

2. Taşıma ve İletim Tesisleri

PROF. DR. AHMET ÇOLAK

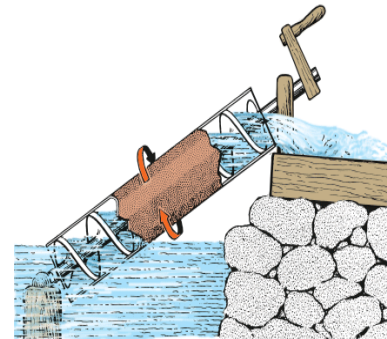
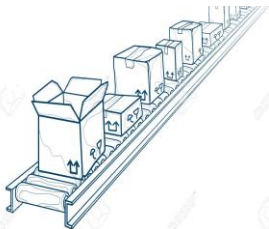
PROF. DR. MUSA AYIK

- ▶ Ürünlerin ve malzemenin gerek işletim içinde, gerekse işletme dışında hızlı ve rasyonel taşınması ve iletimi, üretim emniyeti ve düzgünlüğü açısından büyük önem arz etmektedir. Başka bir deyişle, düzgün bir çalışma rejimi, her şeyden önce kusursuz bir taşıma ve iletme bağıdır. Gıda sanayinde taşınacak materyaller oldukça farklı şekil ve yapıdadır. Bu nedenle, materyalin özelliğine uygun taşıma ve iletim tesisleri seçilmelidir. İş akışı yönünden; taşıma, kesintili çalışmayı ve iletim de sürekli çalışmayı içerir.
- ▶ Taşman materyalin yapısı; taneli, pudra yada toz şeklinde (yığın) olabileceği gibi sıvı ve paketlenmiş birim yük halinde olabilir. Taşman- iletilen materyalin özelliğine göre, taşıma ve iletim tesisleri üç ana grupta incelenebilir;
- ▶ 1-Mekanik taşıma ve iletim tesisleri
- ▶ 2-Havalı (pinomatik) iletim tesisleri
- ▶ 3-Hidrolik iletim tesisleri

2.1 Mekanik Taşıma ve İletim Tesisleri

Mekanik taşıma ve iletim tesisleri, Bunlar, birim (parça, paket) ve yığın (dökme) haldeki materyalin taşıma ve iletiminde kullanılırlar. Bu tip tesisler kendi aralarında şöyle sıralanırlar:

- ▶ Arabalar (lastik ve metal tekerlekli).
- ▶ Yükleyiciler (kendi yürür yükleyiciler, traktöre adapte edilmiş yükleyiciler).
- ▶ Vinçler (sabit vinçler, gezer vinçler).
- ▶ Götürücüler (bantlı, paletli, kovalı, kepçeli ve helezonlu götürücüler).
- ▶ Meyilli yüzeyler.
- ▶ Salınımlı ve titreşimli yüzeyler.



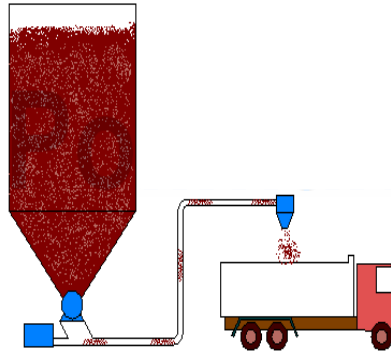
<https://www.quora.com/Was-the-classical-Greco-Roman-civilization-as-big-a-leap-as-is-commonly-imagined>

2.2 Havalı (pnömatik) İletim Tesisleri

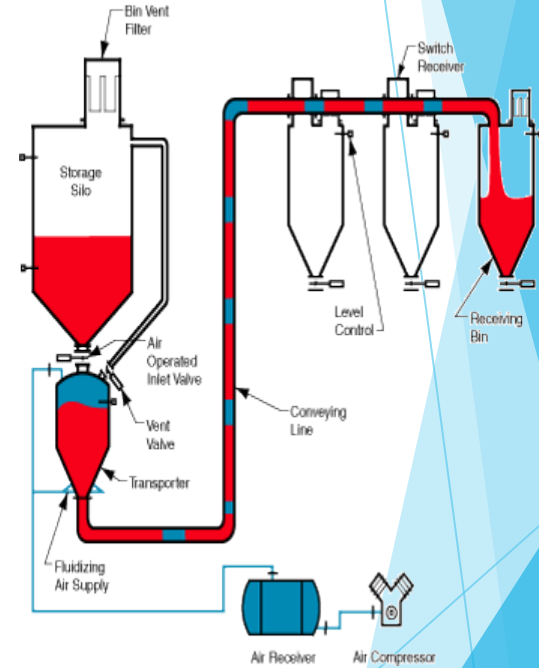
Havanın taşıyıcı akışkan olarak yararlanıldığı bu tip tesislerde, taneli ürünler iletilir. Hava hareketi vantilatörler aracılığıyla sağlanır.



<http://sintemak.com/pnomatik.html>



http://www.polimak.com/Yulaf_Yukleme_Bosaltma.htm



<http://www.dynamicaid.com/systems.html>

2.3 Hidrolik İletim Tesisleri

Bu tesisler, akışkan özellikteki ürünlerin yada küçük parçalı kollu ideal materyalin, sıvı bir akışkan yardımıyla iletilmesini sağlarlar. Akışkanın hareketlendirilmesi için çeşitli tip ve özelliklerde, pompalardan yararlanılır.

Parça, birim yada paket halindeki materyallerin; dıştan dışa ölçüleri, şekilleri, parça yada paket ağırlıkları ve taşımada önemli öteki özellikleri bilinmelidir. Yığın halindeki, taneli yada toz materyalin taşıma ve iletiminde ise şu özellikleri önemlidir: Tane boyutları, hacim ağırlığı (yığma, sıkıştırılmış), yoğunluğu, tanelerin yığılma açısı (statik, dinamik), sürtünme katsayısı, nem, yapışma, korozyon etkisi vb. Sıvı yada koloidal yapıdaki materyalin iletilmesinde ise; viskozite, sıcaklık, korozyon etkisi vb. özellikler önemlidir.

2.1 Mekanik Taşıma ve İletim Tesisleri

Mekanik taşıma ve iletim, işletme içi ve işletme dışı olmak üzere iki bölümde incelenebilir. İşletme dışı taşımanın amacı; ham madde, işlenmiş ürün ve öteki materyallerin işletmeye geliş ve gidişine yöneliktir. Bu bölümde, sadece işletme içindeki taşıma ve iletim tesisleri incelenecektir.

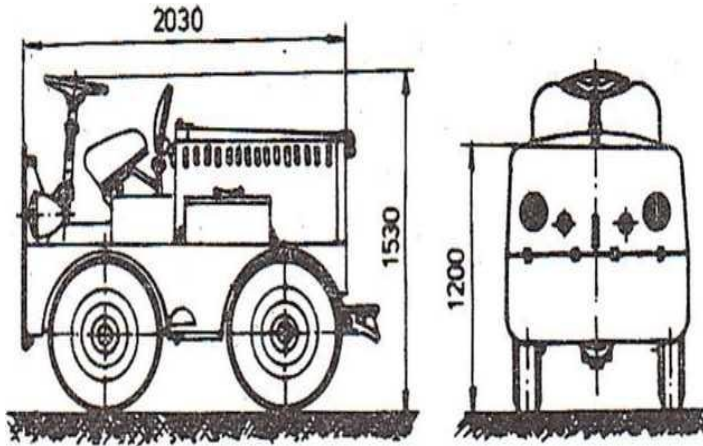
2.1.1 Arabalar

Küçük yüklerin kısa mesafelerde taşınmasında iki, üç, yada dört tekerlekli el arabaları; büyük yüklerin daha uzun mesafelerde taşınmasında ise treylerler, kamyonlar ve çekiciler kullanılır.

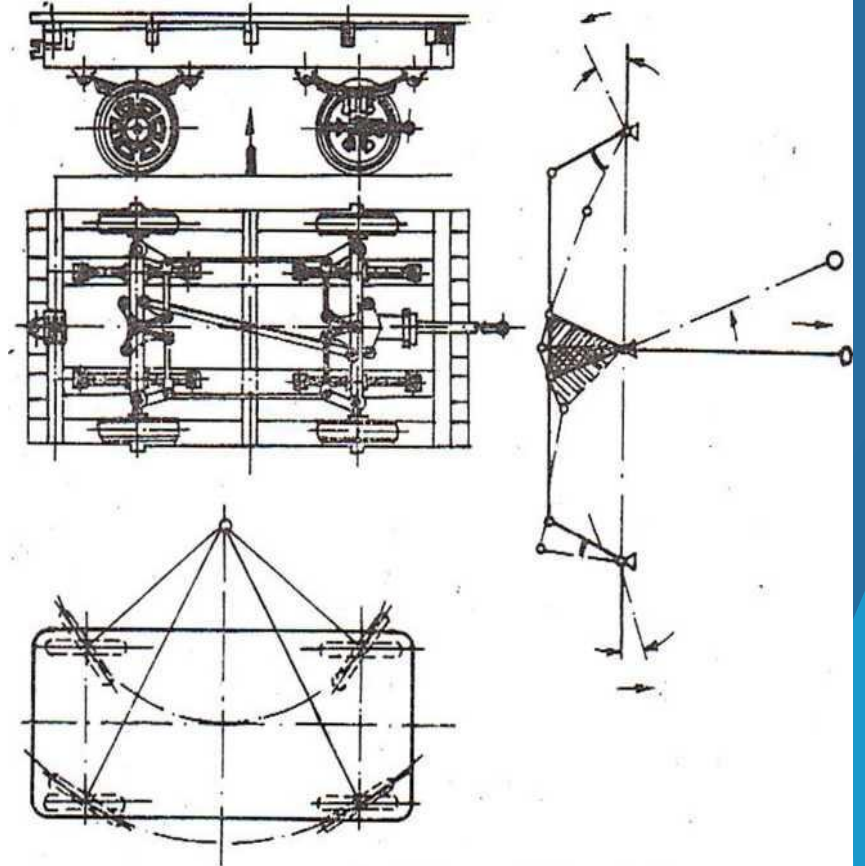
Arabalar, işletme içinde hareket yörüngesinin karmaşık olduğu uygulamalarda kolayca kullanılırlar. Ancak, arabanın geçeceği yollar düzgün, temiz ve az eğimli olmalıdır. Çoğu kez, arabalar yükleme ve boşaltma düzenlerine de sahiptir.

El arabalarında hareketi sağlamak için gerekli çeki kuvveti 60 ... 80 N/ton (düz yolda) kadardır. Treyler yada büyük taşıma kapasiteli arabaların çeki kuvvetleri de büyük olacağından, bunlar, uygun güçte çekiciler ile akuple edilir. Çekiciler, içten yanmalı motorlu yada akümülatör bataryasından beslenen elektrik motorlu olabilirler (Şekil 2.1.).

Çekiciye bağlanmış treylerin manevra yeteneğini artırmak için, treyler tekerlekleri, yarım aks üzerine mafsallı olarak bağlanacak şekilde yapılabilir (Şekil 2.2.). Böylece, treyler dönme yarıçapının, çekicinin dönme yarıçapına uygunluğu sağlanır.



Şekil 2.1. Akümülatör bataryalı bir çekici.

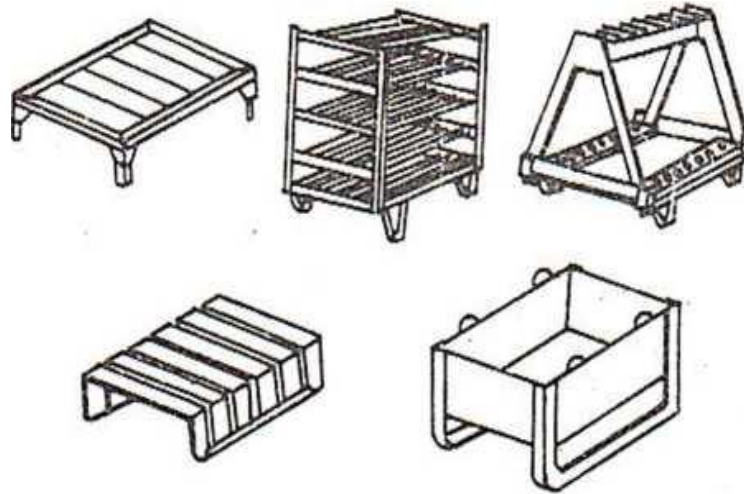


Şekil 2.2. Çekicinin hareketini otomatik izleyen trayler.

<https://www.oemoffhighway.com/electronics/power-systems/article/20849703/batteryelectric-autonomous-construction-equipment>

Kendi yürür arabalarda, kuvvet kaynağı olarak içten yanmalı motorlar, elektrik motorları yada basınçlı hava motorları kullanılmaktadır. Bu tür arabaların, yükleme platformu hareketli olabilir. Çatallı kaldırma düzenine sahip olan tipleri, yükleyici olarak da kullanılır.

Yükseltilebilen platforma sahip kendi yürür arabalarla taşıma işinin hızlı ve kolay sağlanabilmesi için, araba tablasının kolayca girebileceği özel sehpalardan yararlanır. Şekil 2.3’de bu tür birkaç sehpa örneği verilmiştir.



Şekil. 2.3 Yük taşımada kullanılan sehpa.

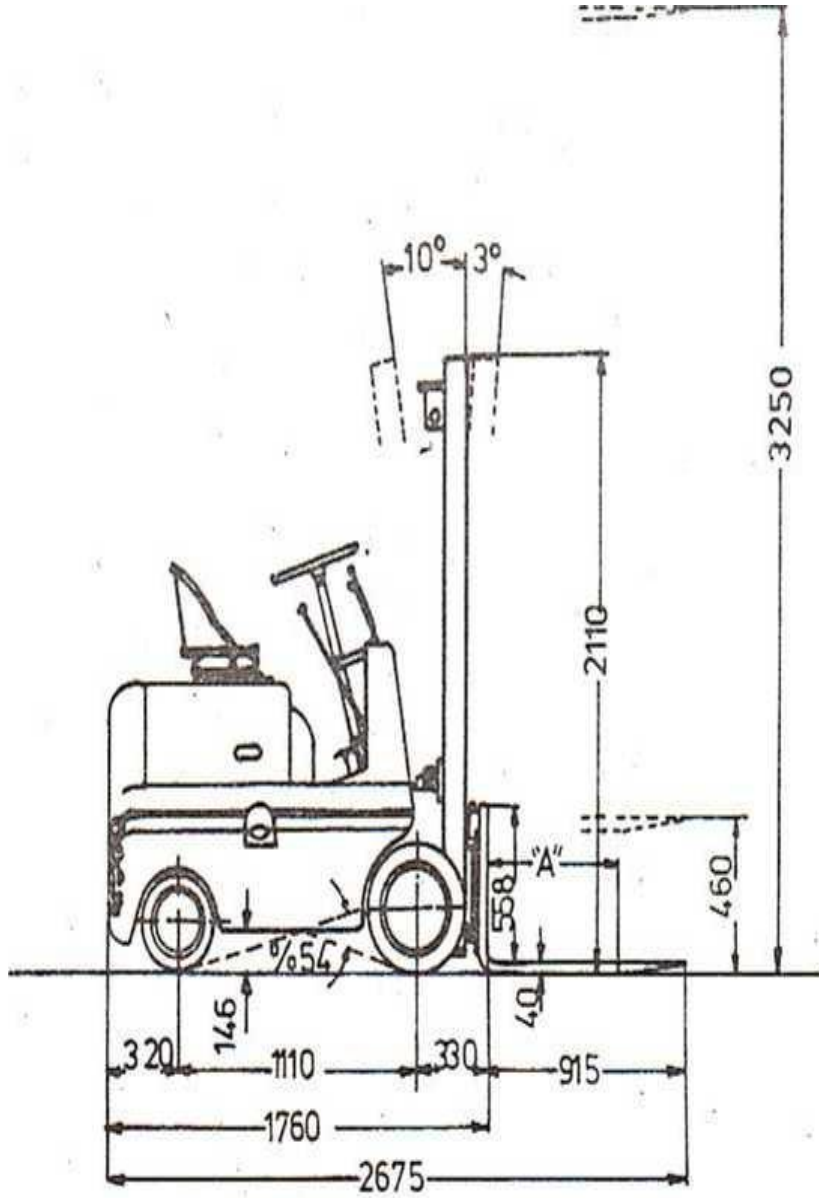
2.1.2 Yükleyiciler

Yükleyiciler, yükleme içinde kullanılan hareketli kaldırma ve götürme makinalarıdır. Bunlar, alışma şekline göre sürekli ve kesintili çalışan yükleyiciler olarak ayrılırlar. Sürekli yükleyiciler, üzerine yüklenen materyalin iletimini sağlar. Kesintili alışan yükleyiciler ise, genellikle kendi yürür tipte olup, yükü kaldırarak taşırlar (kaldırma ve yığma makinaları).

Kesintili alışan yükleyicilerin iş organı kepçeli yada kaldırma platformlu olabilir. Dökme (yığın) halindeki materyalin yüklenmesinde, kepçeli tip yükleyiciler kullanılır. Kütük, tahta, boru vb. malzemenin yüklenmesinde kepeye özel kısaa düzenleri eklenebilir.

Platformu hareketli olan ve kesintili çalışan yükleyiciler, kendi yürür platformu hareketli arabalar grubuna da girerler. Bu tip ykleyicilerdeki kaldırıcı çatalı platforma, baklalı zincirle asılıdır. Zincirin bir ucu sabit olup, öteki ucu ise hidrolik pistonun çubuğuna bağlanmış olan

Bir zincir dişlisine sarılır. Kaldırma atalı, istenilen konumda sabitleştirilebilir (şekil 2.4.). Ayrıca ek bir silindir düzeniyle kaldırma platformu öne doğru da eğilebilir.



Şekil 2.4. Kaldırma çatallı kendi yürür yükleyici.

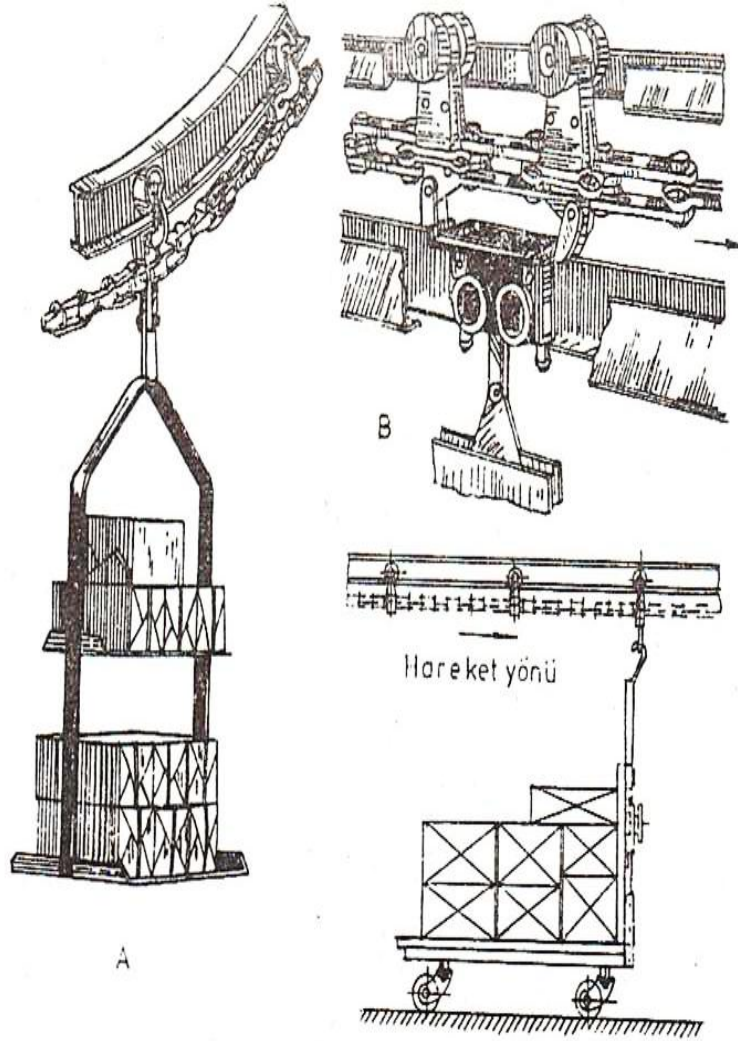


<http://www.hnxdcc.com>

2.1.3 Vinçler

Bunlar, sabit vinçler ve gezer vinçler olarak ayrılırlar. İşletme içindeki taşıma iletimde kullanılan sabit vinçler yada yüksek götürücüler, değişik boyutlarda parça ve paket materyalin taşınmasında kullanılır. Vinçlerin üstünlükleri; yerden tutum sağlanması (ray üzerinde tavan elemanlarına tutunmuş yüksek götürücü), düşük güç gereksinmesi, engellerden kolayca aşabilmesi ve taşıma-iletim mesafesinin uzun olması şeklinde sıralanabilir.

Yükün götürülme yöntemine göre, vinçler, üç alt grupta incelenir (şekil 2.5.). Bunlar; yük taşıyıcı götürücü, arabalı götürücü (araba ray üzerinde) ve yük çekici götürücüdür (yerdeki arabanın vinç ile çekilmesi).



Şekil 2.5. Sabit vinçler: (A) yük taşıyıcı, (B) arabalı ve (C) çekici.

2.1.4 Götürücüler

Materyalin sürekli iletimini sağlayan götürücüler, götürme (iletim) yüzeyinin şekil ve yapısına göre; bantlı, paletli, kovalı (kepçeli) ve helezon götürücüler olarak sınıflandırılırlar. Götürücülerin hacimsel yada ağırlık olarak taşıma kapasitesi, birim götürücü boyuna düşen yük miktarına ve götürücü hızına bağlıdır. Genel olarak, götürücü kapasitesi şu eşitlikle verilir:

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot V$$

Burada;

Q : Götürücü kapasitesi, t/h,

q : Birim götürücü boyuna düşen özgül yük miktarı, kg/m ve

V : Götürme hızıdır, m/s.

Götürücü tipine ve iletilecek materyal cinsine göre de özgül yük miktarı çeşitli değerlerde olabilir. Yığılma yüklerin, bantlı, paletli götürücülerle iletiminde özgül yük değeri;

$$q = F \cdot \gamma$$

çşitliğinden bulunur.

Eşitlikte;

γ : Yükün yığılma ağırlığı, kg/m^3 ve

F : Yükün enine kesit alanıdır, m^2 . Yığın yükün F_0 kesit alanlı bir tekne yada boruda iletiminde ise; φ yükleme katsayısı da göz önüne alınarak, $F = F_0 \cdot \varphi$ yazılır.

Kovalı (kepçeli) götürücülerde, yığılma yüklerin iletiminde özgül yük değeri (q) ise, şöyle bulunur:

$$q = \frac{i}{a} \cdot \gamma = \frac{i_0}{a} \cdot \gamma \cdot \varphi$$

Burada;

i_0 : Bir kovanın (kepçenin) hacmi, m^3 ,

γ : Yükün yığılma ağırlığı, kg/m^3 ,

i : Kovaların (kepçelerin) dolma miktarı, m^3 ,

a : Kovalar (kepçeler) arasındaki uzaklık, m ve

φ : Yükleme katsayısıdır.

Birim yüklerin (paket) iletilmesinde, q özgül yük değeri şöyle bulunur:

$$q = \frac{G}{a}$$

Burada;

G : Birim yükün ağırlığı, kg ve

a : Birim yükler arasındaki mesafedir, m.

Götürücülerin tahriki için gerekli motor gücü, genel olarak, şu eşitlikten saptanabilir:

$$N = \frac{Q}{367 \cdot \eta} (H + L \cdot \omega)$$

Eşitlikte;

N : Gerekli motor gücü, kW,

Q : Götürücünün kapasitesi, t/h,

H : Dikey götürme yüksekliği, m,

L : Yatay götürme mesafesi, m,

ω : Götürücünün toplam sürtünme katsayısı ve

η : Aktarma düzenlerinin tesir derecesidir.

Yatay götürmede, $H = 0$ olup,

$$N = \frac{Q \cdot L \cdot \omega}{367 \cdot \eta} \text{ ve}$$

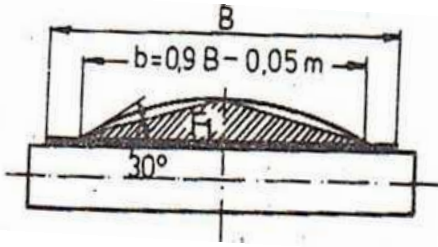
düşey götürmede de $H = L$ olup,

$$N = \frac{Q \cdot H}{367 \cdot \eta} (1 + \omega) \text{ olur.}$$

Bantlı götürücüler: her türlü materyalin yatay yada az meyilli yörüngeler boyunca iletiminde kullanılırlar. İşletmelerdeki iletim hatlarında tamamlayıcı görevini üstlenen bantlı götürücülerin tasannu basittir. Öte yandan, ağırlıklarının az olması ve emniyetli işletmeleri nedeniyle en çok kullanılan götürücülerdendir. Bantlı götürücülerde bant malzemesi; tekstil dokuma, çelik şerit ya da çelik tel örgülü olabilir. Gıda sanayinde, üzeri kauçuk kaplanmış tekstil bantlı ve paslanmaz çelik bantlı götürücüler yaygındır.

Hareket yörüngelerine göre bantlı götürücüler, a) yatay, b) belirli bir eğim açılı ve c) karma tip olabilirler. Eğimli tiplerde, eğim açısı, iletilen materyalin özelliğine ve materyal ile bant malzemesi arasındaki sürtünme katsayısına bağlıdır. Aynı yükün iletiminde kullanılacak çelik bantlı götürücülerin eğim açısı, kauçuk kaplamak tekstil bantlarındakinden 2. . . .5° daha küçüktür. Örneğin, hububat iletiminde güvenli işletme için tekstil bantlı götürücünün yatayla yaptığı eğim açısı 13° den büyük olmamalıdır.

Bantlı götürücülerin ana parçaları şöyle sıralanabilir: Bant, taşıyıcı makaralar, merkezleme elemanları, tahrik düzeni, gerdirme düzeni, yön değiştirme elemanları, yükleme ve boşaltma düzenleri, bant temizleme düzeni, frenleme düzeni ve götürücü şasesidir. Şekil 2.6'da bantlı götürücüye ilişkin iki bant kesiti verilmiştir.



Düz konveyor



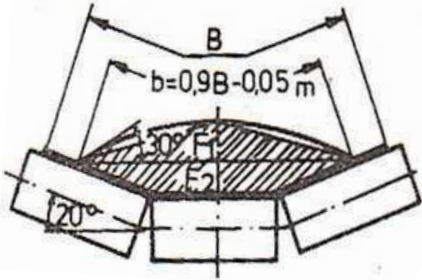
Üçlü taşıma makaralı konveyor



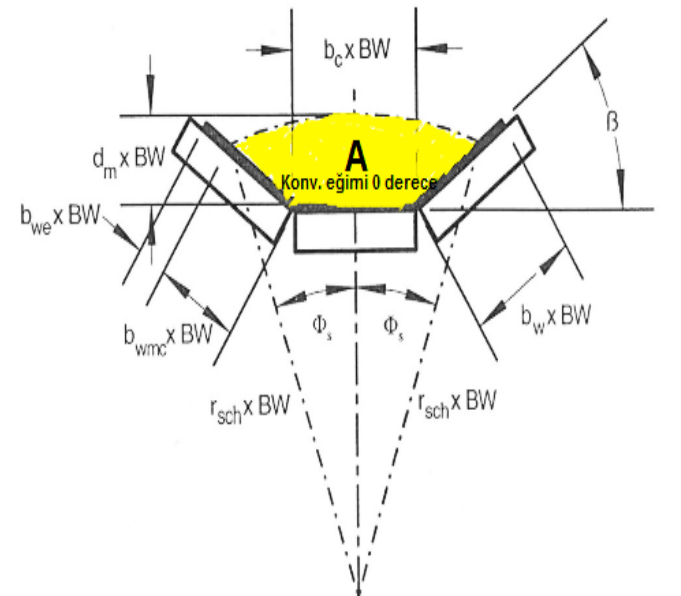
V tipi makaralı konveyor



Beşli makaralı konveyor



Şekil 2.6 Bantlı götürücü kesit görüntüsü

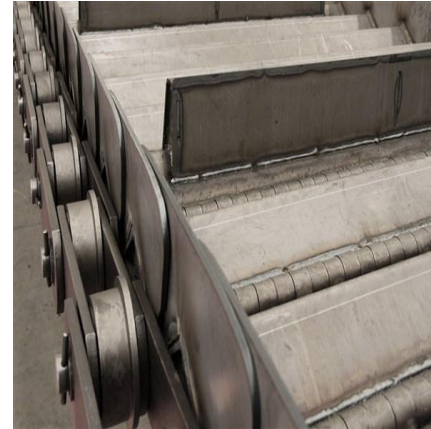
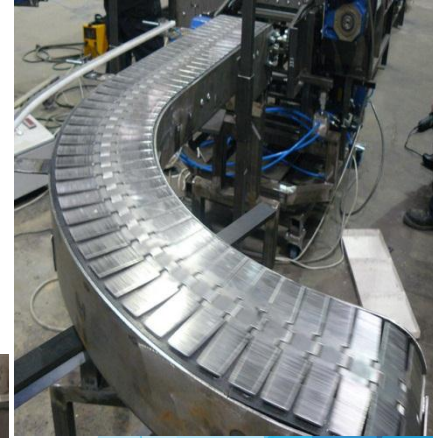
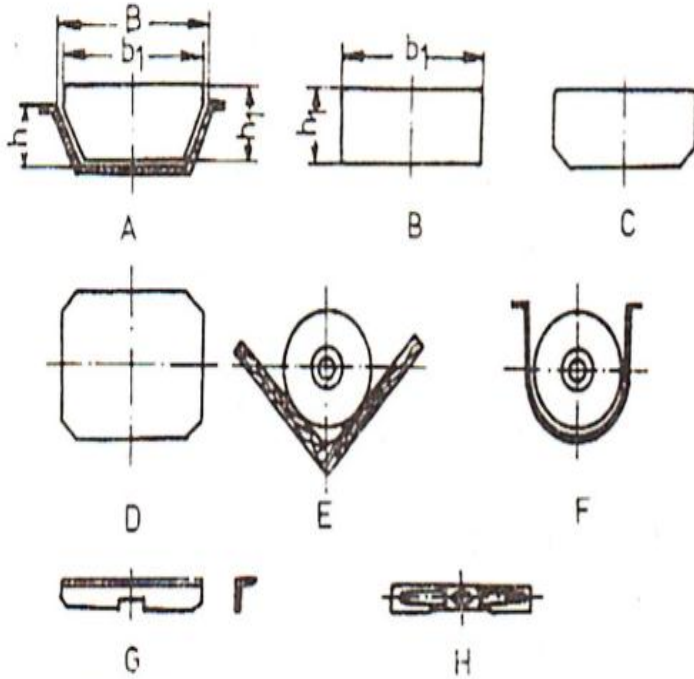
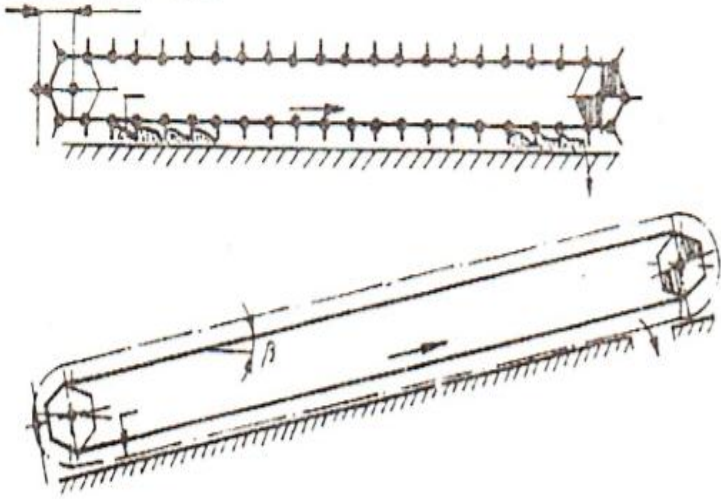


Paletli Tip Bantlı Götürücüler: Çeşitli dökme ve parça materyalin yatay ya da eğimli yoldan götürülmesinde kullanılırlar. Düz bantlı götürücülerden farklı yanları ağır, büyük parçalı, aşındırıcı, sıcak materyalin iletiminde kullanılmalarıdır. Kullanım amacına göre, paletli götürücüler çok çeşitli şekillerde yapılırlar. Örneğin; dökümhanelerde döküm kalıbı götürücüler, ahırlarda gübre sıyırıcılar, yürüyen merdivenler vb. paletli götürücülerdir. Şekil 2.7’de paletli götürücünün genel görünüşü ve çeşitli palet tipleri verilmiştir.

Küreme, sıyırma esasına göre çalışan paletli götürücülerde iletim dirençleri yüksektir. Özellikle, aşındırıcı özellikteki materyalin, borulu tip paletli götürücülerde iletilmesinde, dönemeçlerde yoğun bir aşınma görülür. Bu nedenle, borulu paletli götürücüler, iletim uzunluğu kısa olan ve aşındırıcı özelliği olmayan materyaller için öngörülür.

Kovalı yada kepçeli götürücülerde: Materyalin içine dalarak iletildiği kova yada kepçeler, götürücü bandına sabit yada mafsalı (hareketli) bağlanırlar. Sabit kovalı bir götürücünün şematik resmi şekil 2.8’de verilmiştir. Parçaları ise şöyle sıralanabilir:

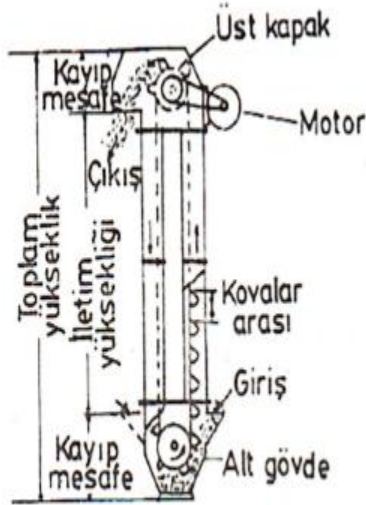
Gerdirme stroku



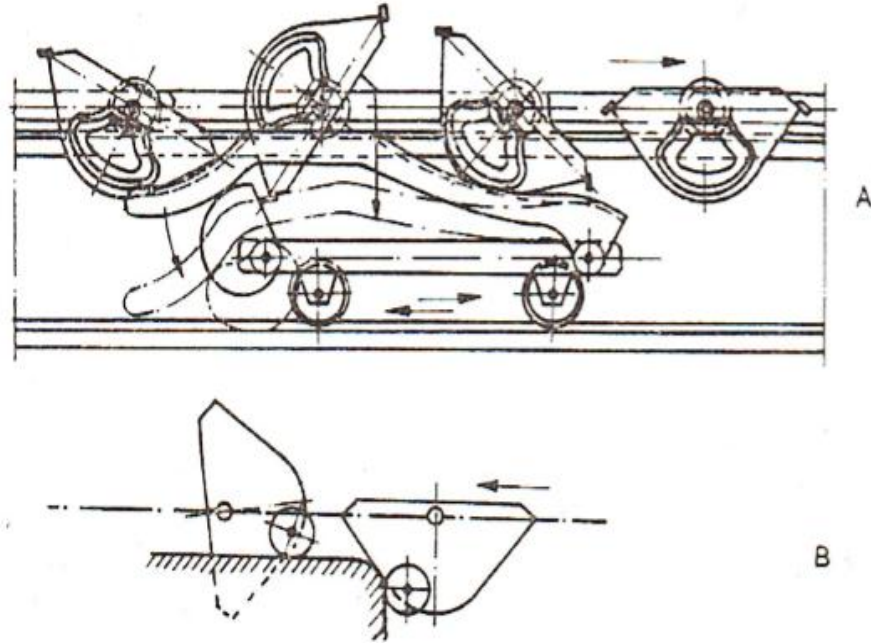
Şekil 2.7. Paletli götürücü ve çeşitli palet tipleri.

Yükleme haznesi, şase, muhafaza boruları, zincir yada banta monte edilmiş kovalar, hareket iletim düzeni, gerdirme düzeni ve boşaltma haznesi.

Mafsallı kepçeli götürücülerin, sabit kovalılardan farklı yanı; kepçeler, burçlu makaralar ile hareket iletim zincirine yataklandırılmış olup, serbestçe dönebilirler. Öte yandan, kepçelerin boşaltılması için özel düzenler kullanılmak zorundadır. Şekil 2.9’da mafsallı kepçeli götürücülerde iki farklı kepçe boşaltma düzeni verilmiştir.

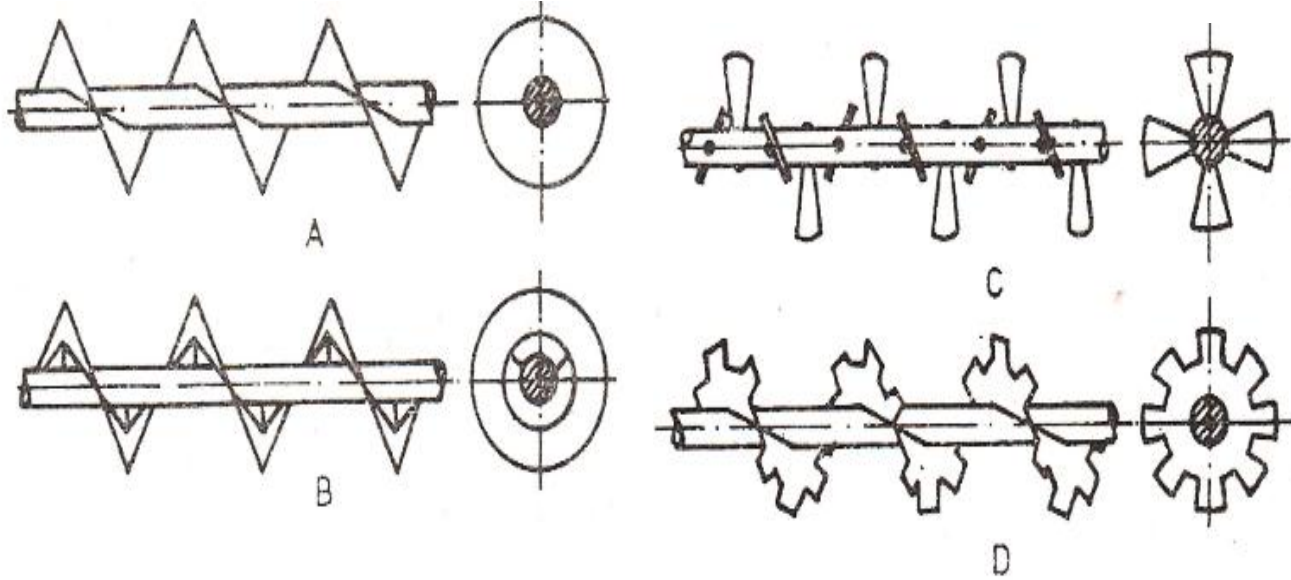


Şekil 2.8. Sabit kovalı götürücü.

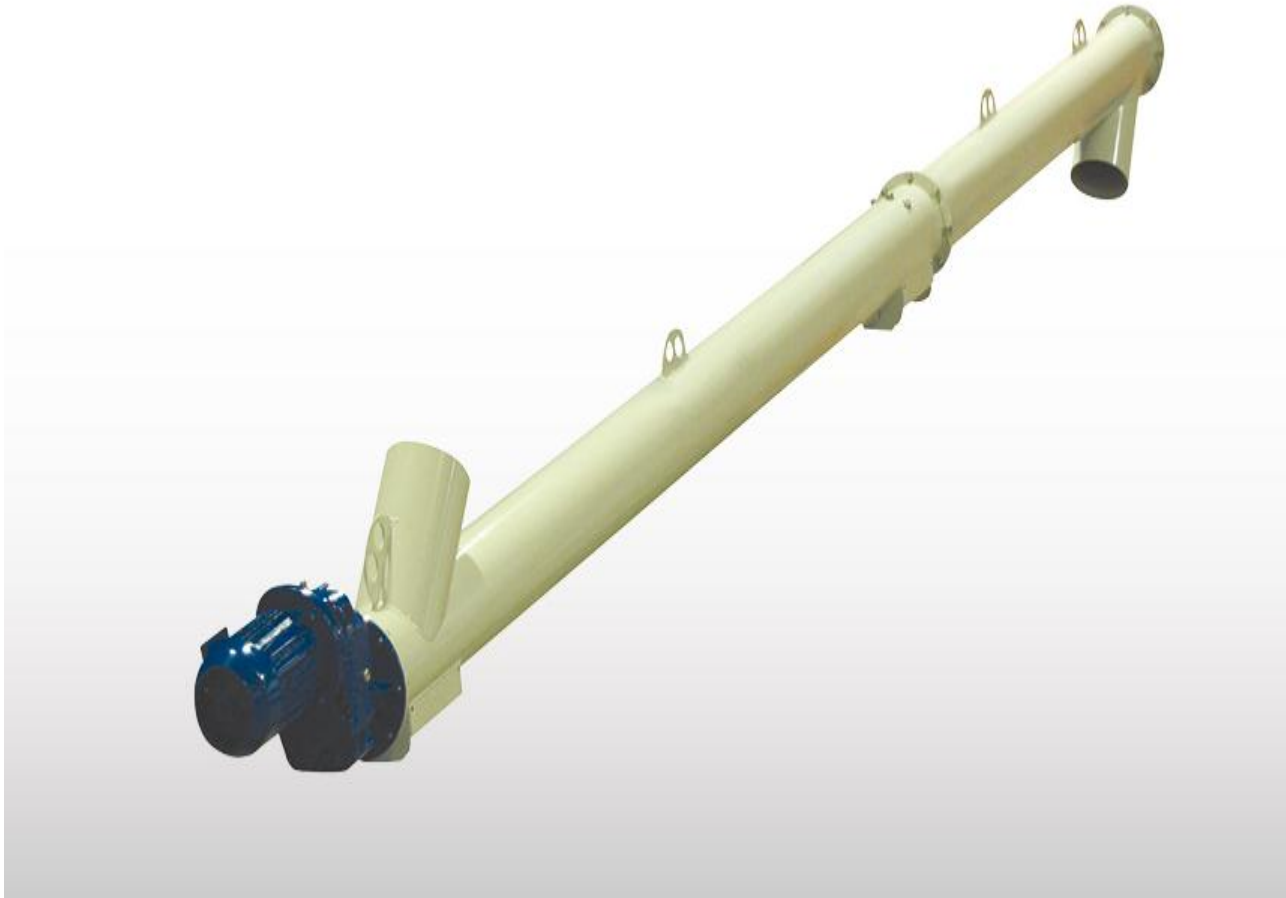


Şekil 2.9. Mafsallı kepçeli götürücülerde kepçe boşaltma düzenleri.

Bu tip götürücüler, daha çok kırılğan olmayan taneli materyallerin iletiminde kullanılırlar. Helezon götürücüler, yatay yada belirli Lir eğim açısında iletim yapabilirler, iletilecek materyalin özelliğine göre helezon yapısı farklı olmaktadır. Örneğin, kuru taneli ve pudra şeklindeki materyalin iletiminde kısa adımlı, sürekli vida helezonlu yapı uygundur (şekil 2.10). Yapışkan özellikli materyal için, helis (kordela) helezon ve sıkıştırılabilen materyal için de pervane kanatlı yada kesik kanatlı helezonlar kullanılır.



Şekil 2.10. Helezon tipleri (a. sürekli vida adımlı, b. helis, c. pervane kanatlı ve d. kesik kanatlı)



<http://www.dizaynmuhendislik.com.tr/TR/urunler/mekanik-transfer>

Yatay yada belirli eğim açısıyla çalışan helezon götürücünün mil bir çok yerden yataklanır. Dikey çalışan helezon mili ise, sadece mili tahrik edildiği yerden yataklanır.

Helezon götürücülerin iletim kapasitesi şu eşitlikten hesaplanabilir;

$$Q = V \cdot \gamma = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s \cdot n \cdot \varphi \cdot c \cdot \gamma$$

Burada;

Q : İletim kapasitesi, t/h,

V : Hacimsel kapasite, m³/h,

γ : İletilen materyalin yığma ağırlığı, t/m³,

D : Helezon çapı, m,

s : Vida adımı, m (s = D ya da s = 0,8. D alınır),

n : Helezon devir sayısı, d/dak,

φ : Dolma katsayısı (0,13 ... 0,4) ve

c : Götürücü eğimine bağlı bir katsayı olup, değeri β eğim açısına göre şöyledir:

β	0°	5°	10°	15°	20°
c	1	0,9	0,8	0,7	0,65

Helezon devir sayısı; iletim kapasitesine, helezon çapına ve iletilen materyale bağlı olarak uygun seçilmelidir. Genel olarak, helezon çapı bydke devir sayısı küçülür. Ayrıca, devir sayısı, aşındırıcı özelliği olmayan hafif materyallerde (tahıl) teki materyallerdekinden (rneğin; tuz) daha yüksektir.

Helezon götürücünün gereksindiği g ise Şu eşitlikten saptanabilir:

$$N_g = \frac{Q \cdot L}{367} (\omega \pm \sin \beta)$$

Eşitlikte;

N_g : Helezon g gereksinimi, kW,

Q : Götürücü kapasitesi, t/h,

L : Götürücü boyu, m,

ω : Helezon götürücünün toplam direnç katsayısı (iri taneli ve ağır malzemelerde 2,5 küçük taneli ve hafif malzemelerde 4 alınır).

β : Helezon götürücünün yatayla yaptığı eğim açısıdır.

- Örneğin; % 17,5 nem içerikli buğdayın iletiminde, devir sayısına ve iletim kapasitesine göre değişen özgül güç gereksinimi (kW /m), cetvel 2.1’de verilmiştir.

Cetvel 2.1. Buğday iletiminde, helezon götürücü özgül güç gereksinimi (bağal nem içeriği % 17,5).

Helezon çapı (mm)	Devir sayısı (d/dak)	Götürücü kapasitesi (t/h)					Özgül güç gereksinimi (kW /m)
		Eğim açısı (°)					
		15°	45°	60°	75°	90°	
90	1000	9	7,5	6,5	5,5	3	0,26
125	750	14	10	8,5	7	4,5	0,37
160	500	25	18	15	12	9	0,48

2.1.5. Meyilli Yüzeyler

- ▶ Materyalin kendi ağırlığı ile sürtünme ve yuvarlanma dirençlerine karşı iletilmesinde, meyilli (eğimli) yüzeylerden yararlanılabilir. G ağırlıktaki bir materyal, yüksekliği h olan eğik bir yüzey üzerinde hareket ettiğinde yaptığı iş, sürtünme işi ile hızlanmadan dolayı kinetik enerji artışının toplamına eşittir. Yani;

$$G \cdot h = G \cdot l \cdot \mu \cdot \cos \beta + \frac{G (V_s^2 - V_i^2)}{2 \cdot g}$$

Burada; g : Yerçekim ivmesi, m/s^2 ,

G : Materyalin ağırlığı, kg,

h : Düşü yüksekliği, m,

l : Meyilli yüzeyin uzunluğu, m,

μ : Sürtünme katsayısı,

V_s : Materyalin son hızı, m/s,

V_i : Materyalin ilk hızı, m/s ve

β : Eğim açısıdır.

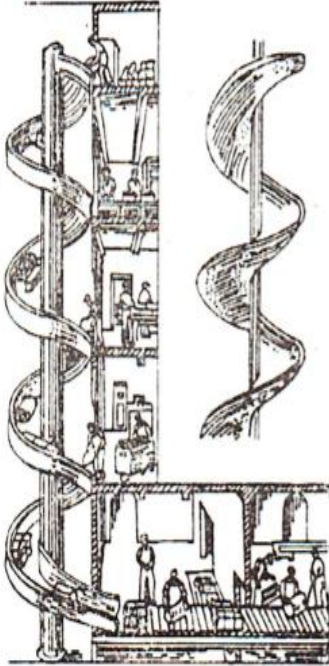
Bu eşitliğe göre;

$$\tan \beta = \frac{2 g \cdot h \cdot \mu}{2g \cdot h + V_i^2 - V_s^2} \text{ yazılarak,}$$

ilk ve son hızı belli olan bir iletimde, gerekli eğim açısı hesaplanabilir. Eğer hareket düzgün ise, yani;

$$V_s = V_t \text{ ise, } \tan P = n \text{ olur.}$$

Meyilli yüzeyler, dikdörtgen yada dairesel kesitli oluklar şeklinde yapılırlar. Genellikle, iletilen materyalin son hızı 1,5 ... 2 m/s'yi geçmeyecek şekilde eğim açısı belirlenir. Şekil 2.11'de helisel yapı bir meyilli yüzey verilmiştir.



Şekil 2.11. Helisel yapı meyilli yüzey.



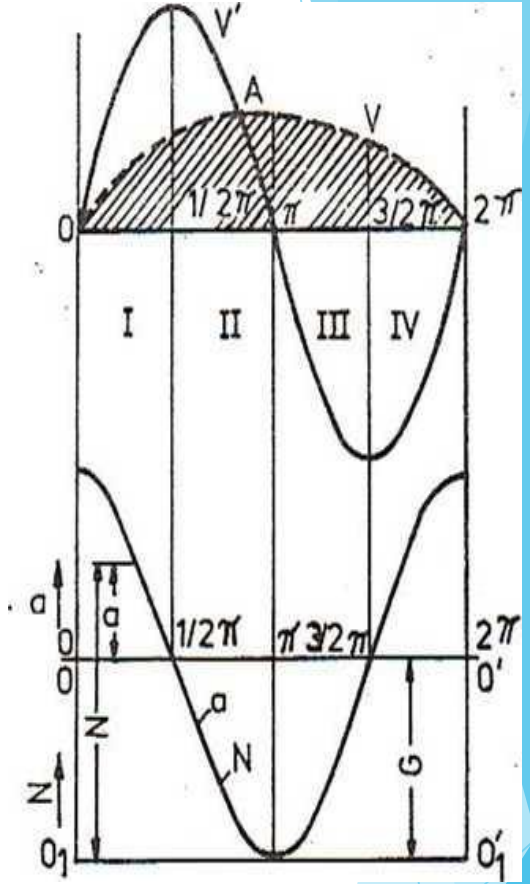
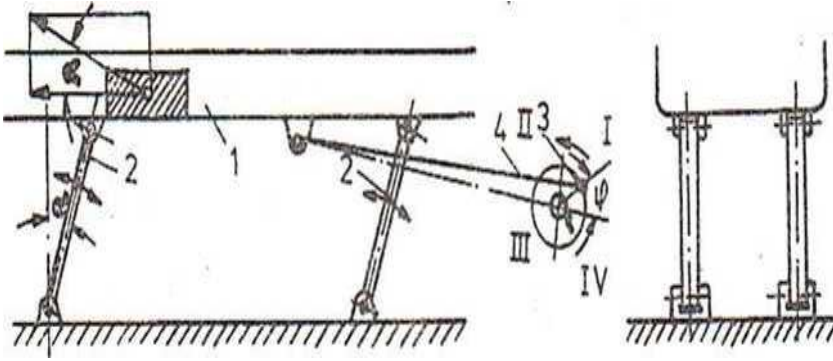
2.1.6. Salınlı ve Titreşimli Götürücüler

Bu tip götürücüler, daha çok kısa mesafelerde, küçük kapasiteli iletim amacıyla kullanılırlar. En önemli avantajları, yapılarının basit oluşudur.

Salınlı götürücülerde, yük, sıçrama hareketi yapmaksızın iletilir. Şekil 2.12'de eksantrik düzenli bir salınlı götürücünün çalışma prensibi ve şeması verilmiştir.

Mafsallı destek çubuklarına (2) belirli bir a açısıyla bağlanmış masa (1), periyodik salınım hareketi yapar (şekil 2.12). 3'nolu krankın yarıçapı, 4'nolu biyel koluna göre çok küçüktür. Bu nedenle, masanın V hız değişimi sinüzoidaldir. Aynı zamanda krankın yarıçapı (r), mafsal kollarından da küçük olduğundan masanın hareketi, a açısı kadar hemen hemen doğrusaldır. Masanın hız eğrisi sinüzoidal olup, birinci türevi, yani ivmesi (a) de cosinüs eğrisi oluşturur. G ağırlığındaki bir materyalin ivmelendirilmesinde etkili N kuvveti; iletilen materyalin sıçramaması için. N hiçbir zaman sıfır olmamalıdır. Bunun için,

$$N = G + \frac{G}{g} \cdot a \cdot \sin z \text{ olup,}$$

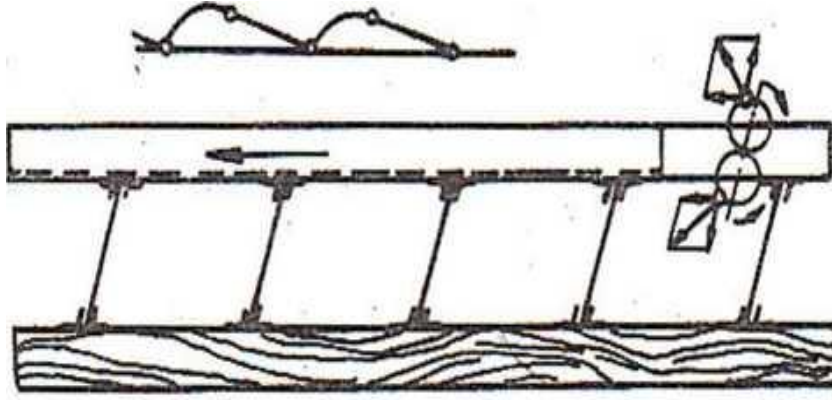


Şekil 2.12. Sahnımlı götürecü ve kinematik şeması.

$$G - \frac{G}{g} \cdot a_{\max} \cdot \sin \alpha > 0 \text{ olmalıdır. Ya da,}$$

$$a_{\max} < \frac{g}{\sin \alpha} \text{ olur.}$$

- ▶ Titreşimli götürücü, materyalin iletildiği düz bir masa ve masayı ‘ hareket ettiren bir titreşim düzeninden oluşur. Bu tür götürücülerle yapışkan özellikli materyal iletilemez. Öte yandan, güç gereksinimleri, öteki götürücülerden (bantlı, helezonlu) 2...3 kat daha fazladır. Ayrıca, çok gürültülü çalışmaları da sakıncalı yanlarından biridir.
- ▶ Titreşimli götürücülerde, salınındı götürücülerden farklı olarak, ■ iletilen materyal iletim boyunca periyodik olarak sıçrama hareketi yapar. Şekil 2.13’de şematik olarak gösterildiği gibi, materyal, masaya çok az temas ederek, küçük aralıklarla sıçratılarak iletilir. Masanın hareketindeki ivmelenmenin düşey bileşeni, yerçekimi ivmesiyle orantılı belli bir değere eşit olduğunda, materyal yukarı doğru fırlatılarak (sıç- ratılarak) masa ile teması kesilir. Bu durumda;



Şekil 2.13. Titreşimli götürücü.

$$a \cdot \sin \alpha = \eta \cdot g \text{ olur.}$$

Burada;

a : İvmelenme, m/s^2 ,

α : Titreşim açısı (titreşim düzlemi ile iletim yönü arasındaki açıdır) ve

η : İletilen materyalin sıçrama katsayısıdır ($\eta > 1$),

(Büyük parçalı materyallerde 1,1 ... 1,2

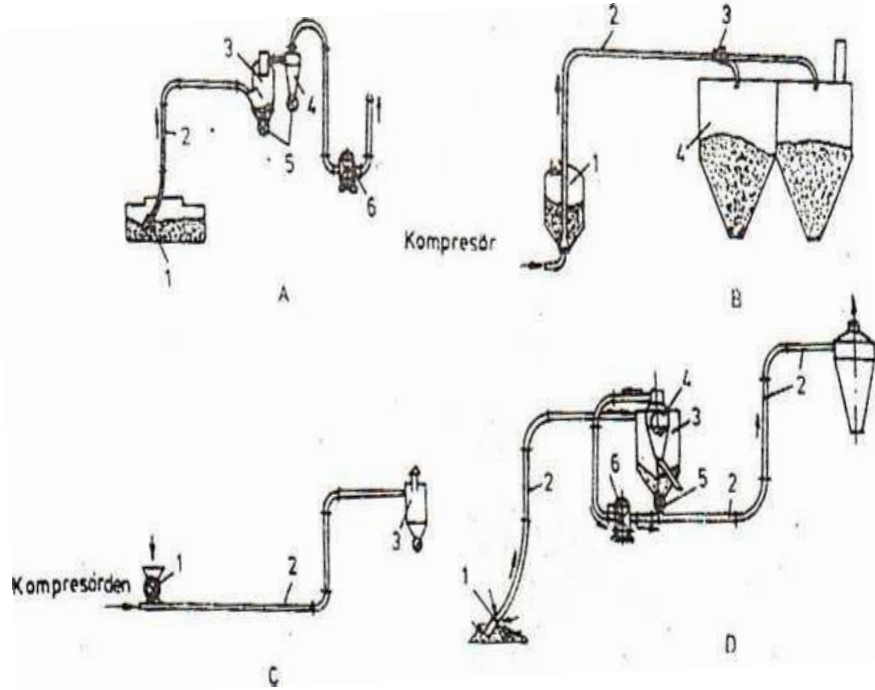
Taneli materyallerde 1,3 ... 1,4 ve

Ufalanın materyallerde 1,5 ... 1,6).

- Titreşimli götürücülerin taşıyıcı masaları, iletilen materyalin özelliğine göre şekillendirilebilir. Örneğin, boru yada tekne şeklinde yapılarak, iletim sırasında kurutma ve soğutma da yapılabilir.

2.2 Havalı (Pnömatik) İletim Tesisleri

- Bu tür tesisler, taneli ürünlerin hava akımıyla iletilmesinde kullanılırlar. Emişli ve basınçlı olmak üzere iki farklı havalı iletim tesisi vardır. Bunların ortak ilkesi, hızlı bir hava akımı tarafından iletilen materyalin hareketlendirilmesidir. Şekil 2.14’de emişli ve basınçlı havalı iletim tesislerinin genel yapıları şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2.14. Havalı götürücüler (A: Emişli, B.C: Basınçlı ve D: Emişli-basınçlı).

- ▶ Havalı götürücülerin üstünlükleri; sızdırmaz borularda iletiildiğinden ürün kayıpları yoktur, hareketli parçalan azdır, tane kırılması ve zarar görmesi düşüktür. Bu tür götürücülerin sakıncaları ise; özgül enerji tüketiminin yüksek olması ve nemli, yapışkan malzemenin iletilememesidir.

2.2.1. Hava ile İletimin Esası

- ▶ Havalı götürücülerde, iletilecek materyalin yüzme hızı aşıldığında, iletim gerçekleştirilebilir. Yığın halindeki materyalin ağırlığı, materyal içinden geçen havanın basınç düşmesi değerine denk olduğunda, gevşetme hızı elde edilir. Gevşetme hızının üstündeki belirli bir hız değerinde, materyal hava içinde yüzme konumunda kalır (yüzme hızı). Yüzme hızı aşıldığında ise, artık materyal hava ile sürüklenerek istenilen yere iletilir.

Hava akımında bir yığının ağırlığı;

$$\Delta P = H_0 \cdot g (\rho_M - \rho_H) \cdot (1 - \varepsilon_0)$$

eşitliğiyle verilebilir. Bu eşitlikte;

H_0 : Yığının durgun haldeki yüksekliği,

g : Yerçekim ivmesi,

ρ_M : Materyalin yoğunluğu,

ρ_H : Havanın yoğunluğu ve

ε_0 : Yığının porozitesidir ($\sim 0,4$).

Hava akımının basınç düşmesi ise;

$$\Delta P = .64 \frac{\mu_1}{\varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{Re} + \frac{\xi}{64} \right) \frac{H_0}{d} \cdot \frac{\rho_H}{2} \cdot V^2$$

olup, burada;

μ_1 : Yol katsayısı (2,75),

Re : Reynolds sayısı (d , ε_0 ve V ye bağlı),

V : Hava hızı,

d : Materyal yığınının eşdeğer kanalcık çapı (Küre şeklindeki materyal için,

$$d = \frac{2}{3} \cdot \frac{\varepsilon_0}{1 - \varepsilon_0} \cdot d_k \text{ olur.}$$

d_k : Küre şeklindeki tanenin çapıdır) ve

ξ : Direnç katsayısıdır.

- Bu iki eşitliğin birbirine denk olduğu koşulda, gevşetme hızı bulunur. Buna göre, laminar akımda gevşetme hızı:

$$V = \frac{d_k^2 (\rho_M - \rho_H)}{18 \cdot \eta_H} \cdot g \text{ olur.}$$

- Öte yandan, tüm akış şekilleri için geçerli olabilecek eşitlikler ise şu şekilde verilmektedir:

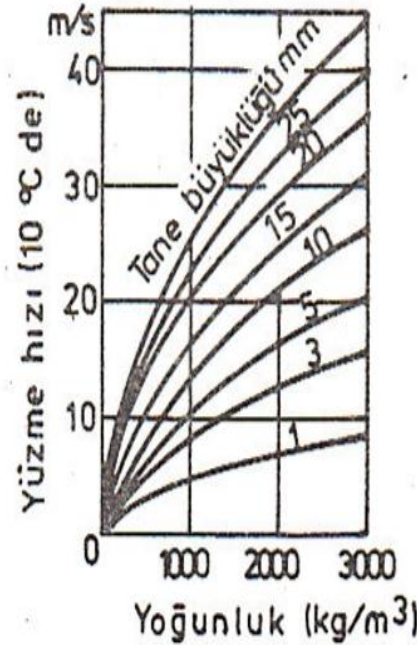
$$V_x = V_y \left(\frac{\rho_H^2}{g \cdot \eta_H \cdot \rho_M} \right)^{1/3} \text{ ve } \varphi = d_k \left(\frac{g \cdot \rho_H \cdot \rho_M}{\eta_H^2} \right)^{1/3}$$

- Bu son iki eşitlikten yararlanarak, verilen koşullara göre, her türlü akış şeklindeki yüzme hızları (V_y) hesaplanır (cetvel 2.2).

Cetvel 2.2. Yüzme hızlarının hesaplanmasında yararlanılan ilişkiler.

Akış Şekli	φ değeri (birimsiz)	Re sayısı (birimsiz)	Kullanılacak ilişki
Laminar	$\varphi < 6$	$Re < 12$	$V_x = \varphi^2/18$
Geçit	$6 < \varphi < 42$	$12 < Re < 588$	$V_x = \varphi/3$
Turbülent	$42 < \varphi$	$588 < Re$	$V_x = 2,16 \sqrt{\varphi}$

Taneli ürünlerin pinomatik iletimi için, hava hızının yüzdürme hızından büyük olması gerektiği unutulmamalıdır. Şekil 2.15’de tane büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlı olarak, gerekli, yüzme hızları grafik olarak da verilmiştir.



Şekil 2.15. Tane büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlı yüzme hızları.

Pinomatik iletimde, taşıyıcı olarak yararlanılan havanın, hareketlendirilmesi için, vantilatör ya da aspiratörler kullanılır.