bağlı olarak Tablo 3.4.'den alınabilir.

Helezon milinin dönme sayısı,

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} \left( \frac{d}{d} \right) \quad (4.10)$$

Eşitliğinden hesaplanarak mildeki döndürme momenti,

$$M_b = 974 \cdot \frac{P_m}{n} \quad (daNm) \quad (4.11)$$

Hesaplanır. Bu döndürme momentinin karşılaması gereken sürtünme kuvveti (helezondaki teğetsel kuvvet)

$$F_s = \frac{M_b}{r \cdot \tan(\alpha + \rho)} \quad (daN) \quad (4.12)$$

r – (m) helezon kanatlarının sürtünme yarıçapı

$$r = (0,7 - 0,8) \cdot \frac{D}{2} \quad (4.13)$$

Sürtünme açısı,  $\mu = \tan \rho$  eşitliğinden bulunabilir. (4.14)

Helis eğim açısı,  $\tan\rho = \frac{S}{\pi.D}$  eşitliği yardımı ile hesaplanabilir. (4.15)

Helezon milindeki eğilmenin (sehimin) kontrolü için

$$f = \frac{5.F.l^3}{384.E.I} \leq f_{em} \quad (4.16)$$

Eşitliği kullanılmalıdır. Ancak kullanılacak yataklar arası uzaklığın (l =2÷4) m olması gerektiği göz ardı edilmemelidir. (Cürgül, 2010, s.395-396).

#### 4.4.1. Helezon milindeki basma gerilmesi

Malzemeyi helezon boyunca iletmeye çalışan ve mile aksenel doğrultuda etki eden kuvvet milde bası zorlanmasına ve burkulmaya (bükülme) sebep olur. Kesit alanı A-(m<sup>2</sup>) olmak üzere mildeki bası zorlanması

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \text{ (daN/m}^2\text{)} \quad (4.17)$$

Helezon ileticide kullanılan milin malzemesi Fe42 ve bunun daha üzerindeki mukavemet gruplarına sahip çelikler olmalıdır. Bu milin yataklanma mesafesinin en az 2,5 m veya 4 m olması gerekmektedir. Bu temel koşullar göz önüne alındığında helezon milindeki burkulma (bükülme) gerilmesinin Euler Yöntemine göre hesaplanması gerektiği ortaya çıkar. Euler Yöntemine göre burkulmaya sebep olan kuvvet

$$F_{BR} = \frac{\pi^2.E.I}{l_k^2} \text{ (daN)} \quad (4.18)$$

Büyükliğe sahip olmalıdır.

Burada E-(daN/m<sup>2</sup>) mil malzemesinin elastiklik modülü, I-(m<sup>4</sup>) milin düzlemsel eylemsizlik momenti ve l<sub>k</sub> – (m) milin yataklama mesafesidir.

Milin düzlemsel eylemsizlik momenti olarak, içi dolu kesitlerde,

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (4.19)$$

Ve içi boş kesitlerde,

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad (4.20)$$

eşitlikleri kullanılır.

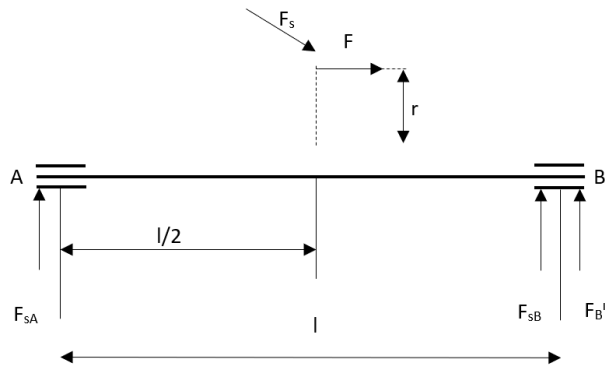
Bu durumda helezon miline uygulanan aksel itme kuvveti ile burkulma kuvveti arasında

$$F \leq F_{BR} \quad (4.21)$$

Bağıntısı varsa milde herhangi bir burkulma (bükülme) tehlikesi oluşmaz. (Cürgül, 2010, s.397).

#### 4.4.2. Helezon milindeki eğilme gerilmesi

Helezon milinin herhangi bir yerinde bulunan iki yataklama noktasını göz önüne alındığında, helezon milindeki kuvvetler Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Helezon milindeki kuvvetler

Eksenel itme kuvveti (F) etkisi,

$$-F'_A = +F'_B = F \frac{r}{l} \quad (4.22)$$

Sürtünme kuvveti ( teğetsel kuvvet) etkisi

$$F_{SA} = F_{SB} = \frac{F_S}{2} \quad (4.23)$$

olacaktır. Böylece A ve B yataklarındaki radyal kuvvetler toplamı,

$$F_A = F_B = \sqrt{(F'_A)^2 + (F_{SA})^2} \quad (4.24)$$

Olmaktadır. Bu radyal kuvvet, helazon milinde bir eğilmeye sebep olur.

Mildeki eğilme gerilmesi,

$$\sigma_e = \frac{F_A \cdot l}{W_e} = \frac{M_e}{W_e} \text{ (daN/m}^2\text{-Pascal)} \quad (4.25)$$

olarak hesaplanır.

Burada eğilmeye göre mukavemet momenti, içi dolu ve içi boş miller için, sırasıyla,

$$W_e = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (4.26)$$

$$W_e = \frac{\pi}{32} \cdot \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) \quad (4.27)$$

olarak hesaplanır. (Cürgül, 2010, s.398-399).

#### 4.4.3. Helezon milindeki burulma gerilmesi

Mildeki döndürme momenti burulma gerilmesine sebep olmaktadır.

Bu gerilme,

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{16.M_b}{\pi.d^3} \text{ (daN/m}^2\text{)} \quad (4.28)$$

Burulmaya göre mukavemet momenti,

$$W_b = 2.W_e \text{ olarak alınmalıdır.} \quad (4.29)$$

#### 4.4.4. Helezon milindeki bileşik (eşdeğer) gerilme

Normal gerilmeler (basma ve eğilme) toplamı

$$\sigma_t = \sigma_b + \sigma_e \quad (4.30)$$

olmak üzere, en büyük şekil değiştirme enerjisi varsayımına göre, mildeki eşdeğer gerilme,

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3.\tau_b^2} \leq \sigma_{eşem} \quad (4.31)$$

olmalıdır (Cürgül, 2010, s.399).



## **BÖLÜM 5. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **5.1. Materyal**

Araştırma materyali olarak Varlık Makine firmasının üretimini yapmış olduğu ve çeşitli yapı kimyasalları üretim tesislerinde kullanılan helezon konveyörler kullanılmıştır ve oradaki sıkışma problemleri incelenmiştir. Taşınacak malzeme olarak kum incelenmiştir. Kum malzemesi için tanecik çapı ölçüleri Tablo 3.1.'de gösterilen aralıktan ortalama bir değer alınmıştır.

### **5.2. Yöntem**

#### **5.2.1. Kullanılan araç-gereçler**

Bu çalışmanın numerik analiz kısmında, DEM (Discrete Element Method) Ayrık elemanlar metodu kullanılarak EDEM yazılımı ile hesaplanmıştır. Deneysel çalışmasında Varlık Makine firmasında ölçümler alınmıştır.

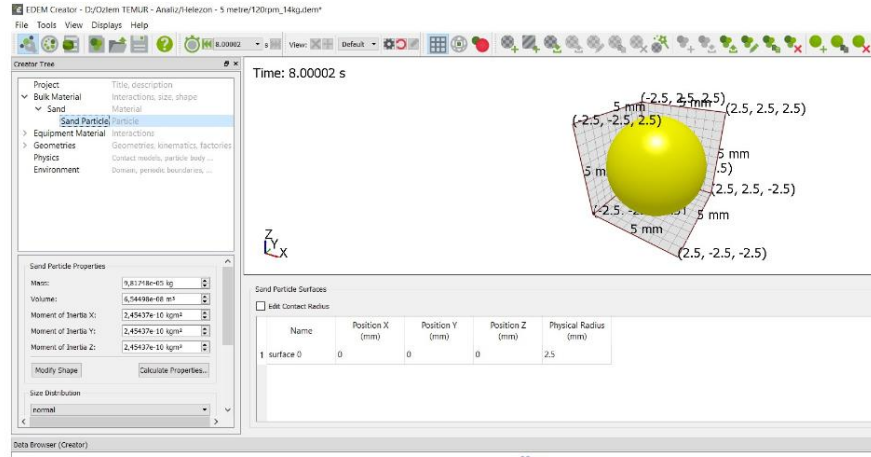
##### **5.2.1.1. DEM (Discrete Element Method) ayrık elemanlar metodu**

DEM (Discrete Element Method) ayrık elemanlar yöntemi, tanecikli materyalin yapısını oluşturan münferit parçacıkları izleyen bir dizi hesaplama ile tanecikli malzemelerin hareketini simüle etmenin bir yoludur (Tanaka, 2001, s.265).

## 5.2.1.2. DEM (Discrete Element Method) ayırık elemanlar metodunun uygulanması

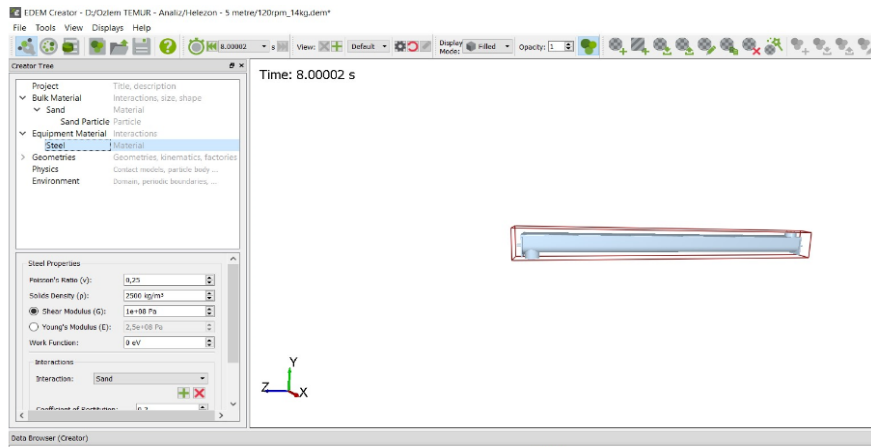
Ayrık elemanlar metodunu uygulamak adına EDEM yazılımında şu işlemler sıra ile gerçekleştirilmiştir.

1- Kum'un malzeme özelliklerinin girilmesi ve parçacıkların tanımlanması (şekil, boyut)  
Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



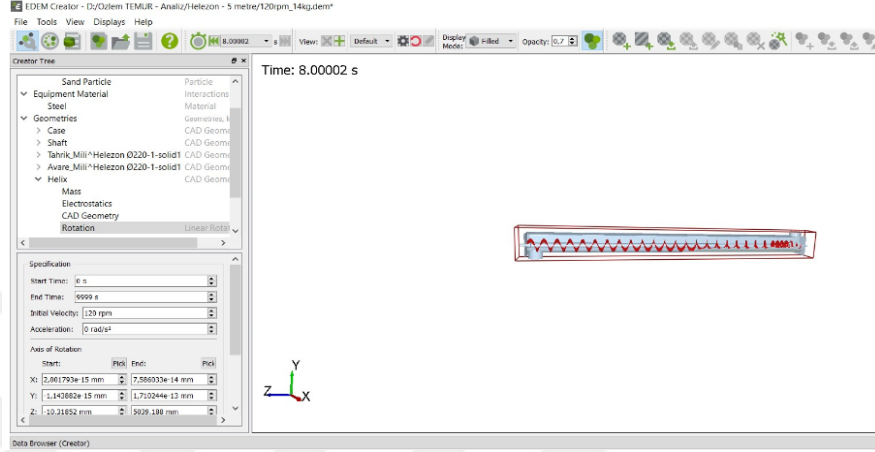
Şekil 5.1. Malzeme özellikleri ve parçacık geometrisinin tanımlanması

2- Helezon malzemesi; EDEM veri tabanından çelik olarak seçilmiştir, katı modelleme programında (Solidworks 2017) tasarlanmış helezon geometrisi analiz programına aktarılmıştır. (Şekil 5.2.)



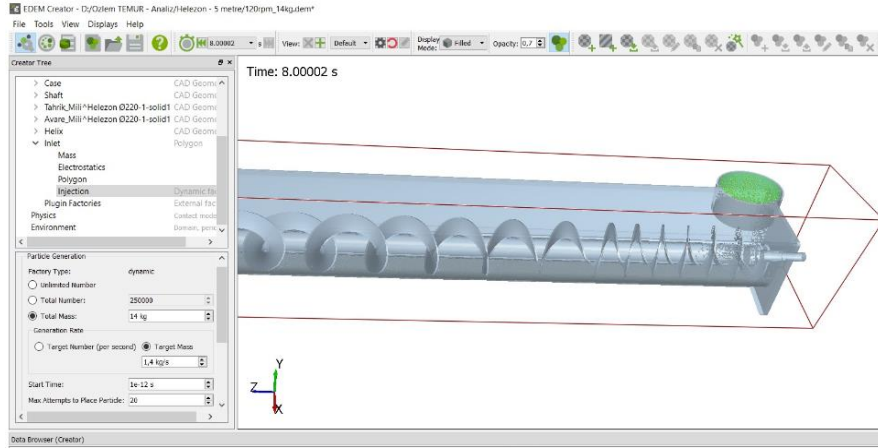
Şekil 5.2. Helezon malzemesinin ve geometrisinin programa aktarımı

3- Şekil 5.3.'de görüldüğü üzere, helezonun kendi ekseninde dönüş hareketinin açısal hızı tanımlanmış helezonun kendi ekseninde dönüş hareketi sistemde belirlenmiştir. Açısal hız bu çalışmada d/d olarak seçilmiştir. Hesaplamalarda kullanılacak olan devir sayıları bu adımda sisteme girilmelidir.



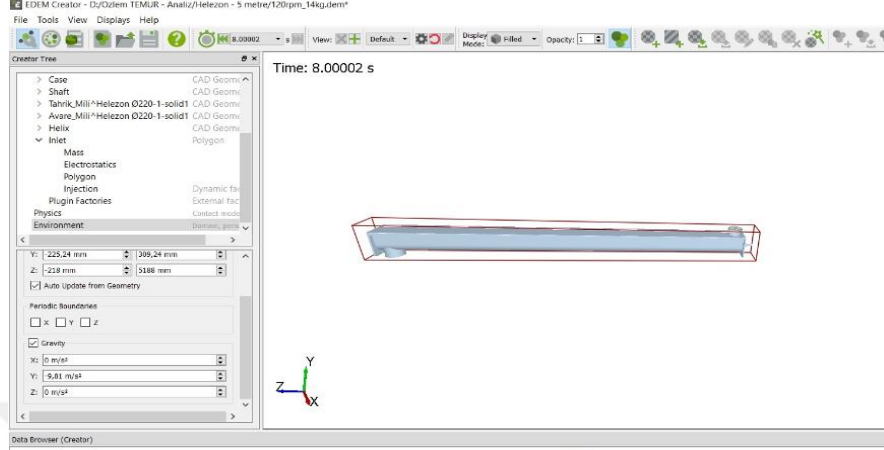
Şekil 5.3. Helezonun açısal hızı ve dönme hareketinin tanımlanması

4- Hazırlanan modelde, kütle girişinin olduğu yüzey seçilip, analizde incelenecek olan duruma uygun kütleli debi (kapasite) değerinin analiz programına girilmesi Şekil 5.4.'de görülmektedir. Buradan iletim kapasitesinin değerlerini değiştirerek farklı analizler yapılabilir.



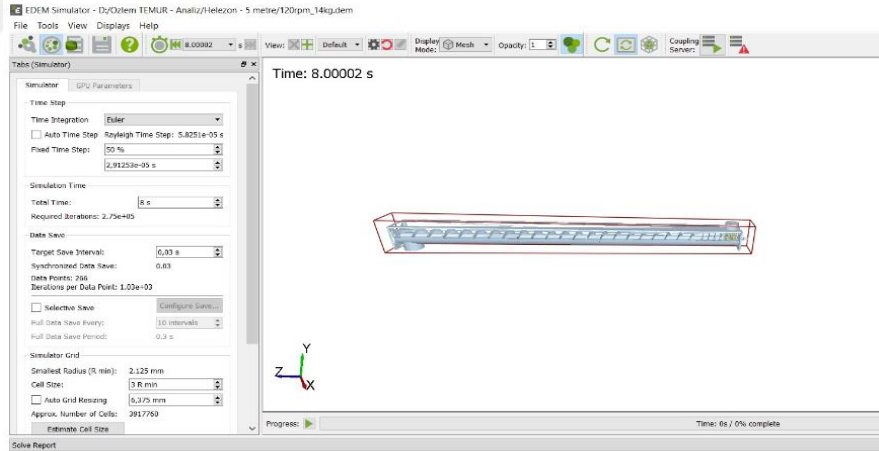
Şekil 5.4. Parçacıkların giriş yüzeyi ve kapasite özelliklerinin girilmesi

5- Partikül hareketlerinin doğru modellenmesi adına yerçekimi ivmesi  $9,81 \text{ m/s}^2$  olarak tanımlanmıştır. (Şekil 5.5.)



Şekil 5.5. Analiz için yerçekimi ivmesinin tanımlanması

6- Zamana bağlı analiz için programda zaman adımları, işlem süresi değerlerinin simülatora girilerek analiz başlatılmıştır (Şekil 5.6.).



Şekil 5.6. Analiz için yerçekimi ivmesinin tanımlanması

## **BÖLÜM 6. BULGULAR ve TARTIŞMA**

### **6.1. Nümerik Analiz Verilerinin Değerlendirilmesi**

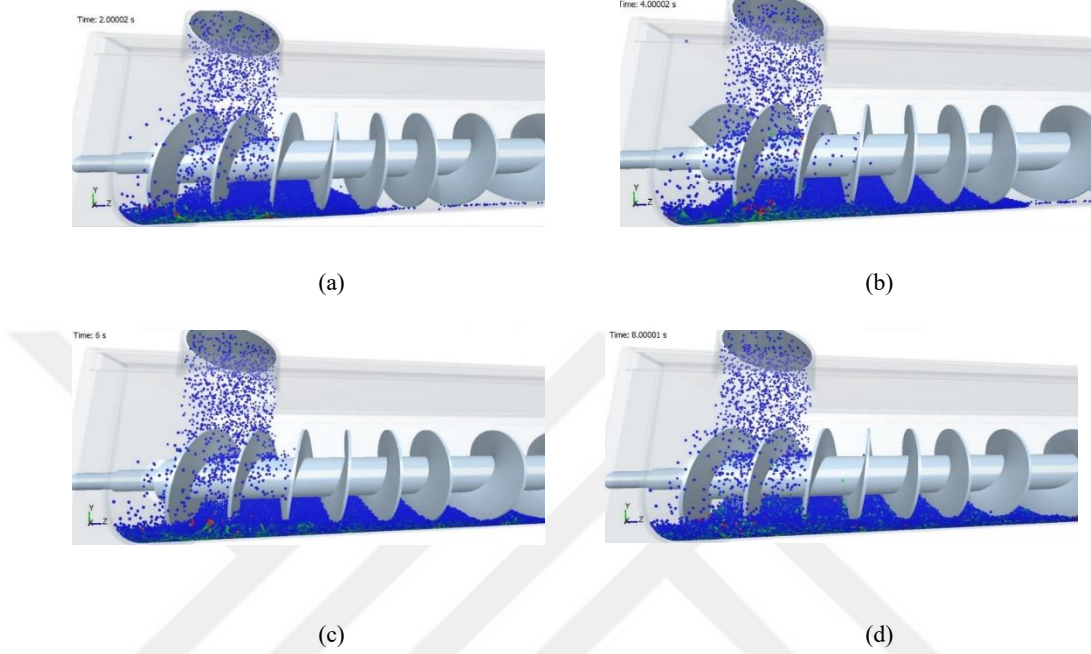
Varlık Makinenin Dubai ye kurmuş olduğu ve sıkışma problemi yaşadığı tesiste, kum iletimi için, 200 mm çapında ve 5 m uzunluğunda bir helezon konveyör ele alınmıştır. Helezon konveyör için sırasıyla, 80 d/d, 100 d/d, 120 d/d açısız hızlarda olacak şekilde, farklı kütleli debilerde (1,0 kg/s, 1,2 kg/s, 1,4 kg/s) analizler tamamlanmıştır. Yapılan analizler sabit açısız hızlarda ve sabit taşıma kapasitelerinde kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

EDEM Programında yapılan nümerik analizler sonucunda, 8 s lik bir iletim süresince sıkışma olayı, sadece olacak gibi gözlenebiliyor. Tam gözlenebilmesi için çok uzun zamanlar beklenmesi gerekmektedir. Yapılan EDEM analizinde hassasiyet için seçilen zaman adımlarında iterasyonlar 8 saniyelik bir iletim için 6 saat kadar sürmektedir. Zamana bağlı sayısal analizler, bu çalışma bünyesinde sahip olunan teknik imkanlarla yapılmıştır. EDEM analizleri sonucunda sıkışma gözlenebilmesi için 1 satten uzun süre analiz devam etmesi gerekmektedir. Yalnız 1 saatlik analiz bile 2700 saat sürmektedir.

#### **6.1.1. Sabit açısız hızlarda taşıma kapasitesinin etkisi**

80 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s olması durumunda  $t = 2$  s, 4 s, 6 s, 8 s zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.1.'de görülmektedir. Partiküller, maruz kaldığı sıkıştırma kuvvetlerine göre farklı renklerde görülmektedir. Taşıma işleminin başlamasından  $t = 2$  s olana kadar partiküller üzerinde sıkıştırma kuvvetinin etkisi neredeyse görülmemektedir.  $t = 4$  s olması durumunda kırmızı ve yeşil partiküllerin arttığı görülmektedir.

Sıkıştırma kuvvetinin etkisinin yoğun olduğu kırmızı partiküller  $t = 6$  s ve  $t = 8$  s lere azalmış olduğu görülmekte ve analizin sonuna kadar helezon konveyörün hiçbir noktasında sıkışma durumu gözlenmemektedir.

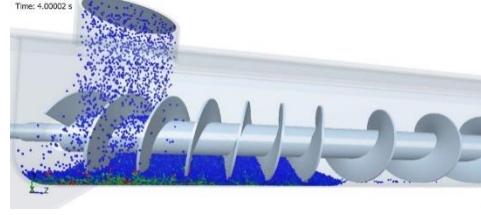


Şekil 6.1. 80 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s iken (a)  $t = 2$  s, (b)  $t = 4$  s, (c)  $t = 6$  s, (d)  $t = 8$  s için partikül durumu

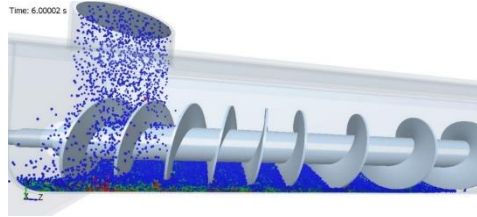
Sabit 80 d/d hızda taşıma kapasitesinin  $Q = 1,2$  kg/s durumunda zamana bağlı anlık partikül durumları Şekil 6.2.'de görülmektedir. Partiküllerin konveyöre enjeksiyonu başladığından  $t = 2$  s kadar zaman aralığında helezon konveyörün başlangıç kısmında partiküller arasındaki sıkıştırma kuvvetinin etkisi kırmızı renkli partiküllerde görülmektedir. İletim hareketinin ilk anlarında görülen bu kuvvet etkisi ilerleyen zaman adımlarında partiküllerin de hareketiyle yayılarak azalmaktadır.  $t = 8$  s sonuna kadar hiçbir noktada sıkışma olayı görülmemektedir.



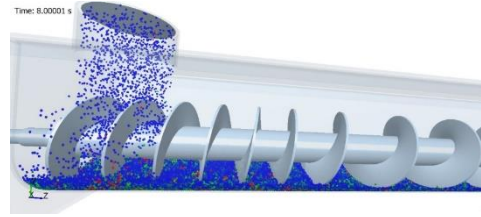
(a)



(b)



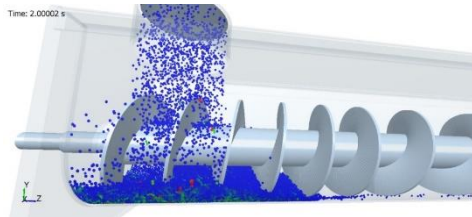
(c)



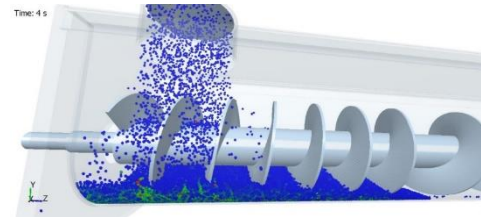
(d)

Şekil 6.2. 80 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  iken (a)  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 6 \text{ s}$ , (d)  $t = 8 \text{ s}$  için partikül durumu

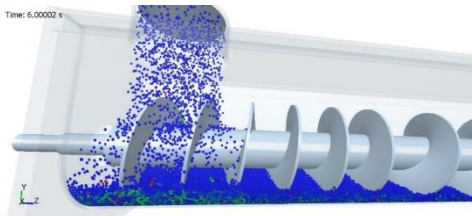
Şekil 6.3.'de 80 d/d sabit açısal hızda iletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  olması durumunda partikül durumları görülmektedir. Kapasitenin yükselmesi kütle miktarının da arttığı anlamına geldiğinden  $t = 4 \text{ s}$  den sonra helezon kanatları arasında biriken partikül miktarının arttığı görülmüştür.  $t = 8 \text{ s}$  sonunda yeşil ve kırmızı renkli partiküllerin sayıca artmış olmaları partiküller üzerindeki sıkıştırma kuvvetlerinin daha etkin bir rol oynadığı anlamına gelmektedir.



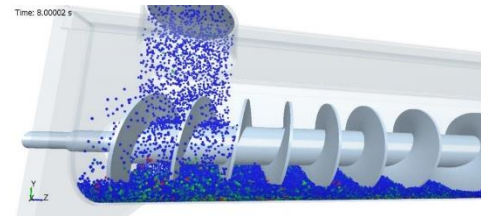
(a)



(b)



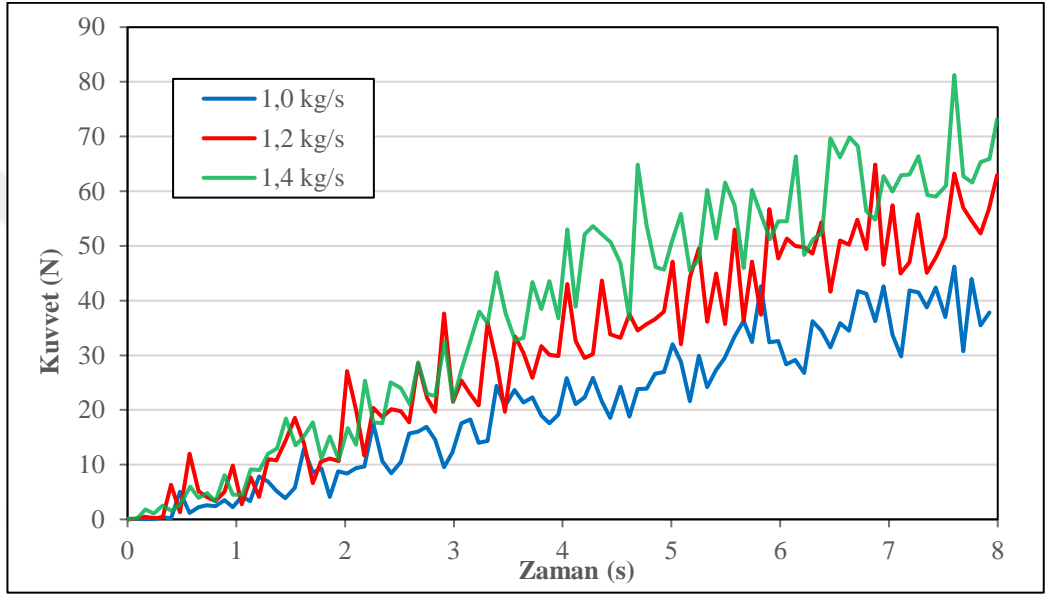
(c)



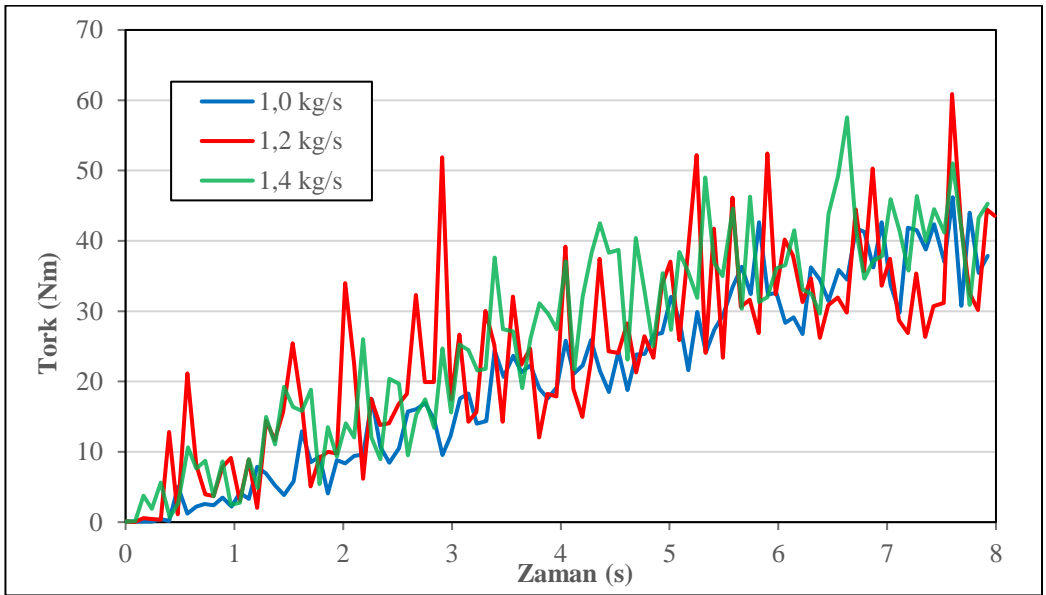
(d)

Şekil 6.3. 80 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  iken (a)  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 6 \text{ s}$ , (d)  $t = 8 \text{ s}$  için partikül durumu

Sabit 80 d/d açışal hızda farklı iletım kapasitelerinin helezon miline uyguladığı maksimum kuvvet değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.4.'de, zamana bağlı tork değerşimi Şekil 6.5.'de gösterilmiştir. (1,0 kg/s mavi, 1,2 kg/s kırmızı, 1,4 kg/s yeşil ile renklendirilmiştir.) Tablo 6.1.'de ise üç farklı iletım kapasitesinde görülen en yüksek kuvvet ve tork değerleri listelenmiştir. Helezon konveyöre beslenen kütle miktarı zamana bağlı olarak artmasından dolayı helezon milinde meydana gelen kuvvet de zamana bağlı olarak artmaktadır.



Şekil 6.4. 80 d/d da farklı iletım kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değerşimi



Şekil 6.5. 80 d/d da farklı iletım kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değerşimi

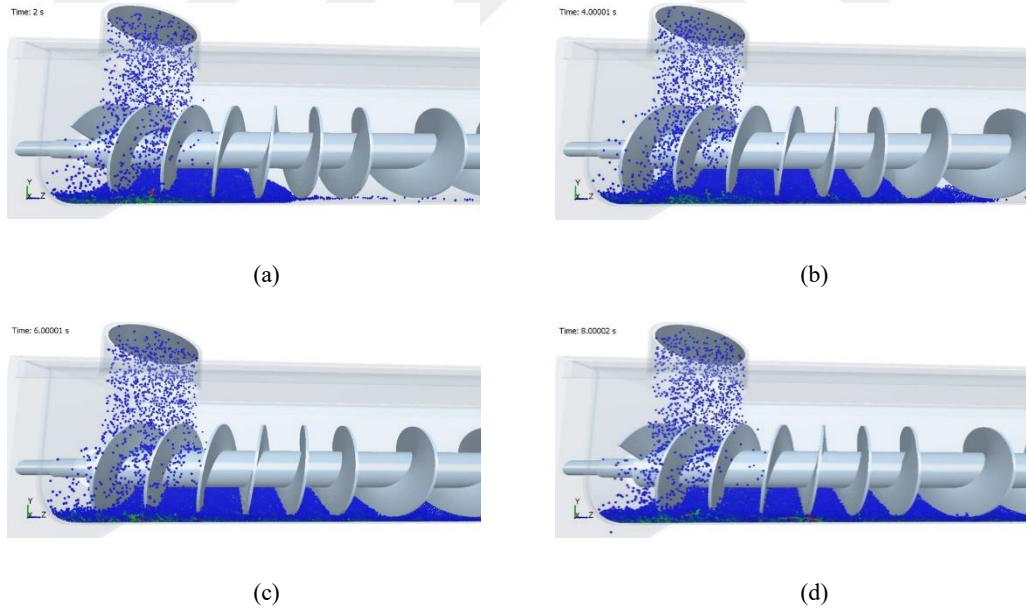


Tablo 6.1. 80 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri

80 d/d da	1.0 kg/s	1.2 kg/s	1.4 kg/s
Kuvvet (N)	46,3	65,0	81,4
Tork (N.m)	49,4	61,0	58,9

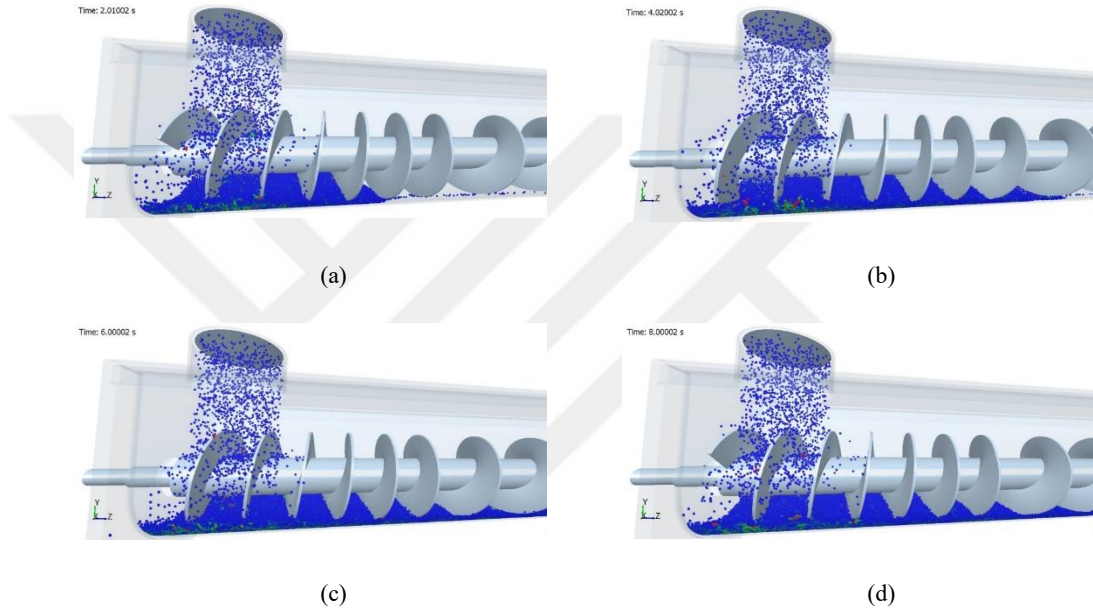
80 d/d açısal hızda, iletim kapasiteleri 1 kg/s, 1,2 kg/s, 1,4 kg/s iken mil üzerindeki maksimum kuvvet ve tork grafiklerindeki maksimum değerler, mile gelen kuvvetin belli aralıklar ile pik yaptığını ve bu etkilerin zamanla milde sehim ve deformasyon meydana getirebileceğini göstermektedir. Sehim sebebi ile sıkışma probleminin meydana gelebileceği de ön görülmektedir.

100 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s olması durumunda  $t = 2$  s, 4 s, 6 s, 8 s zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.6.'da görülmektedir.  $t = 2$  s den  $t = 8$  s ye kadar geçen zaman aralığında partiküllerde sıkıştırma kuvvetinin etkisinin oldukça az olduğu ve bu durumdan dolayı analiz sonuna kadar bir sıkışma durumu olmadığı gözlemlenmiştir.



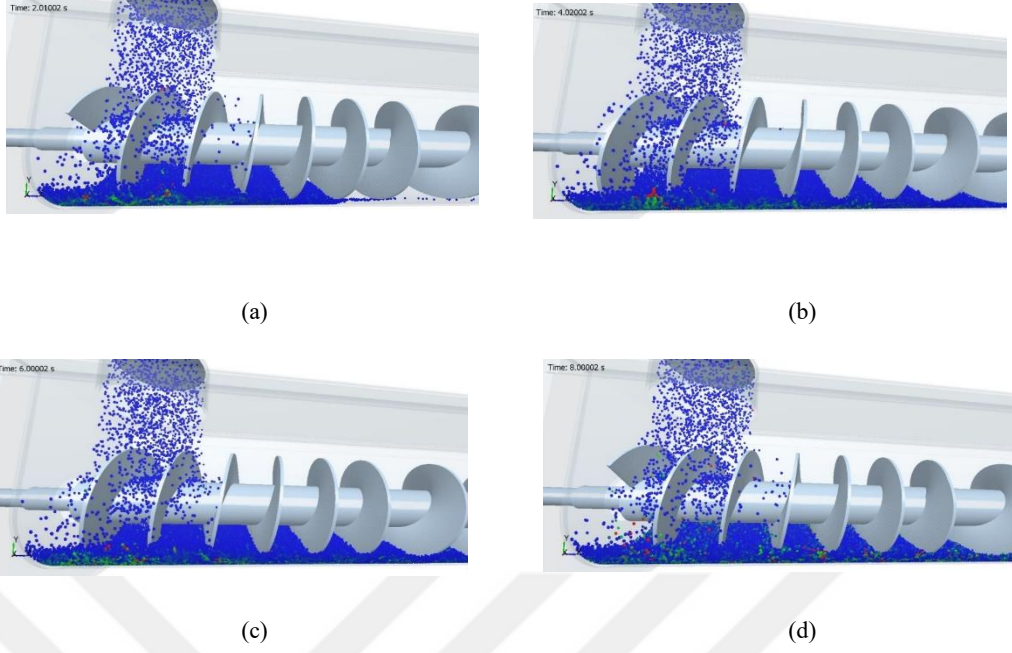
Şekil 6.6. 100 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s iken (a)  $t = 2$  s, (b)  $t = 4$  s, (c)  $t = 6$  s, (d)  $t = 8$  s için partikül durumu

100 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  olması durumunda  $t = 2 \text{ s}$ ,  $4 \text{ s}$ ,  $6 \text{ s}$ ,  $8 \text{ s}$  zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.7.'de görülmektedir. Partikül akışının başlamasından  $t = 2 \text{ s}$  olana kadar partiküller üzerinde sıkıştırma kuvvetinin etkisi yok denecek kadar az olduğu görülmüştür.  $t = 4 \text{ s}$  den  $t = 8 \text{ s}$  ye kadar olan zaman aralığında partiküller üzerindeki sıkıştırma kuvvetinin yükseldiği görülse de kütle yığılması olmaması ve iletim hareketine engel teşkil etmemesi, sıkışmaya sebep olamayacağını öngörmemize olanak sağlamıştır.



Şekil 6.7. 100 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  iken (a)  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 6 \text{ s}$ , (d)  $t = 8 \text{ s}$  için partikül durumu

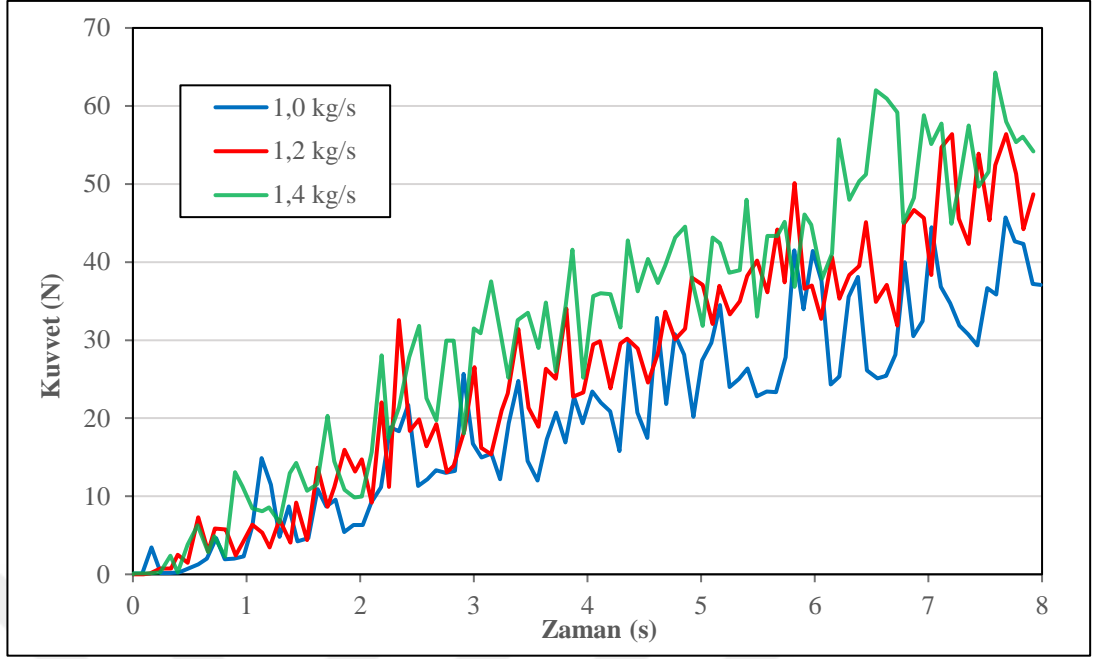
100 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  olması durumunda  $t = 2 \text{ s}$ ,  $4 \text{ s}$ ,  $6 \text{ s}$ ,  $8 \text{ s}$  zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.8.'de görülmektedir. Partiküllerin sıkıştırma kuvveti  $t = 4 \text{ s}$  den  $t = 8 \text{ s}$  ye kadar bir artış gösterdiği gözlemlenmektedir. Açısal hızın bir önceki durumlara göre daha yüksek olması, parçacık iletiminin sorunsuz devam etmesini sağlamıştır.



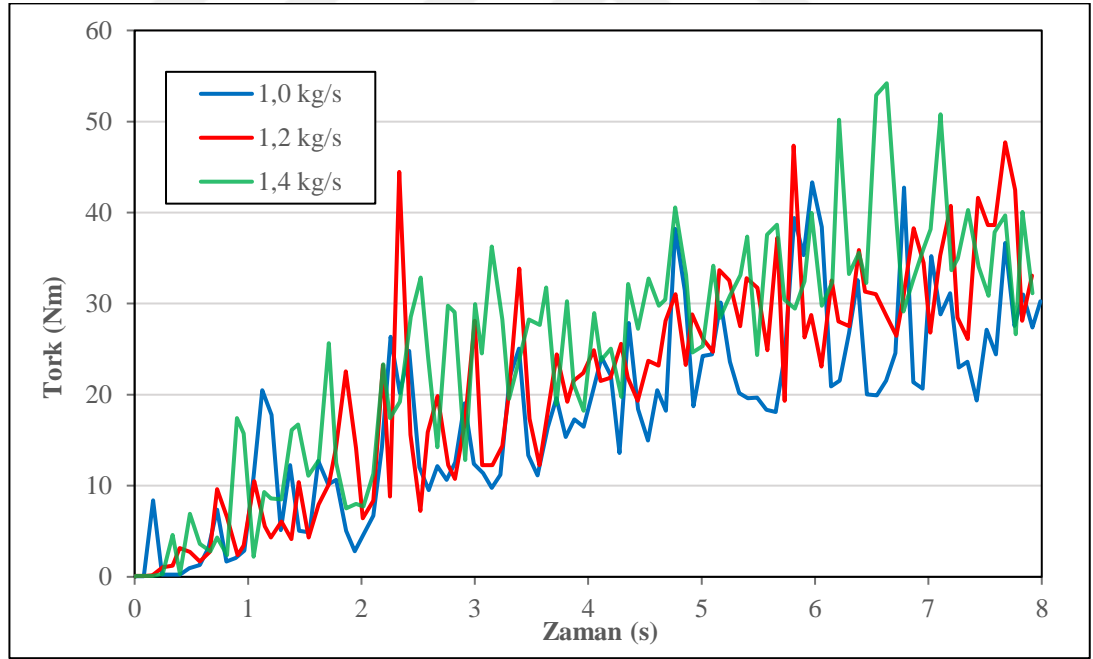
Şekil 6.8. 100 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,4$  kg/s iken (a)  $t = 2$  s, (b)  $t = 4$  s, (c)  $t = 6$  s, (d)  $t = 8$  s için partikül durumu

Sabit 100 d/d açısal hızda farklı iletim kapasitelerinin helezon miline uyguladığı kuvvet değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.9.'da, zamana bağlı tork değişimi Şekil 6.10.'da gösterilmiştir. (1,0 kg/s mavi, 1,2 kg/s kırmızı, 1,4 kg/s yeşil ile renklendirilmiştir.) Helezon konveyöre beslenen kütle miktarı zamana bağlı olarak artmasından dolayı helezon milinde meydana gelen kuvvet de eş zamanlı olarak artmaktadır.

100 d/d açısal hızdaki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri Tablo 6.2.'de gösterilmiştir. Helezon konveyörün açısal hızı sabit 100 d/d da iken, iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s olduğunda helezon mili üzerindeki hesaplanan en yüksek kuvvet 45,8 N, en yüksek tork ise 43,4 Nm dir. İletim kapasitesi  $Q = 1,2$  kg/s ve  $Q = 1,4$  kg/s olması durumunda helezon mili üzerinde hesaplanan en yüksek kuvvet ve tork değerleri 56,4 N, 47,8 Nm ve 64,4 N, 54,3 Nm dir.



Şekil 6.9. 100 d/d da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi



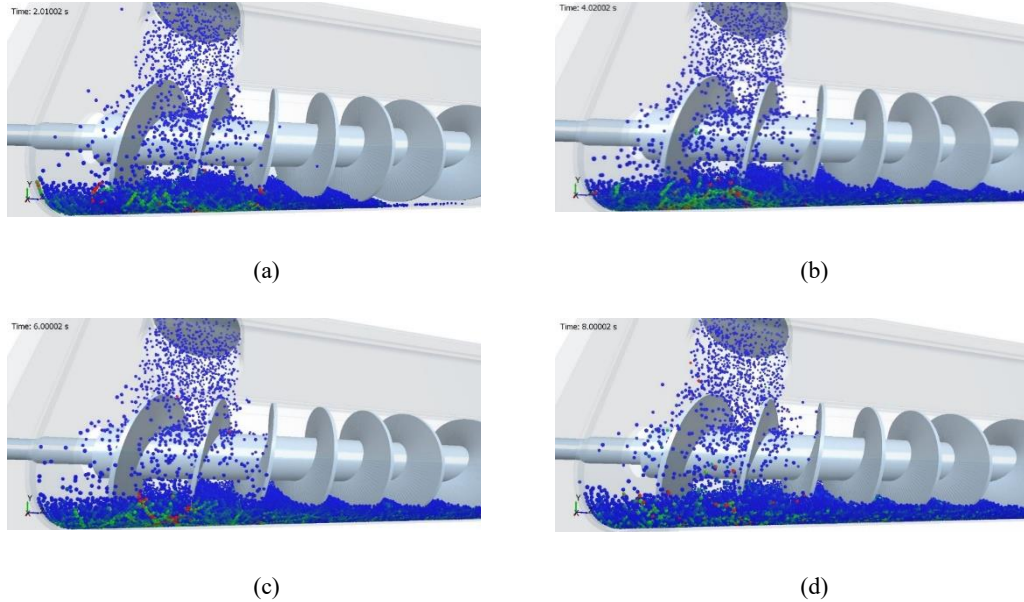
Şekil 6.10. 100 d/d da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi

Tablo 6.2. 100 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri

100 d/d da	1.0 kg/s	1.2 kg/s	1.4 kg/s
Kuvvet (N)	45,8	56,4	64,4
Tork (N.m)	43,4	47,8	54,3

Açısal hızı 80 d/d dan 100 d/d ya yükselince kuvvet ve tork değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, malzeme iletimi sırasında partiküllerin mil üzerinde durma süresinin azalması yani daha hızlı iletimin gerçekleşmesidir. Bu durumda mil üzerinde ki maksimum kuvvet ve tork değerleri 80 d/d açısal hızdakine göre az olduğundan mildeki sehim de 80 d/d açısal hıza göre daha az olacağı ve 100 d/d açısal hızda bir sıkışma problemi yaşanmayacağı tahmin edilmiştir.

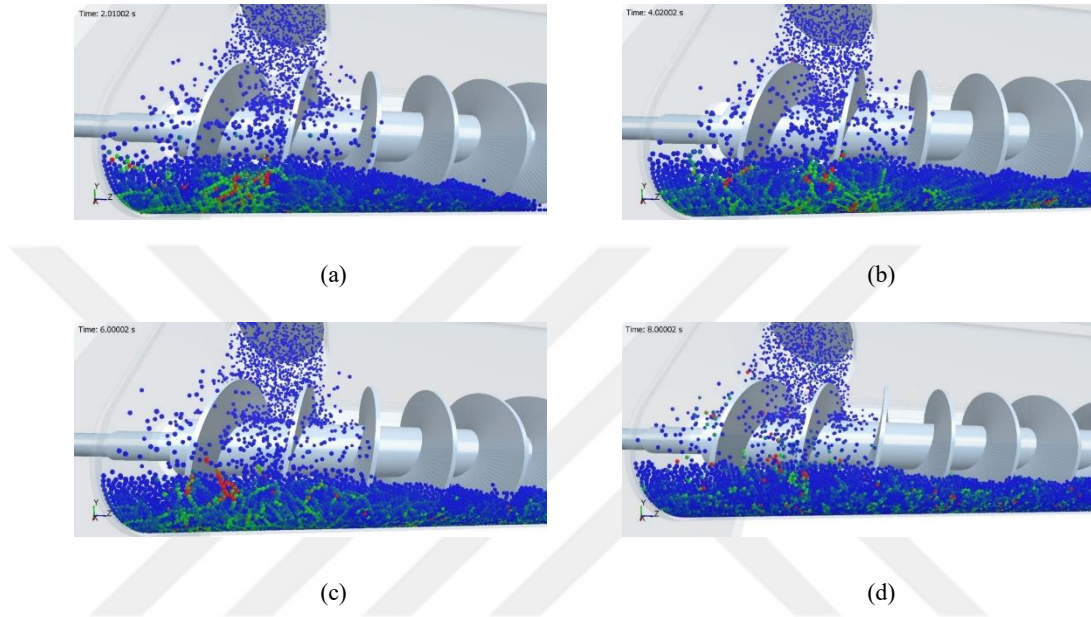
120 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s olması durumunda  $t = 2$  s, 4 s, 6 s, 8 s zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.11.'de görülmektedir. Partikül taşıma işleminin başlamasından  $t = 2$  s den  $t = 6$  s ye kadar partiküller üzerinde sıkıştırma kuvvetinin etkisi özellikle helezon giriş ağız kısmında artmakta iken  $t = 8$  s de partiküller üzerindeki sıkıştırma kuvvetinin azaldığı ve iletim devam ettiğinden dolağı sıkıştırma kuvveti fazla olan partiküllerin yayıldığı, belli bir noktada parçacık yığılması görülmemiştir. Bu sebeple sıkışmanın meydana gelmeyeceği öngörülmektedir.



Şekil 6.11. 120 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,0$  kg/s iken (a)  $t = 2$  s, (b)  $t = 4$  s, (c)  $t = 6$  s, (d)  $t = 8$  s için partikül durumu

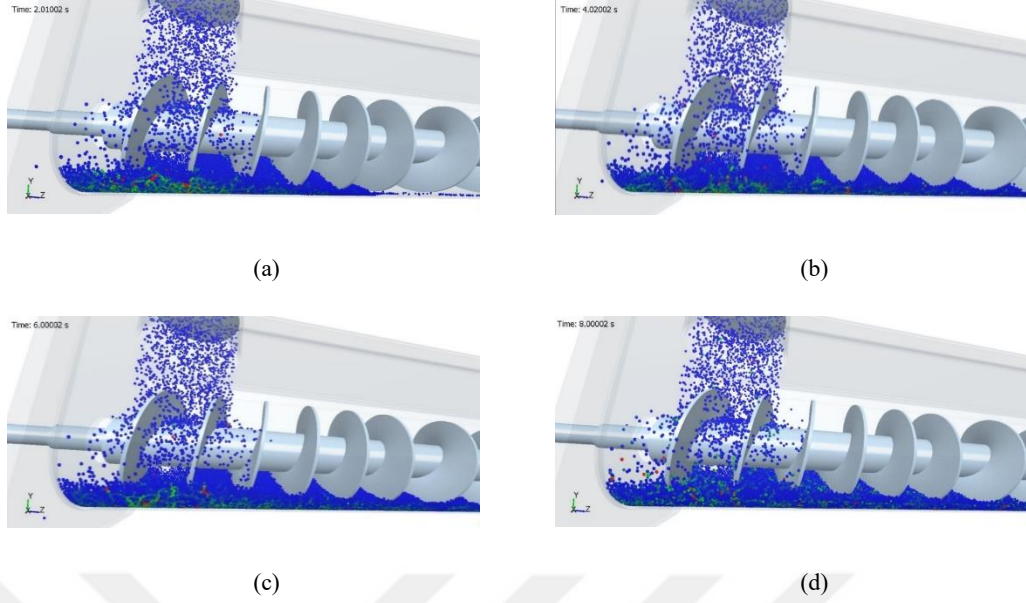


120 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  olması durumunda  $t = 2 \text{ s}$ ,  $4 \text{ s}$ ,  $6 \text{ s}$ ,  $8 \text{ s}$  zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.12.'de görülmektedir. Partikül akışının başladığı zamandan  $t = 6 \text{ s}$  ye kadar partiküller üzerindeki sıkıştırma kuvvetinin arttığı görülmektedir. Helezon giriş kısmında partiküller üzerindeki etkin sıkıştırma kuvveti iletimin devamında;  $t = 8 \text{ s}$  ye geldiğinde etkisini yitirdiği görülmektedir.



Şekil 6.12. 120 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  iken (a)  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 6 \text{ s}$ , (d)  $t = 8 \text{ s}$  için partikül durumu

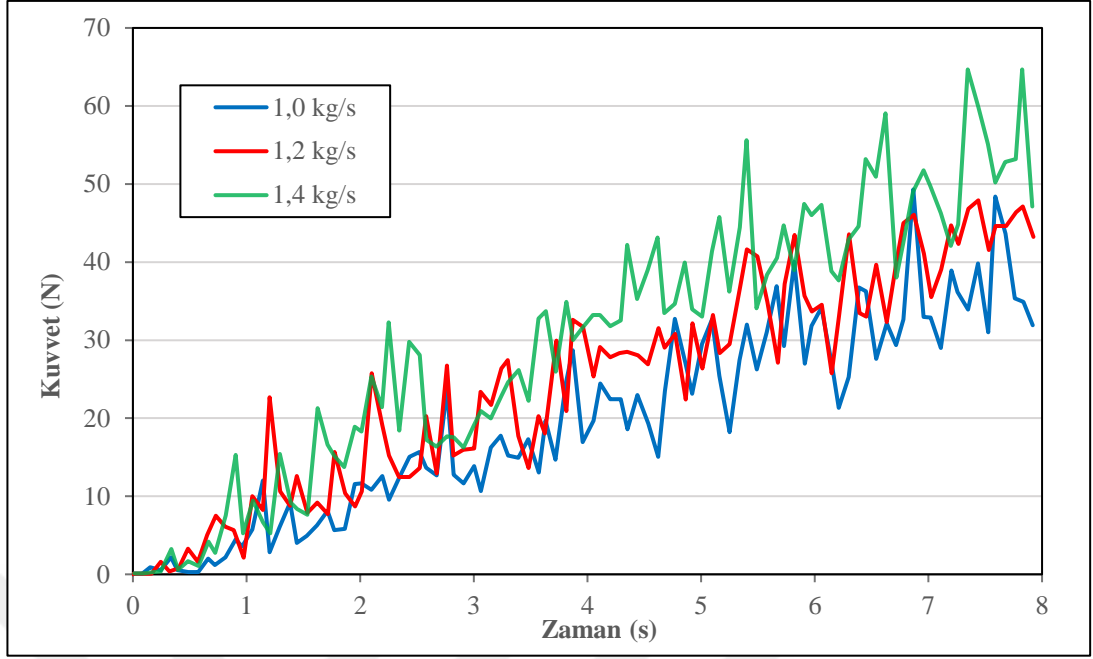
120 d/d dönme hızında, iletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  olması durumunda  $t = 2 \text{ s}$ ,  $4 \text{ s}$ ,  $6 \text{ s}$ ,  $8 \text{ s}$  zaman aralıklarında anlık partikül durumu Şekil 6.13.'de görülmektedir. İletim kapasitesi artmış olmasına rağmen devir sayısı da artırıldığından  $t = 2 \text{ s}$  den  $t = 8 \text{ s}$  ye kadar geçen zaman aralığında sıkıştırma kuvveti fazla olan partiküller helezonun belli bir yerinde yığılma oluşturmamıştır.



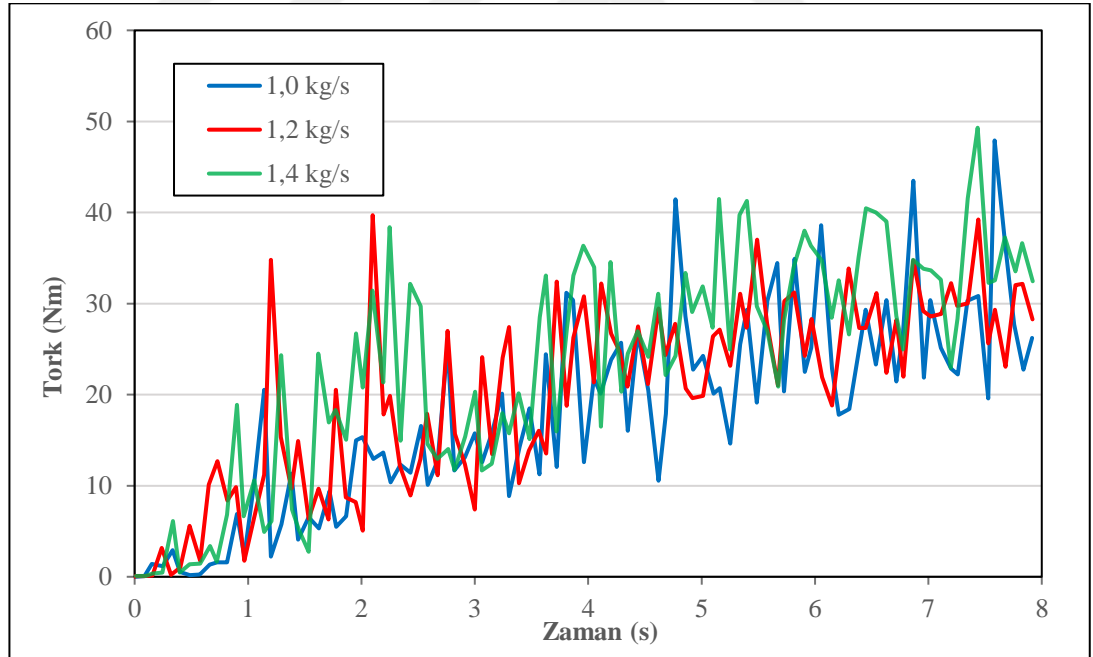
Şekil 6.13. 120 d/d da iletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  iken (a)  $t = 2 \text{ s}$ , (b)  $t = 4 \text{ s}$ , (c)  $t = 6 \text{ s}$ , (d)  $t = 8 \text{ s}$  için partikül durumu

Sabit 120 d/d açısal hızda farklı iletim kapasitelerinin helezon miline uyguladığı kuvvet değerlerinin zamana göre değişimi Şekil 6.14.'de, zamana bağlı tork değişimi Şekil 6.15.'de gösterilmiştir. Helezon konveyöre beslenen kütle miktarı zamana bağlı olarak artmasından dolayı helezon milinde meydana gelen kuvvet de zamana bağlı olarak artmaktadır.

120 d/d daki iletim kapasiteslerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri Tablo 6.3.'de gösterilmiştir. Helezon konveyörün açısal hızı sabit 120 d/d da iken, iletim kapasitesi  $Q = 1,0 \text{ kg/s}$  olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 49,4 N, tork ise 48 Nm dir. İletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet ve tork sırasıyla, 48 N ve 39,8 Nm dir. İletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  olduğunda ise helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 64,8 N, maksimum tork ise 49,4 Nm dir.



Şekil 6.14. 120 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi



Şekil 6.15. 120 d/d da da farklı iletim kapasitelerine göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi

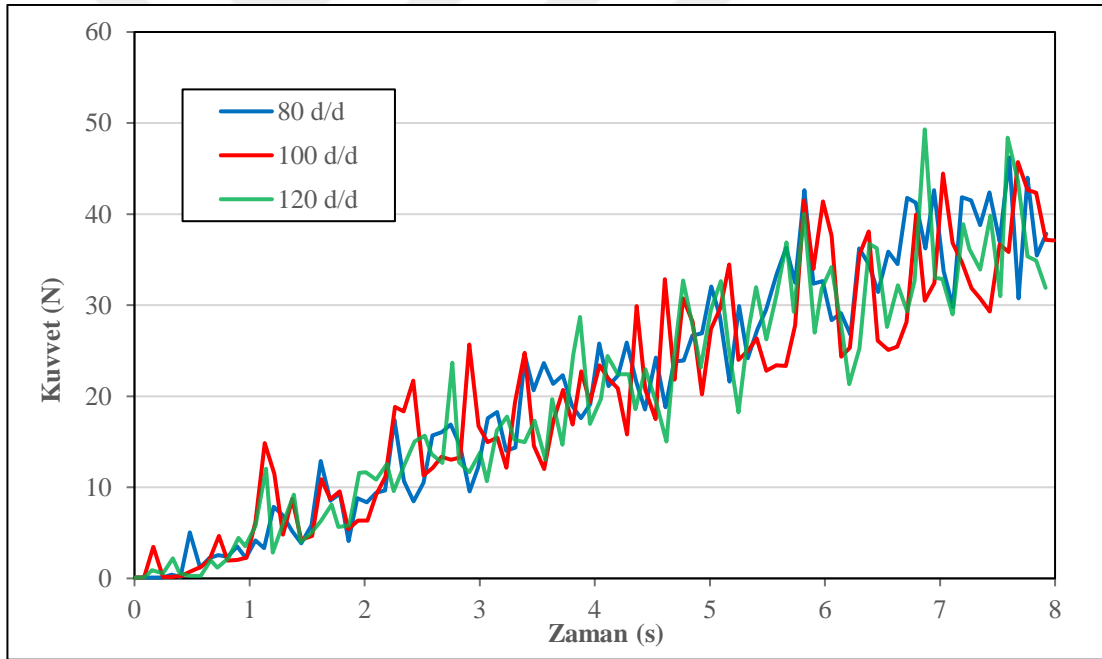


Tablo 6.3. 120 d/d daki iletim kapasitelerine göre maksimum kuvvet ve tork değerleri

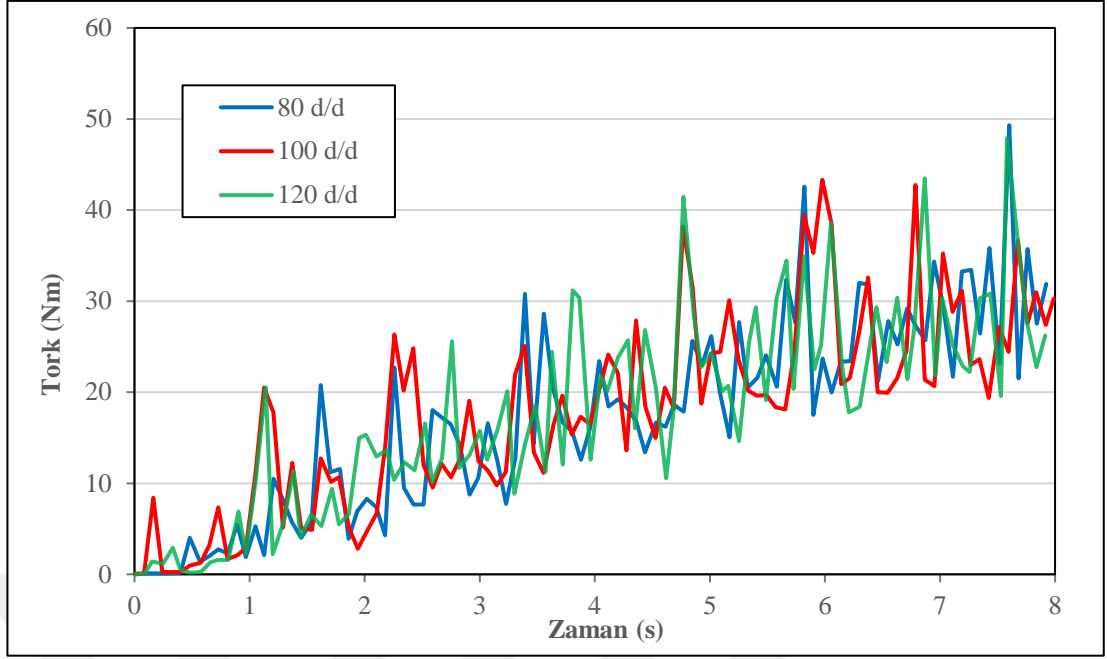
120 d/d da	1.0 kg/s	1.2 kg/s	1.4 kg/s
Kuvvet (N)	49,4	48,0	64,8
Tork (N.m)	48,0	39,8	49,4

### 6.1.2. Sabit iletim kapasitesinde farklı açısai hızların etkisi

İletim kapasitesi  $Q = 1,0 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi Şekil 6.16.'da,  $Q = 1,0 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi Şekil 6.17.'de gösterilmiştir. Helezon mili üzerinde,  $t = 0$  enjeksiyon başlangıcından  $t = 8 \text{ s}$  analiz bitimine kadar kuvvet ve tork değerlerinde, birim zamanda iletilen kütle miktarının artmasına bağlı olarak bir yükselme görülmektedir.



Şekil 6.16.  $Q = 1,0 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi



Şekil 6.17.  $Q = 1,0$  kg/s de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değışimi

İletim kapasitesi sabit  $Q = 1,0$  kg/s iken, açısai hızı 80 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet ve tork, 46,3 N, maksimum tork ise 49,4 Nm dir. Açısai hızı 100 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet ve tork 45,8 N, 43,4 Nm dir. Açısai hızı 120 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet ve tork, 49,4 N, 48,0 Nm dir.  $Q = 1,0$  kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değeri Tablo 6.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 6.4.  $Q = 1,0$  kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değeri

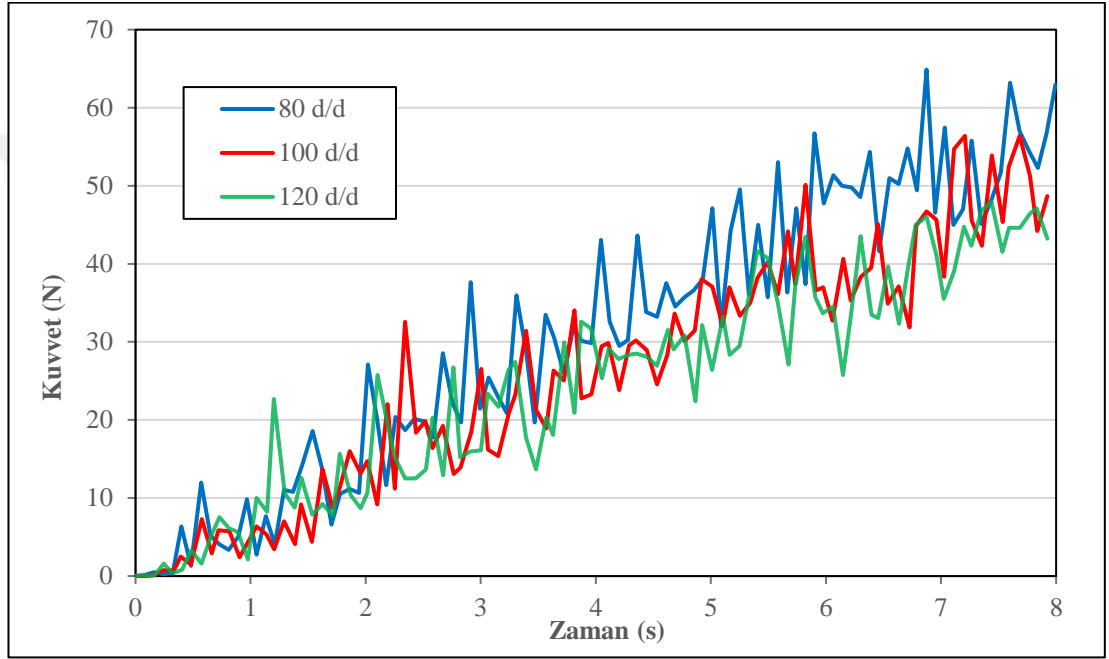
1.0 kg/s de	80 d/d	100 d/d	120 d/d
Kuvvet (N)	46,3	45,8	49,4
Tork (N.m)	49,4	43,4	48,0

$Q = 1,0$  kg/s sabit iletim kapasitesinde, açısai hız 80 d/d dan 100 d/d ya çıkarıldığında mil üzerinde hesaplanan maksimum kuvvet ve tork değeri azalmaktadır. Bununla beraber açısai hızın 120 d/d ya kadar yükseltildiğinde maksimum kuvvet ve tork değeri tekrar bir artış görülmektedir.

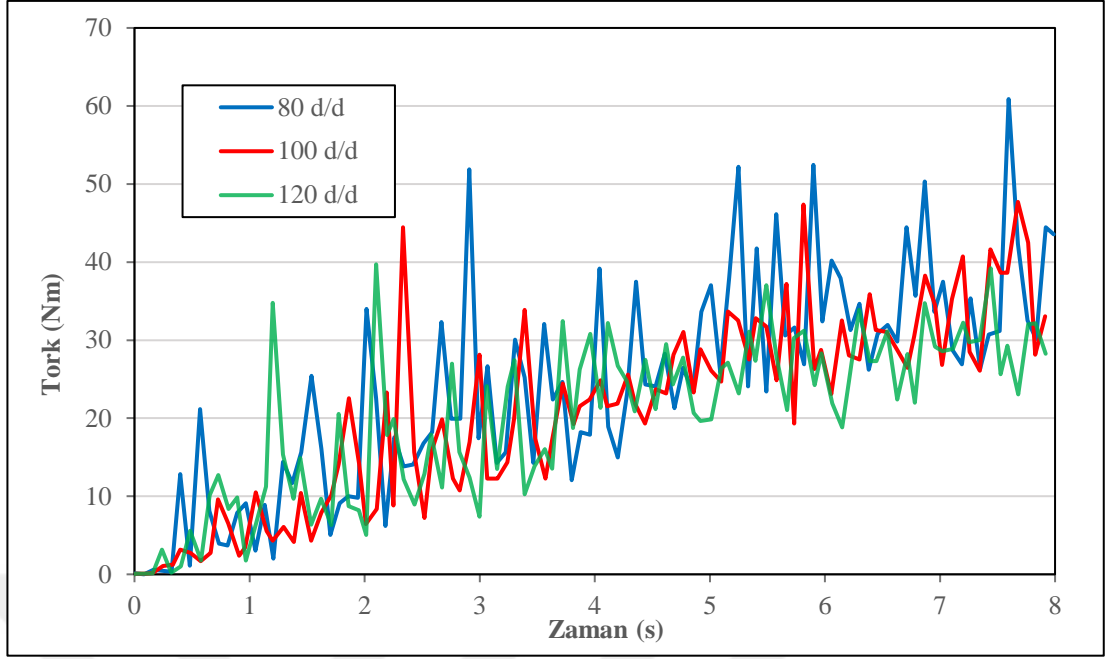
8 saniyelik zamana bağlı analizler sonucunda kuvvet ve torkdaki maksimum değeri  $t = 6$  s ile  $t = 8$  s aralığında ve helezon milinin ilk iki hatvesi arasında olduğu görülmektedir. 100 d/d hız açısından ideal bir değeri.

120 d/d açısai hızda, artan hıza bağlı olarak partiküllerin üst üste yığılmasından dolayı helezon konveyörde kuvvet artışı gözlenmektedir ve sıkışmaya yol açacağı tahmin edilmektedir.

İletim kapasitesi  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi Şekil 6.18.'de,  $1,2 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi Şekil 6.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.18.  $Q = 1,2 \text{ kg/s}$  de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi



Şekil 6.19.  $Q = 1,2$  kg/s de farklı açısai hızlara göre elde edilen zamana bağıli tork değişimi

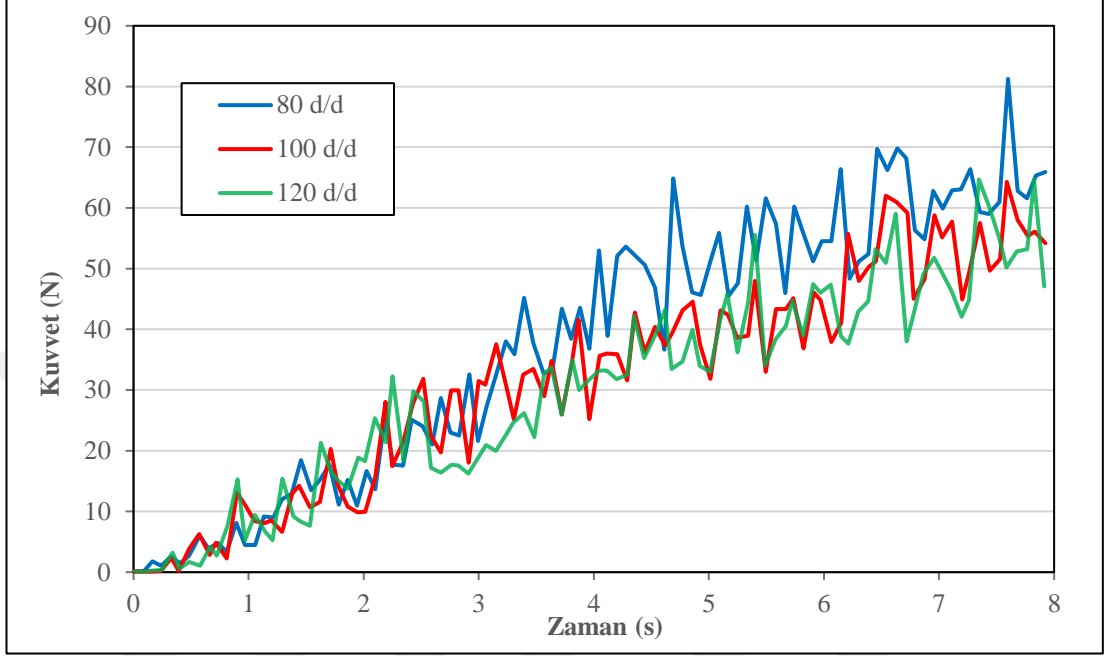
$Q = 1,2$  kg/s olmak üzere farklı açısai hızlara göre maksimum kuvvet ve tork değerleri Tablo 6.5.'de gösterilmiştir. Helezon konveyöre beslenen kütle miktarı zamana bağıli olarak artmasından dolayı helezon milinde meydana gelen kuvvet de zamana bağıli olarak artmaktadır. İletim kapasitesi sabit  $Q = 1,2$  kg/s iken, açısai hız 80 d/d olduğunda helezon mili üzerinde hesaplanan maksimum kuvvet 65 N, maksimum tork ise 61 Nm dir. Açısai hız 100 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 56,4 N, maksimum tork ise 47,8 Nm dir. Açısai hız 120 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 48 N, maksimum tork ise 39,8 Nm dir.

Tablo 6.5.  $Q = 1,2$  kg/s deki açısai hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri

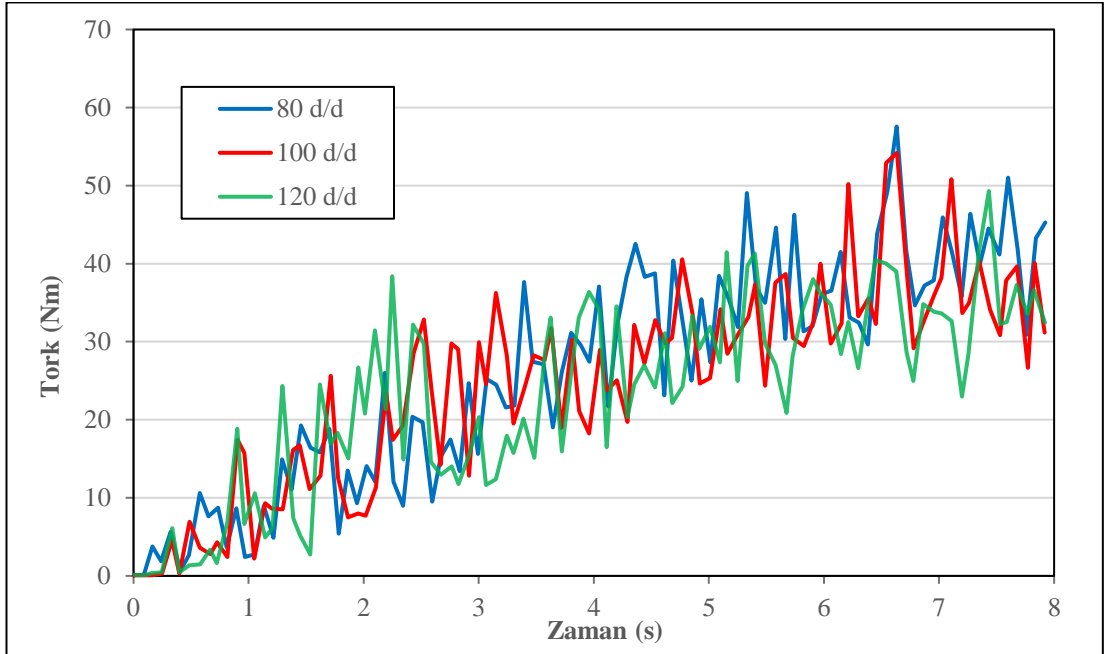
1.2 kg/s de	80 d/d	100 d/d	120 d/d
Kuvvet (N)	65,0	56,4	48,0
Tork (N.m)	61,0	47,8	39,8

1,2 kg/s sabit iletim kapasitesinde, açısai hız arttıka kuvvetin ve torkun azaldığı görölmektedir. 1,0 kg/s iletim kapasitesinden 1,2 kg/s ye çıkarıldığında ise, 80 d/d ve 100 d/d daki maksimum kuvvet ve tork değerleri artarken, 120 d/d daki maksimum kuvvet ve tork değerlerinin azaldığı görölmektedir.

İletim kapasitesi  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  de farklı açısızlızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi Şekil 6.20.'de,  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  de farklı açısızlızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi Şekil 6.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.20.  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  de farklı açısızlızlara göre elde edilen zamana bağlı kuvvet değişimi



Şekil 6.21.  $Q = 1,4 \text{ kg/s}$  de farklı açısızlızlara göre elde edilen zamana bağlı tork değişimi

Helezon konveyöre beslenen kütle miktarı zamana bağlı olarak artmasından dolayı helezon milinde meydana gelen kuvvet de zamana bağlı olarak artmaktadır. İletim kapasitesi sabit 1,4 kg/s iken, açısal hız 80 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 81,4 N, maksimum tork ise 60 Nm dir. Açısal hız 100 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 64,4 N, maksimum tork ise 54,3 Nm dir. Açısal hız 120 d/d olduğunda helezon mili üzerindeki maksimum kuvvet 64,8 N, maksimum tork ise 49,4 Nm dir. 1,4 kg/s deki açısal hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri Tablo 6.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 6.6. Q = 1.4 kg/s deki açısal hızlarına göre maksimum kuvvet ve tork değerleri

1.4 kg/s de	80 d/d	100 d/d	120 d/d
Kuvvet (N)	81,4	64,4	64,8
Tork (N.m)	60,0	54,3	49,4

1,4 kg/s sabit iletim kapasitesinde, açısal hız arttıkça kuvvetin ve torkun azaldığı görülmektedir. 1,2 kg/s iletim kapasitesinden 1,4 kg/s ye çıkarıldığında ise, 80 d/d, 100 d/d ve 120 d/d daki kuvvet ve tork değerlerinin arttırıldığı görülmektedir.

Analizler sonucunda, mil üzerindeki en fazla maksimum kuvvetin ve torkun 80 d/d açısal hızda ve Q = 1,4 kg/s iletim kapasitesinde olduğu görülmektedir. Zamana bağlı kuvvet ve tork değişimi grafiklerinde, belli aralıklar ile hesaplanan kuvvet ve tork değerlerinin pik yaptığını ve bu maksimum kuvvet ve tork değerlerinin oluşturduğu dinamik yükleme etkilerinin zaman içerisinde uzun helezon milinde sehim meydana getireceği görülebilmektedir. Sehim etkileri sonucunda helezon kanatları ile helezon teknesi arasındaki mesafe azalması, hatta kanatçıkların tekneye temas etmesi sonucu sürtünme oluşması, partiküllerin yığılmasına ve sıkışma olayının meydana gelmesine yol açmaktadır.

Ø220 mm çapında 5 m uzunluğundaki helezon konveyördeki sıkışma probleminin sebebi, yapılan analizler sonucunun desteklediği şekilde yükselen iletim kapasitesine göre açısal hızın düşük olması helezon milinin daha fazla yüklerle zorlanmasına sebep olmasındır.

Helezon konveyörün 80 d/d olan açısız hızı 100 d/d olarak değiştirilerek partiküllerin mil üzerine etki ettiği kuvvetin azalması ile oluşan sıkışma problemi ortadan kaldırılmıştır.

## 6.2. Deneysel alışma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kuvvet ve tork değerlerinin iletim kapasitesine ve açısız hızına bağlı olarak arttığını bu değerlerin mil üzerinde sehime neden olduğunu ve zamanla bu kuvvet ve tork artışları sıkışmayı doğurduğu tahmin edilmiştir. Varlık Makine iş alanı bir labratuvar olarak kullanılmış bizzat sıkışma gözlenmiş helezon konveyörler üzerinde çeşitli tasarım değişiklikleri yapılarak sıkışma probleminin çözümü hedeflenmiş ve tasarım değişiklikleri sonuç elde edilinceye kadar devam etmiştir.

Helezon konveyörlerde sıkışmaya sebep olan parametreler, iletilecek olan malzemenin fiziksel özellikleri (yapışkan, aşındırıcı, kolay kırılır, büyük parçalı), helezon geometrisi (mil çapı, mil et kalınlığı, helezon çapı, hatve), helezon konveyör sistemine eklenecek yardımcı elemanlar (ara yatak), konstrüksiyonu (motor gücü, devir sayısı) olarak sıralanabilir. Bu parametrelerin yanı sıra; helezon kanatları ile helezon teknesi arasındaki boşluğun, iletilecek olan malzemenin partikül büyüklüğünden küçük olmaması gerekmektedir. Partikül büyüklüğüne bağlı olarak bu boşluğun 5 mm ile 15 mm arasında olması gerekmektedir. İnce partiküllü malzeme iletimi için yapılan helezon konveyör tasarımlarında bu boşluk optimize edilebilir.

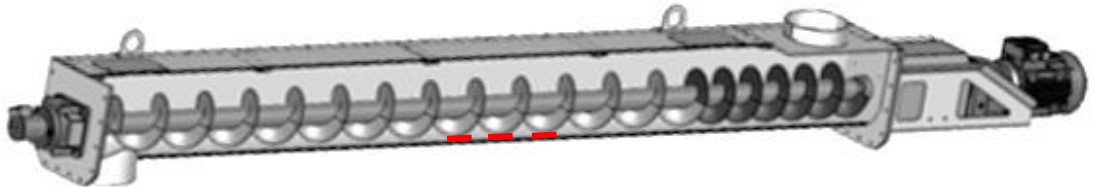
Tablo 6.7.'de bulunan helezon konveyörler Varlık Makine iş alanında deneysel olarak çalışılmış ve çeşitli tasarım değişiklikleri yapılarak, sıkışma problemlerinin çözüldüğü görülmüştür.

Tablo 6.7. Sıkışma problemi yaşanan helezon konveyörlerin özellikleri

Çap (mm)	Helezon Konveyör Boyu (m)	Bileşen Adı	Tanımlama
Ø220	5	Dış Boru	Ø220 (8) dikişli boru, kalınlık; 5 mm
		Helezon Yaprığı	Ø200x76 mm hatve 200 mm kalınlık;5mm
		Motor-Redüktör	5,5 KW 80 d/d
Ø165	5	Dış Boru	Ø165 (6) dikişli boru, kalınlık; 5mm
		Helezon Yaprığı	Ø148x48 mm hatve 148 mm kalınlık;5mm
		Motor-Redüktör	4 KW 100 d/d
Ø220	6	Dış Boru	Ø220 (8) dikişli boru, kalınlık; 4,5 mm
		Helezon Yaprığı	Ø200x76 mm hatve 200 mm kalınlık;8 mm
		Motor-Redüktör	5,5 KW 100 d/d
Ø270	6,5	Dış Boru	Ø270 (10) dikişli boru, kalınlık; 5 mm
		Helezon Yaprığı	Ø240x114 mm hatve 250 mm kalınlık;5 mm
		Motor-Redüktör	7,5 KW 131 d/d

### 6.2.1. Helezon mil çapı düzenlenerek sıkışma probleminin çözümü

Dış çapı 165 mm boyu 5 m olan helezon konveyör, helezon mili çapı 48 mm olarak imal edilmiştir. 48 mm lik mil üzerinde, malzeme iletim sırasında zaman içerisinde malzeme yükünün etkisi ile sehim oluşumu gözlemlendiği, bunun sonucunda helezon yapraklarının teknenin iç yüzeyine temas etmesi ve iletimde sıkışma probleminin meydana gelmesi görülmüştür. Kritik noktalar Şekil 6.22.'de kırmızı ile işaretlenerek gösterilmiştir. Sürtünme kuvvetlerinin etkisi ile iletim için gerekli olan motor gücü ve tork ihtiyacı artmaktadır. Helezon milini 60 mm çapında bir mil ile değiştirerek 48 mm çapındaki mile göre sehimi azaltıp, helezon yaprağı ve tekne arasındaki sürtünme engellenmiştir. Bu düzenleme sonucunda sürtünme kuvveti olmadığından mevcut güç yeterli olmuş ve sıkışma problemi ortadan kaldırılmıştır.

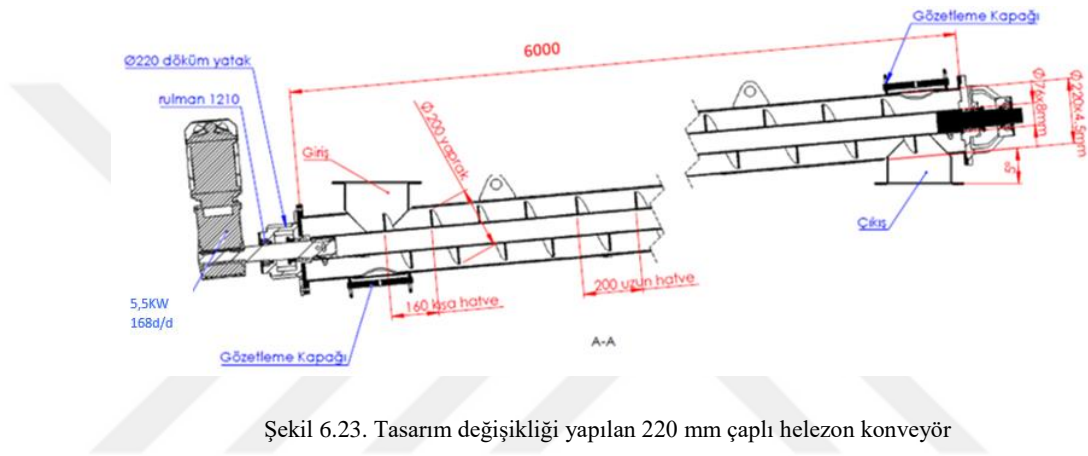


Şekil 6.22. 165 mm çaplı 5 m uzunluğundaki helezon konveyördeki kritik noktalar



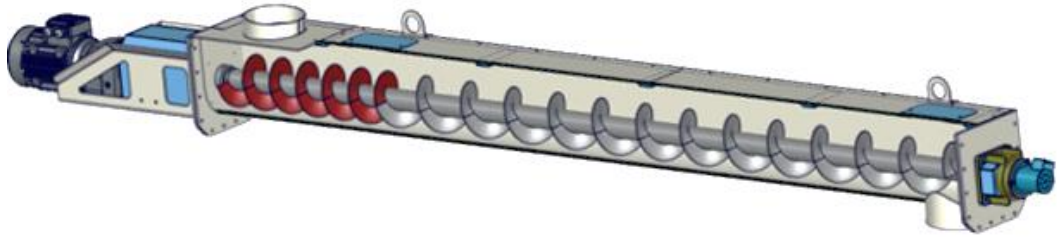
## 6.2.2. Helezonun giriş kısmında dar hatve kullanılarak sıkışma probleminin çözümü

Dış çapı 220 mm boyu 6 m olan helezon konveyörün tasarımında, helezon çapına eşit hatve kullanılarak imal edilmiştir ve bu helezonun belirli bir süre aktif bir şekilde çalışmasından sonra sıkışma problemi yaşandığı görülmüştür. Sıkışmanın ortadan kaldırılması için partikül girişinde dar hatveli helezonlar kullanılmıştır. Tasarım değişikliği yapılan 220 mm çaplı helezon konveyörün teknik resmi Şekil 6.23.'de gösterilmektedir.



Şekil 6.23. Tasarım değişikliği yapılan 220 mm çaplı helezon konveyör

Helezon konveyör boyunca 6 m 200 mm lik hatve kullanılmıştır. Helezonun ilk 1 metresindeki 200 mm lik hatveler 160 mm lik dar hatveler ile değiştirilmiştir. 220 mm çaplı dar hatveli helezon konveyör Şekil 6.24.'de gösterilmiştir ve dar hatveli helezonlar kırmızı ile renklendirilmiştir. Dar hatveli helezonların konulmasıyla, akış hızının önce düşük seyretmesi, akışın daha büyük hatveli helezonlara geçmesi ile akış hızı yükselerek malzeme gelmeden ön taraftaki malzemenin daha hızlı boşalmasına sebep olmuş ve sıkışmanın engellendiği görülmüştür.

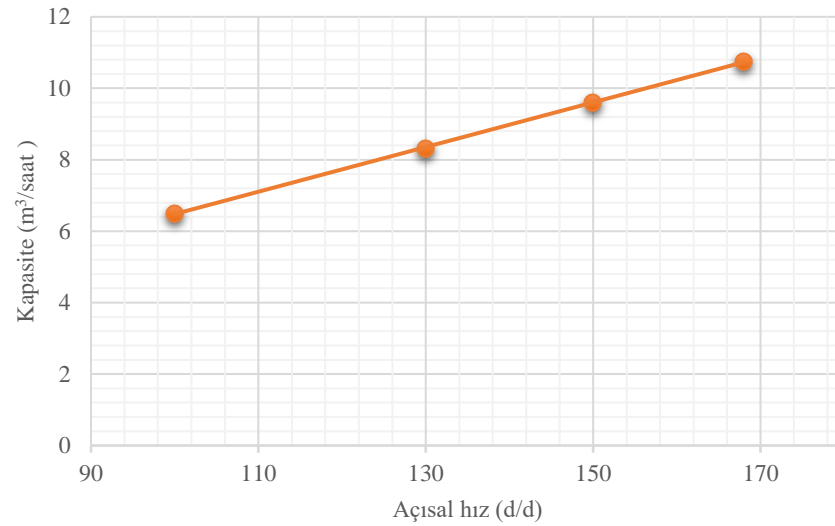


Şekil 6.24. 220 mm çaplı dar hatveli helezon konveyör

Helezon konveyördeki sıkışma problemi çözülmesiyle beraber dar hatve kullanımından dolayı helezon konveyörün iletim kapasitesinin azaldığı, taşınan partikül miktarının eksildiği görülmüştür. Helezon konveyörün hatvesi (helezon adımı) 200 mm olduğunda 100 d/d da helezon kapasitesi % 100 dolulukta  $16 \text{ m}^3/\text{saat}$  iken, giriş ağzı kısmına konulan 160 mm hatveli helezonlar nedeniyle kapasite  $6,5 \text{ m}^3/\text{saat}$  e düşmüştür.

Hacmin daralması sebebi ile beklenen bu durumu iyileştirmek için açısal hızı 130 d/d, 150 d/d ve 168 d/d olacak şekilde kapasite ölçümleri deneysel olarak yapılmış ve 168 d/d açısal hızda, iletim kapasitesinin  $10 \text{ m}^3/\text{saat}$  olarak sonuçlandırılmıştır.

160 mm çaplı helezonda açısal hıza bağlı kapasite değişimi Şekil 6.25.'de gösterilmiştir.

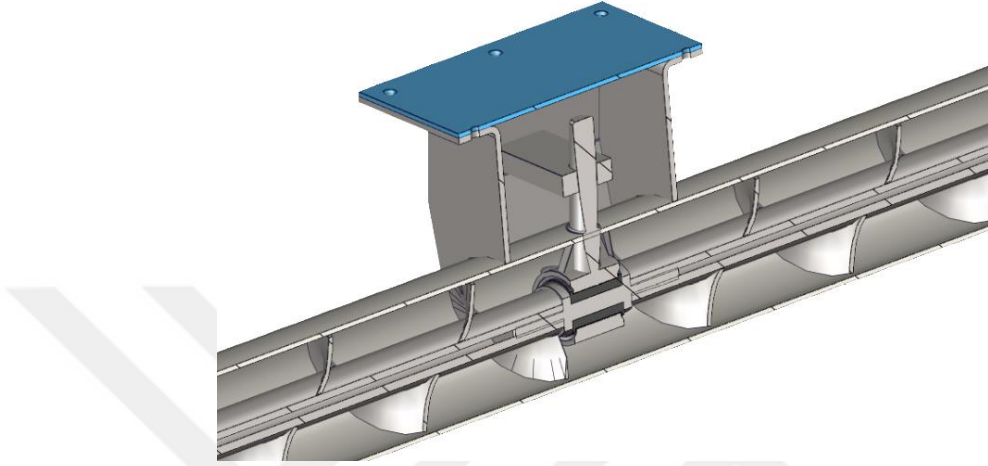


Şekil 6.25. 160 mm çaplı helezon da açısal hıza bağlı kapasite değişimi

### 6.2.3. Helezon miline ara yatak montajı yapılarak sıkışma probleminin çözümü

Dış çapı 270 mm boyu 6,5 m olan helezon konveyör, helezon mil çapı 114 mm olarak imal edilmiştir. Mil üzerinde, malzeme iletimi süresince değişken yük miktarı sebebi ile sehim olduğu ve bu sehim sonucunda helezon yapraklarının tekne ile temas etmesi sonucu sürtünme kuvvetlerinin ortaya çıktığı görülmüştür.

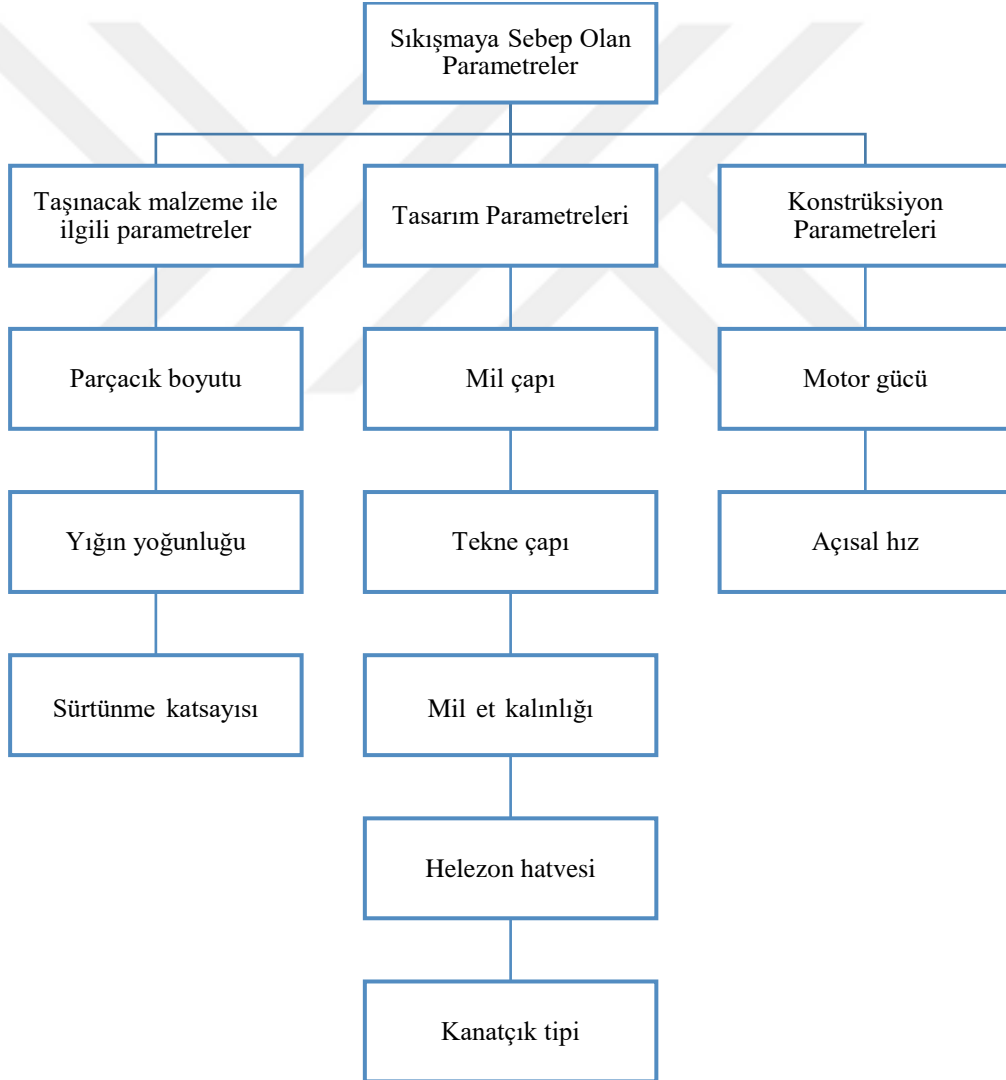
Sehim etkilerini azaltmak adına mil çapının daha buyk seçilmesi sıkışma problemini ortadan kaldıracak şekilde 6,5 m ve daha uzun helezonlarda mil değiştirmek üretim masraflarını ve onarım suresini arttıracak inden helezon konveyöre bir ara yatak eklenerek sıkışma problemi zlmstr. Ara yatak eklenmiş helezon şekil 6.26.'da gösterilmiştir.



şekil 6.26. Ara yataklı helezon konveyör

## BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Helezon konveyörlerde sıkışmanın meydana gelmemesi ve daha verimli çalışması için tasarım parametrelerin iyi analiz edilmesi ve istenen kapasiteye, taşınacak malzemeye göre tasarım yapılması gerekmektedir. Sıkışmaya sebep olan temel parametreler Şekil 7.1.'de gösterilmiştir. Bu parametrelerin etkileri ve öneriler Tablo 7.1.'de listelenmiştir.



Şekil 7.1. Sıkışmaya sebep olan parametreler

Tablo 7.1. Sıkışmaya sebep olan parametreler ve öneriler

<b>Sıkışmaya Sebep Olan Parametreler</b>	<b>Parametrelerin etkileri</b>	<b>Öneriler</b>
<i>Taşınacık malzeme ile ilgili parametreler</i>		
Parçacık boyutu	Partikül boyutu helezon yaprağı ile tekne arasındaki mesafeden büyük olması sıkışmaya sebep olmaktadır.	Helezon yaprakları ve tekne arasındaki mesafe, partiküllerin sıkışmaması için uygun ölçüde düzenlenmelidir.
Yığın yoğunluğu	Yoğunluğun yüksek olması akışa direnç yaratır ve sıkışmaya sebep olabilir.	Yığın yoğunluğuna bağlı olarak motor gücünü yükseltilmesi gerekir.
Sürtünme katsayısı	Sürtünme katsayısı yüksek olan mazlemeler akışa direnç oluşturur.	Akışa direnci azaltmak adına motor gücü yükseltilir.
<i>Tasarım Parametreleri</i>		
Mil çapı	İletim kapasitesine bağlı olarak milde istenmeyen miktarda sehim oluşabilir.	Milin mukavemetini arttırmak adına mil çapı daha büyük seçilmelidir.
Tekne çapı	Helezon yaprakları ve tekne arasında sıkışma meydana gelebilir.	Tekne çapı ile helezon çapı arasındaki boşluk partiküllere uygun olmalıdır.
Mil et kalınlığı	İletim kapasitesine bağlı olarak milde istenmeyen miktarda sehim oluşabilir.	Milin mukavemetini arttırmak adına mil et kalınlığı optimize edilmedir.
Helezon hatvesi	Parçacık boyutuna ve malzemenin aşındırıcılık özelliğine uygun seçilmeyen hatve durumunda sıkışma meydana gelebilir.	Yavaş akışlı ve aşındırıcı olan malzeme iletimi için dar hatveler kullanılmalıdır.
Kanatçık tipi	Taşınan malzemeye uygun olmayan kanatçık tipi seçildiğinde sıkışma görülebilir.	Malzemenin cinsine göre kanatçık seçilmelidir. Örneğin; yapışkan malzemelerin taşınmasında kordela tipi helezon kullanılmalıdır.

Tablo 7.1. (Devam)

<i>Konstrüksiyon Parametreleri</i>		
Motor gücü	Akış direncini karşılamayacak bir motor gücü seçildiğinde sıkışma meydana gelebilir..	İletilecek malzemeye uygun motor gücü seçilmelidir.
Açısal hız	Milin maruz kaldığı kuvveti etkiler.	İletilecek malzemeye ve kapasiteye uygun açısal hız ayarlanmalıdır.

Varlık makinenin yaşamış olduğu helezonlardaki sıkışma problemi, yapılan analizler ve deneyler sonucunda çeşitli tasarım değişiklikleri yapılarak çözüme ulaştırılmıştır.

Uygulanan çözüm yöntemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. Ø220 x 5 m lik helezondaki sıkışma problemi, EDEM Programı ile yapılan numerik analizler sonucunda helezonun açısal hızın 80 d/d dan 100 d/d ya yükseltilmesiyle çözülebileceği görülmüştür.
2. Ø165 x 5 m lik helezondaki sıkışma problemi, mil çapının ölçüsü değiştirilerek ortadan kaldırılmıştır. Başlangıçta 48 mm olan mil çapı, 60 mm olacak şekilde değiştirildiğinde sıkışma probleminin yaşanmadığı görülmüştür.
3. Ø220 x 6 m lik helezonda problemi ortadan kaldırmak adına helezonun girişinde 1 m boyunca 160 mm lik, geri kalanında ise 200 mm lik hatve kullanılarak çözüme ulaşılmıştır. Kapasite kaybının geri kazanımı adına açısal hızı yükseltilmiştir.
4. Ø220 x 6,5 m lik helezondaki sıkışma problemi, uzun helezon milinde yük etkisi ile meydana gelen sehimi engellemek adına kritik noktaya ara yatak eklenmesi ile çözülmüştür.

Bundan sonraki çalışmalarda, DEM yöntemi ile daha uzun süre sürelerde analizler yapılabilir ve sıkışma daha belirgin görünebilir. Sıkışma probleminin çözümü için, helazon konveyörde taşınacak malzemenin fiziksel özelliklerine bağlı olarak, farklı kanat tipleri de denenebilir.



## KAYNAKLAR

Aslan, R., Kurt ,S. (2003). İleticilerde taşınan malların sınıflandırılması, özellikleri ve malzeme hareketleri. TMMOB Makine Mühendisleri Odası İletim Teknolojileri Kongre ve Sergisi, 269-275. Erişim adresi: <https://www.mmo.org.tr/etkinlik/iletim-teknolojileri-kongre-ve-sergisi>

Bolat, B., & Bogoclu, M. E. (2012). Increasing of Screw Conveyor Capacity. Journal of Trends in The Development of Machinery and Associated Technology, 16(1), 207-210.

Colijn, H. (1985). Mechanical conveyors for bulk solids (Vol. 4). Elsevier Science Ltd.

Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). Screw Conveyor Engineering Committee. (1990). Screw conveyors (No. 350). Conveyor Equipment Manufacturers Association.

Cürgül, İ., (2010). Taşıma Tekniği. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Dökmen, D. (2007). Helezon konveyörler ve bu konveyörlerde kullanılan kanat konstrüksiyonlarının tasarımı. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

Dursun, M.G. (1995), Helezon konveyörler. (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

Forcade, M. P. (1999). Screw Conveyor 101: Basic Training Manual for Screw Conveyors. Goodman Conveyor Company.

Gerdemeli, İ., İmrak, C.E. ve Kesikçi, M.K. (2005) Sürekli Transport Sistemleri. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Göncü, F. (2012). Mechanics of granular materials: constitutive behavior and pattern transformation. (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

Hu, G., Chen, J., Jian, B., Wan, H., & Liu, L. (2010, June). Modeling and simulation of transportation system of screw conveyors by the discrete element method. In 2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (pp. 927-930). IEEE.

Nogay, M. N. (2007). Helezon Konveyörlerin Tasarım Kriterleri. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>



Owen, P. J., & Cleary, P. W. (2009). Prediction of screw conveyor performance using the Discrete Element Method (DEM). *Powder Technology*, 193(3), 274-288.

Roberts, A. W. (2001). Design considerations and performance evaluation of screw conveyors. *Proceedings of the BELTCON*, 11(11).

Sağırlı, A. ve Boğoçlu, M.E. (2009). *Transport Tekniği 2*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Yayınları.

Spivakovsky, A. ve Dyachkov, V. (1984). *Götürücüler (Konveyörler) ve İlgili Donatımı*. Ankara: TMMOB Yayınları 251-263.

Tanaka, K. (2001). Numerical and experimental studies for the impact of projectiles on granular materials. *Handbook Of Conveying and Handling of Particulate Solids*, 263-270.

Yücesan K. (2015) Helezon konveyör içerisindeki malzeme akışının modellenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

## ÖZGEÇMİŞ

Özlem Öztürk Temur, 26.08.1981'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 1999 yılında Küçükçekmece Lisesi'nden mezun oldu. 2000 yılında başladığı Anadolu Üniversitesi Kontrol Sistemleri Teknolojisi Bölümü'nü 2002 yılında bitirdi. 2002-2003 yılları arasında üretim planlama sorumlusu olarak Demirbağ Elektrik Malzemeleri San. Tic. Ltd. Şti.'de çalıştı. 2003-2004 yılları arasında teknik servis koordinatörü olarak D ve D İletişim Sistemleri San. Tic. ve Ltd.'de çalıştı. 2005 yılında başladığı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü 2007 yılında bitirdi. 2008 yılında makine tasarım mühendisi olarak Ge-Ta Mühendislik firmasında çalıştı. 2009-2011 yılları arasında bakım ve planlama mühendisi olarak Teleglobal Telekomünikasyon A.Ş.'de çalıştı. 2012 yılında makine bakım mühendisi olarak Soyyiğit Gıda San. ve Tic. A.Ş. de çalıştı. 2013-2015 yılları arasında üretim planlama mühendisi olarak Varlık Endüstri Ürünleri İç ve Dış Tic. Ltd. Şti'de çalıştı. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2017 yılında İstanbul Arel Üniversitesi Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen İstanbul Arel Üniversitesi Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.