

# MOTORLAR VE TRAKTÖRLER

## Dersi 10

- **Traktör Mekanığı**

- Traktörlerde ağırlık merkezi yerinin tayini
- Hareketsiz durumdaki traktörde kuvvetler
- Arka dingili muharrik traktörlerde kuvvetler
- Çeki Kancası ve Çeki Demirine Gelen Kuvvetlerin Stabiliteye Etkisi

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

e-mail: onurbas@agri.ankara.edu.tr

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi

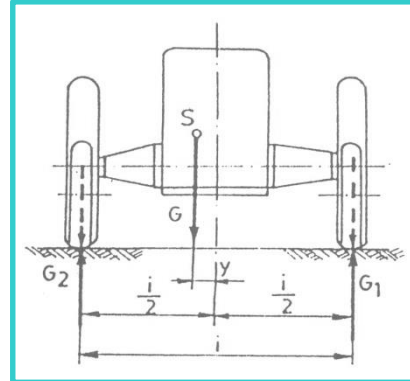
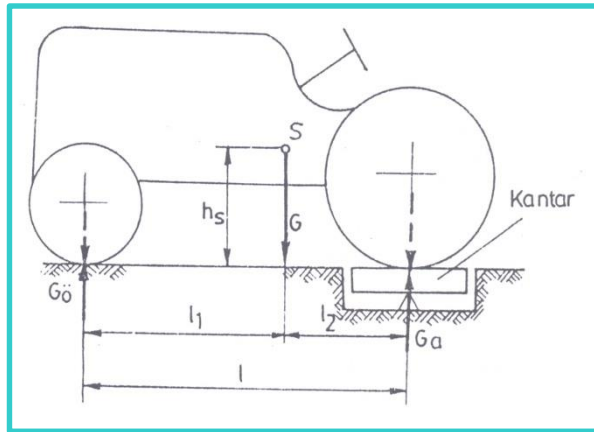
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

2017

# 10. TRAKTÖR MEKANİĞİ

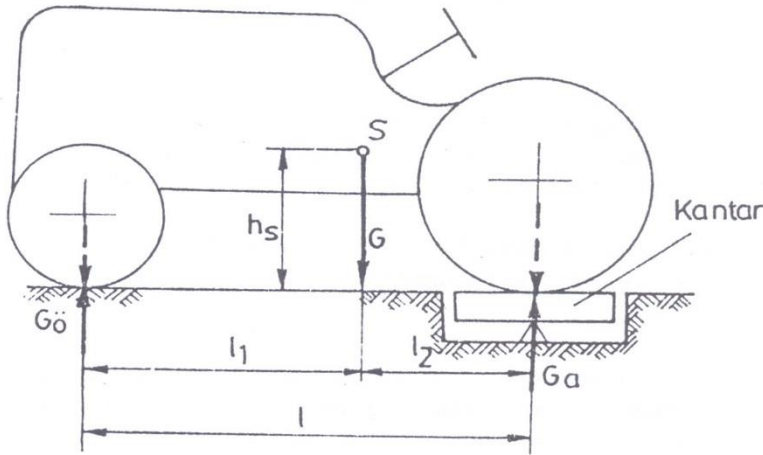
## • 10.1. Traktörlerde Ağırlık Merkezi Yerinin Tayini

- Tarım traktörleri, çalışma ortamları yönünden çok değişik koşullarla karşılaşmaktadır. Özellikle meyilli arazilerde, büyük çeki kuvveti isteyen makinelerle çalışırken ortaya çıkan, geriye şahlanma ve yana devrilme sorunlarını gidermede ağırlık merkezinin yeri etkili olmaktadır. Traktör düz bir zemin üzerinde hareketsiz olarak dururken, ağırlık merkezinin **boyuna eksen** üzerinde ve **enine eksen** üzerindeki yeri ile **zeminden yüksekliği** bilinmelidir.



## Şekil 10.1. Ağırlık merkezinin boyuna eksen üzerindeki yeri.

Ağırlık merkezinin boyuna eksen üzerindeki yerini bulmak için, ön tekerlek değme noktasına göre moment yazılırsa (Şekil 10.1),



$l_1$  ve  $l_2$  uzaklıklarının hesaplanabilmesi için, traktör toplam ağırlığı ile ön ve arka dingile gelen ağırlıkların, tartma yöntemiyle, saptanması yeterli olmaktadır.

$$l_1 \cdot G - l \cdot G_a = 0$$

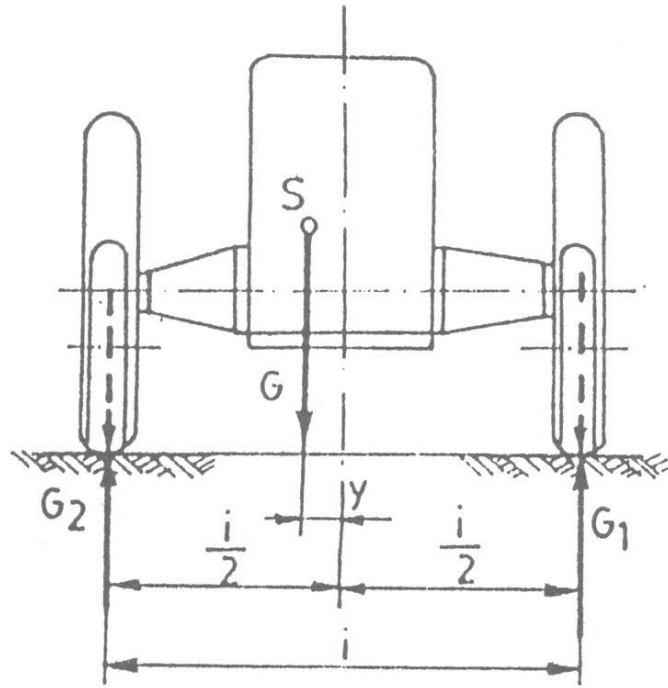
$$l_1 = l \cdot \frac{G_a}{G}$$

$$G \cdot l_2 + G_{\text{ö}} \cdot l = 0$$

$$l_2 = l \cdot \frac{G_{\text{ö}}}{G}$$

Ağırlık merkezinin enine eksen üzerindeki yeri saptanırken, sağ ve sol tekerleklere gelen toplam ağırlıklar tartı ile bulunur. Genellikle bu ağırlıklar eşit, yani, ağırlık merkezi enine eksenin orta noktasında olmaktadır. Ağırlıklar farklı ise, aşağıdaki yöntemlerle hesaplama yapılır.

**Şekil 10.2. Ağırlık merkezinin enine eksen üzerindeki yeri.**



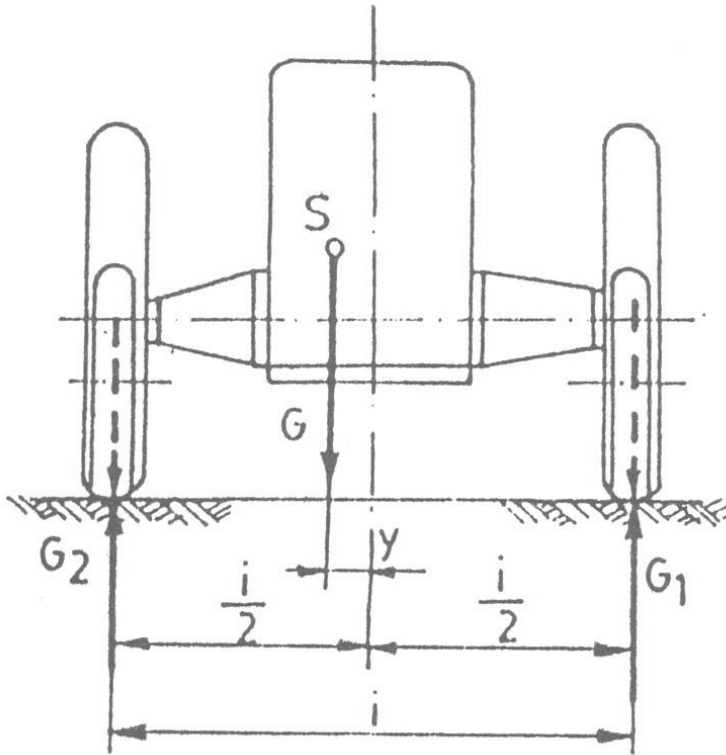
Sağ tekerleklerin değme hattına göre moment alınır;

**$G_2 > G_1$  koşulu**

$$- G \left( \frac{i}{2} + y \right) + G_2 \cdot i = 0$$

$$y = \frac{G_2 - 0,5 G}{G} \cdot i$$

**$G_2 < G_1$  koşulu:**



Sağ tekerleklerin değme hattına göre moment alınırsa;

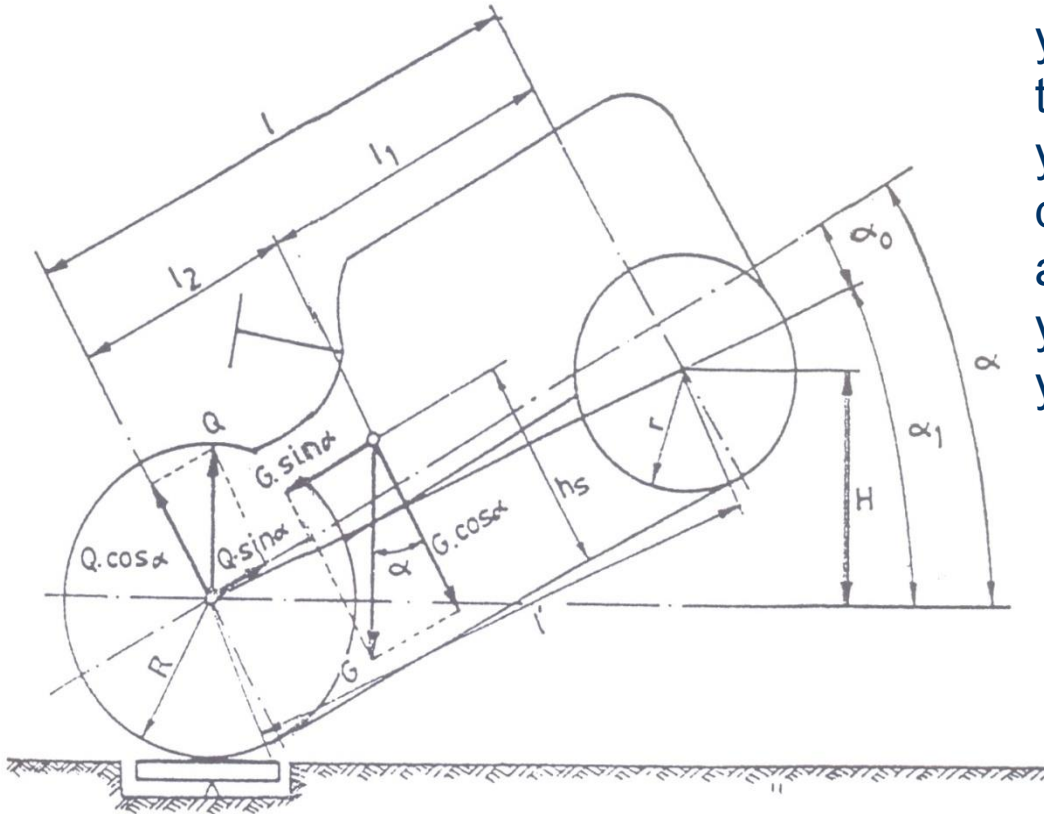
$$- G \left( \frac{i}{2} - y \right) + G_2 \cdot i = 0$$

$$y = \frac{0,5 G - G_2}{G} \cdot i$$

Motorlar ve Traktörler Dersi  
Prof. Dr. Ayten Onurbaş Avcıoğlu

## Şekil 10.3. Ağırlık merkezinin yüksekliği

$$h_s = \frac{Q [ \text{Sin } \alpha (R - r) + \text{Cos } \alpha \cdot l ] - G ( \text{Cos } \alpha \cdot l_1 - r \cdot \text{Sin } \alpha )}{G \cdot \text{Sin } \alpha}$$



Ağırlık merkezinin yerden yüksekliğini belirleyebilmek için traktör ön dingili belli bir yükseklikte kaldırılır. Bu durumda arka dingile gelen ağırlık  $Q$  ise, aşağıdaki yöntemle  $h_s$  ağırlık merkezi yüksekliği hesaplanır (Şekil 10.3):

▪

$$h_s = \frac{Q [ \sin \alpha (R - r) + \cos \alpha \cdot l ] - G ( \cos \alpha \cdot l_1 - r \cdot \sin \alpha )}{G \cdot \sin \alpha}$$

(10.5) eşitliği elde edilir. Bu bağıntılarda;

$h_s$  : Ağırlık merkezinin yerden yüksekliği ( m ),

$Q$  : Ölçme durumunda arka dingile gelen ağırlık ( N ),

$G$  : Traktör ağırlığı ( N ),

$R$  : Arka tekerlek yarıçapı ( m ),

$r$  : Ön tekerlek yarıçapı ( m ),

$l$  : Dingiller arası uzaklık ( m ),

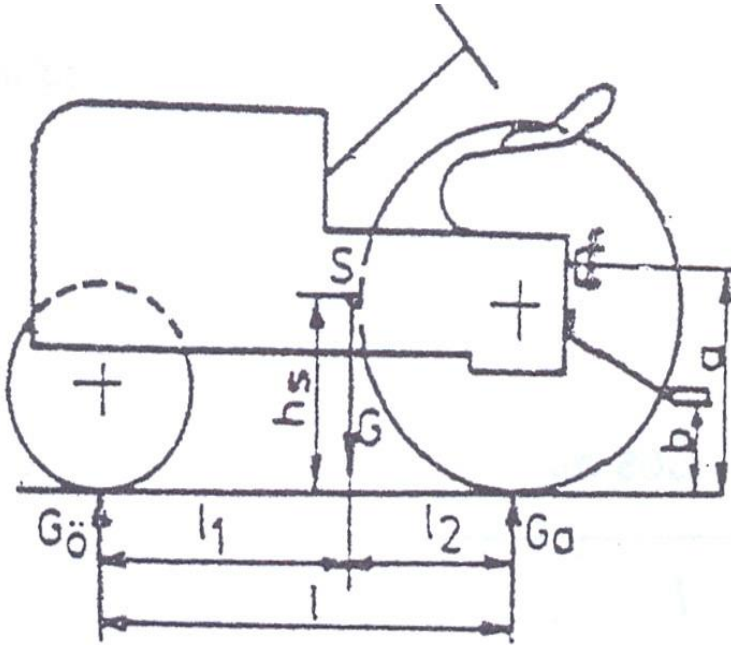
$l_1$  : Ağırlık merkezinin ön dingile yatay uzaklığı ( m ) dir.

## 10.2. Hareketsiz Durumdaki Traktörde Kuvvetler

- 
- **10.2.1. Yatay durumdaki traktör**
- Traktör hareketsiz iken, kuyruk mili, kasnak ve hidrolik sistem kullanılıyor olabilir. Burada, bu tip çalışmalardan dolayı doğacak kuvvetler göz önüne alınmamıştır.
- Ağırılık merkezinin yeri  $S$  ve traktör ağırlığı  $G$  kabul edilerek ön tekerin toprağa değdiği yere göre moment alınırsa (Şekil 10.4),



## Şekil 10.4. Yatay durumda traktöre gelen kuvvetler.



$$G \cdot l_1 - G_a \cdot l = 0$$

$$G_a = G \cdot l_1 / l = X_1 \cdot G \quad /$$

$$G_{\delta} = G \cdot l_2 / l = X_2 \cdot G$$

$$X_1 = l_1 / l \quad X_2 = l_2 / l$$

$N_e \geq 28$  kW olan traktörlerde;

$$X_1 = 0,65 - 0,70$$

$$X_2 = 1 - X_1 = 0,30 - 0,35$$

$N_e < 28$  kW olan traktörlerde;

$$X_1 = 0,55 - 0,65$$

$$X_2 = 1 - X_1 = 0,35 - 0,45$$

## 10.2.2. Meyilli durumdaki traktör

Traktör, meyil açısı  $\alpha$  olan bir yerde, Şekil 10.5' deki gibi meyilli olarak bulunuyor ise, ağırlığı iki bileşene ayrılabilir.

Zemine dik bileşen,  $G_n = G \cdot \cos \alpha$

Zemine paralel bileşen ise,  $G_t = G \cdot \sin \alpha$

$$l' = l \cdot \cos \alpha$$

$$l_1 = (l_1 + X) \cos \alpha$$

$$l_2 = (l_2 - X) \cos \alpha$$

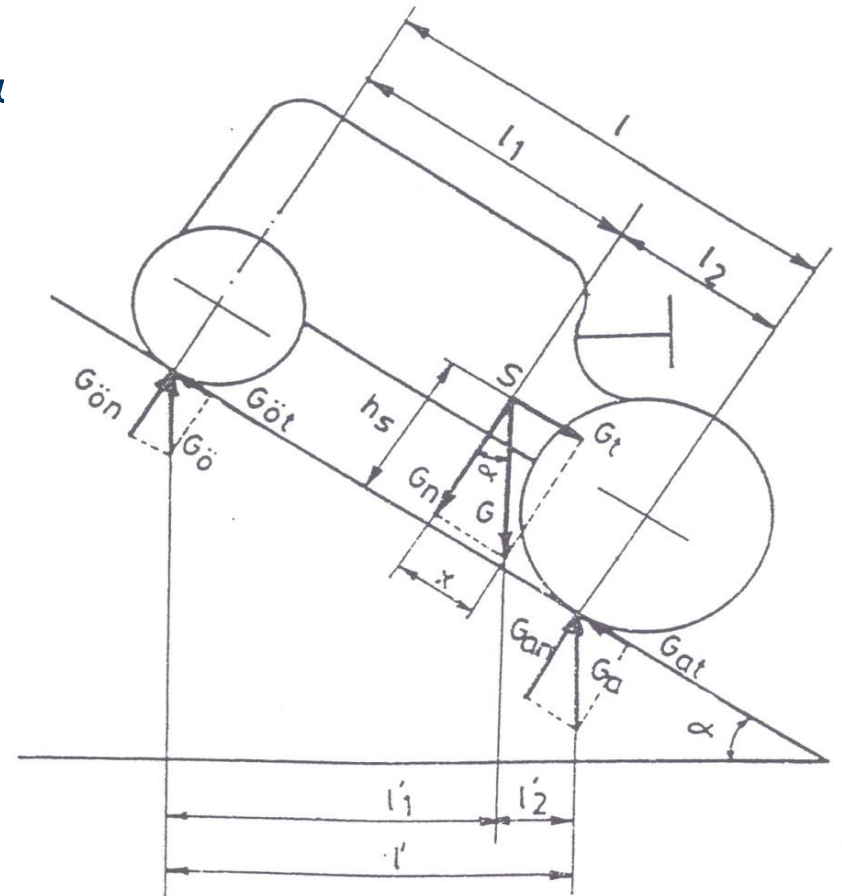
$$G_{\ddot{o}} \cdot l' - G \cdot l'_2 = 0$$

$$G_{\ddot{o}n} = G_{\ddot{o}} \cdot \cos \alpha$$

$$G_{\ddot{o}t} = G_{\ddot{o}} \cdot \sin \alpha$$

$$G_{an} = G_a \cdot \cos \alpha$$

$$G_{at} = G_a \cdot \sin \alpha$$



$$G_{\ddot{o}} = G \frac{l_2 - X}{l}$$

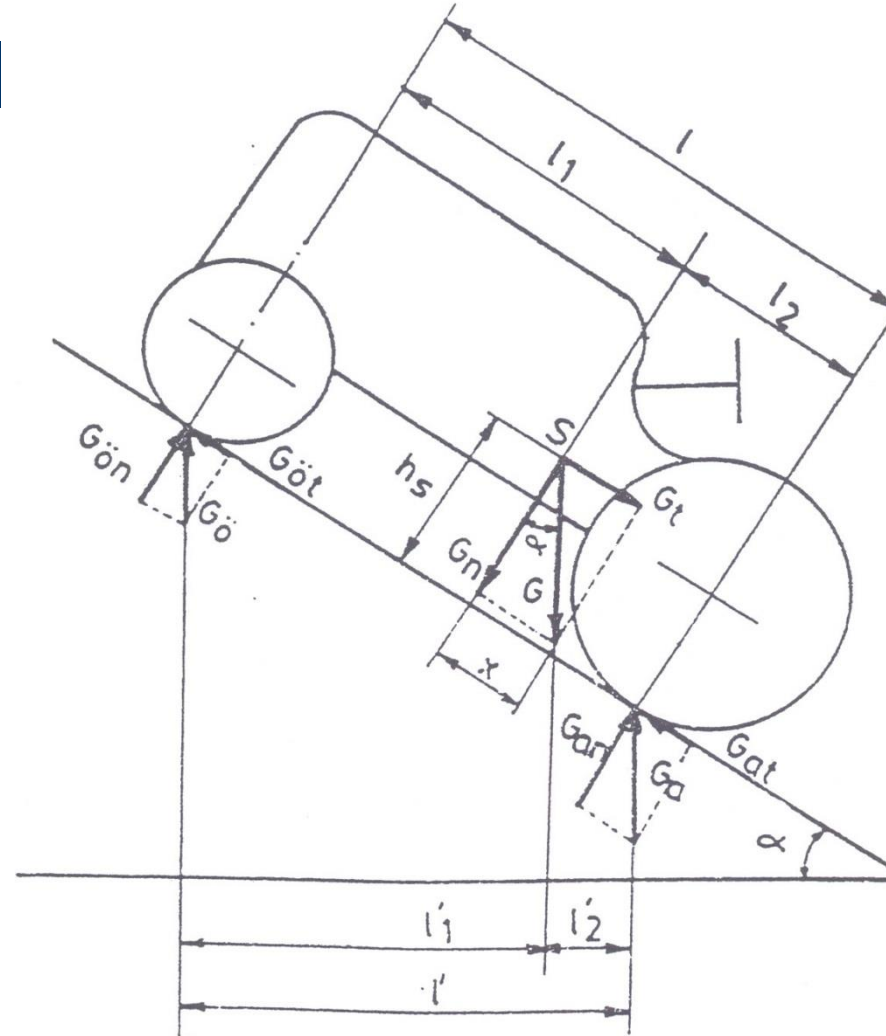
$$G_a = G \frac{l_1 + X}{l}$$

$X = 0$  ise, traktör yatay durumdadır.

$X = l_2$  ise, ağırlık vektörünün uzantısı arka tekerlek dayanma noktalarının oluşturduğu hattın üzerine düşmektedir. Bu durumda, traktör şahlanma başlangıcındadır.

$X > l_2$  ise traktör şahlanır.

$l_2 > X > 0$  koşulunda ağırlık vektörü daima traktör dayanma noktalarının oluşturduğu stabilite dörtgeninin (ya da üçgeninin) içinde kalmaktadır.



Şahlanma anında ( $X = l_2$  koşulunda)  $\alpha$  açısının değeri bulunmak istenirse,

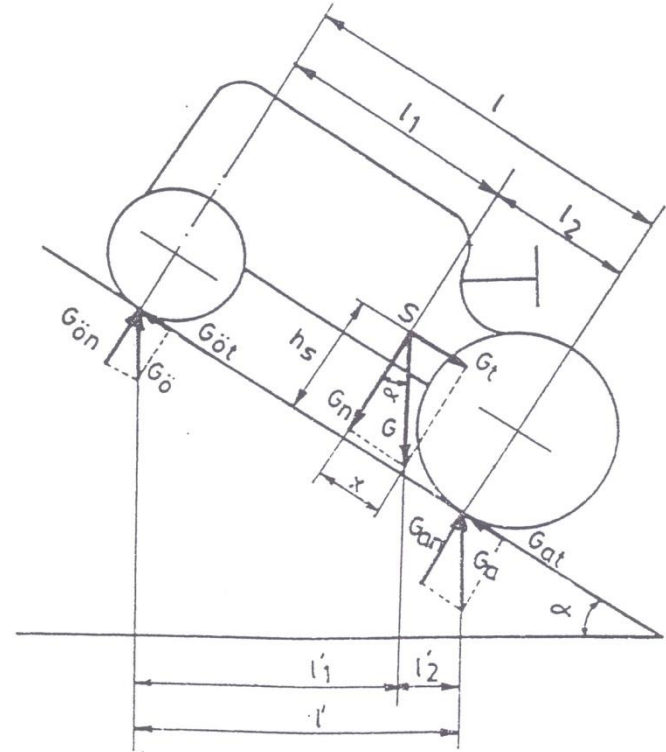
$$\text{tg } \alpha = \frac{X}{h_s} = \frac{l_2}{h_s} \quad (10.10)$$

olmaktadır. Pratikte bu açının değeri, genellikle  $33^\circ \dots 45^\circ$  arasında değişmektedir.

Traktörün öne doğru meyilde şahlanma (öne kapaklanma) durumunda ise,

$$\text{tg } \alpha = \frac{l - l_2}{h_s} = \frac{l_1}{h_s} \quad (10.11)$$

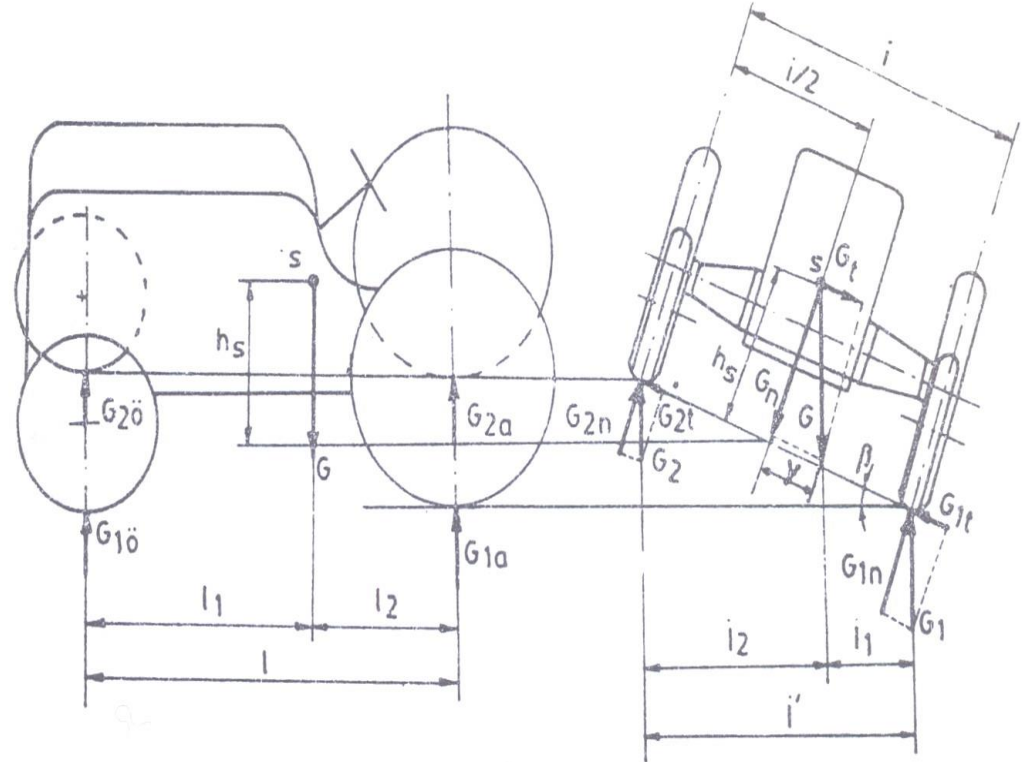
eşitliğiyle hesaplanmaktadır.



### 10.2.3. Yanlamasına meyilde traktör

Şekil 10.6. Yanlamasına meyilde traktöre gelen kuvvetler.

Yana doğru meyil açısı  $\beta$  ise ağırlığın zemine paralel bileşeni,  
 $G_t = G \cdot \sin \beta$   
ve dik bileşeni ise,  
 $G_n = G \cdot \cos \beta$   
yazılır (Şekil 10.6). Bu durum, pullukla sürmede tekerleklerde birisinin çiziye düşmesi durumu için de geçerlidir.



$$G_1 = G \left( \frac{1}{2} + \frac{y}{i} \right)$$

$$G_2 = G \left( \frac{1}{2} - \frac{y}{i} \right)$$

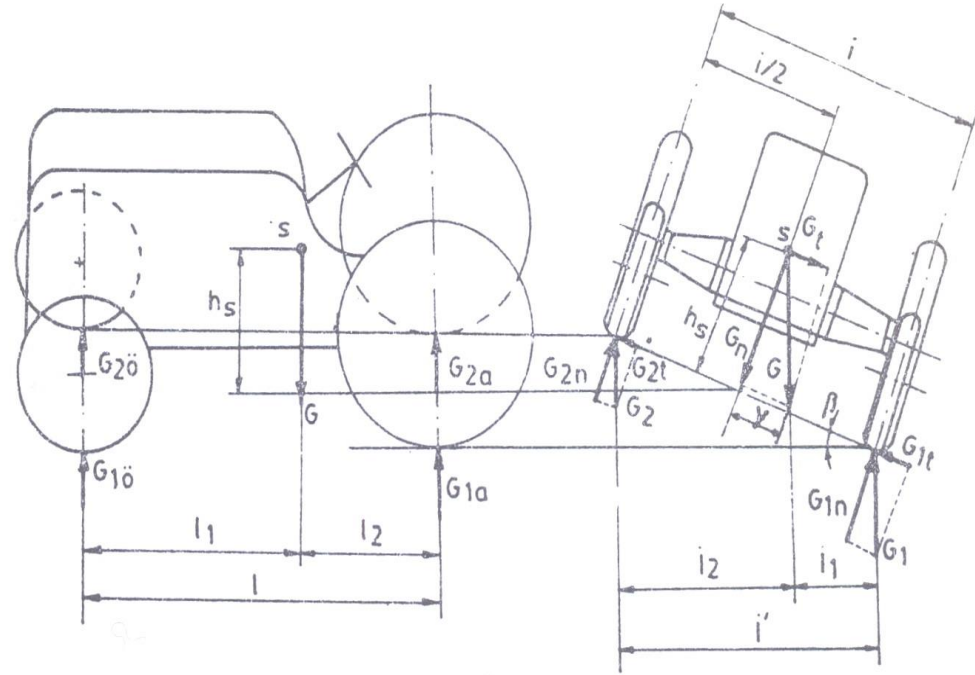
$y = 0$  koşulunda, yana meyil açısı  $\beta = 0^\circ$  dır, ya da traktör tekerleği pullukla yapılan sürüm çizisinden çıkmış demektir.  $y \geq i/2$  koşulunda traktör stabil değildir, yana devrilir.

Yana devrilme başlangıcında

( $y = i/2$  koşulunda)  $\beta$  açısının değeri bulunmak istenirse,

$$\text{tg } \beta = \frac{y}{h_s} = \frac{i/2}{h_s} = \frac{i}{2h_s}$$

elde edilir.



## 10.2.4. Hareketsiz durumdaki traktörde stabilitenin belirlenmesi

Traktörün dört tekerleği zeminle temas halindedir. Tekerleklere gelen ağırlıklar nedeniyle, lastiğin toprakla temas eden yüzeyi basılmakta ve elips bir yüzeyle toprağa temas etmektedir. Bu dayanma noktaları ön dingili sabit olarak bağlı bulunan tarım traktörlerinde bir dikdörtgen ya da dörtgen, ön dingili salınabilecek şekilde bağlı bulunan tarım traktörlerinde ise, üçgen şeklinde dayanma yüzeyi meydana getirirler (Şekil 10.7).

Traktörün statik stabilitesinin sağlanması için, ağırlık merkezinin yatay düzlemdeki iz düşümü bu verilen dörtgenler ya da üçgenin içinde bulunmalı, yani, ağırlık vektörü doğrudusu bunların dışına çıkmamalıdır. Geriye ve yana devrilme konumları için stabilizeyi sağlayacak moment değerleri (stabilite momenti) aşığıdaki gibi yazılabilir:

## Şekil 10.7. Hareketsiz bir traktörde dayanma yüzeyi.



b – b doğrusu için (geriye şahlanma);

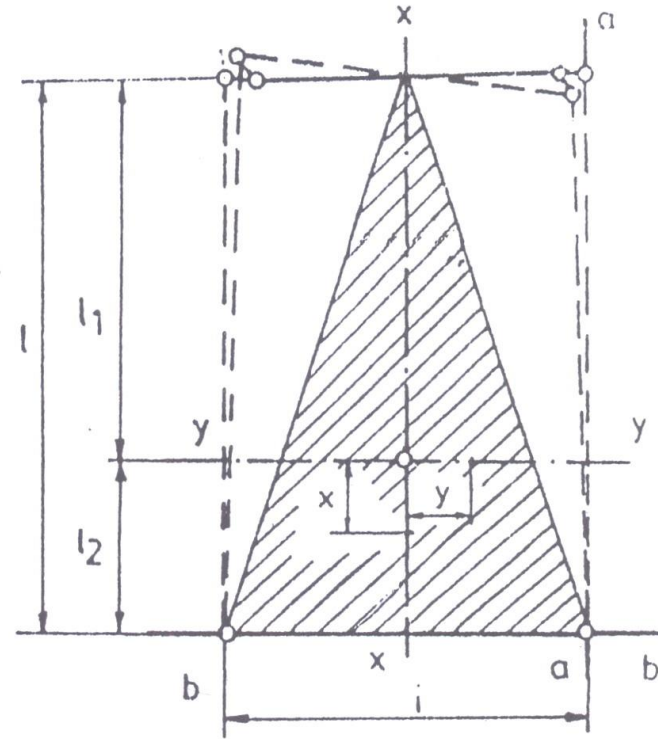
$$M_s = G( l_2 - x ) \text{ Cos } \alpha$$

a – a doğrusu için (yana devrilme);

$$M_s = G \left[ \frac{i}{2} - y \right] \text{ Cos } \beta$$

olmaktadır.

$x = l_2$  ve  $y = i / 2$  koşullarında şahlanma başlamıştır. Ya da stabilite momenti sıfır olmaktadır. Bu koşullarda doğmaya başlayan ise devrilme ve şahlanma momentleridir.  $x$  mesafesi, yokuş yukarı meyil açısı  $\alpha'$  ya ve  $y$  mesafesi, yana meyil açısı  $\beta'$  ya bağlı olmaktadır.





### 10.3. Arka Dingili Muharrik Traktörlerde Kuvvetler

Motor tarafından geliştirilen  $M_t$  dönme momenti muharrik tekerleklerde;

$$M_T = M_t \cdot i \cdot \eta_g \quad ( Nm )$$

dönme momentini meydana getirir. Burada,

$M_T$  : Tekerlek dönme momenti ( Nm ),

$M_t$  : Motor dönme momenti ( Nm ),

$i$  : Toplam transmisyon oranı,

$\eta_g$  : Transmisyon toplam verimi (tesir derecesi)

Tekerlek dönme momenti aynı zamanda,

$$M_T = U \cdot R$$

bağıntısı ile de hesaplanabilir. Bu bağıntıdan  $U$  çekilirse,

$$U = \frac{M_T}{R}$$

yazılır. Burada,

$U$  : Tekerlek çevre kuvveti ( N ),

$R$  : Etkili lastik yarıçapı ( m ) dir.



Çeki kuvveti  $Z$  ve kendi kendini hareket ettirme direnci  $W_f$  olarak alınırsa,

$$U = Z + W_f \quad (10.18)$$

$$W_f = G \cdot f_r \quad (10.19)$$

bağıntıları yazılabilir. Burada  $f_r$  yuvarlanma direnci katsayısıdır. Ayrıca, motor momentinin bir kısmı, bazı durumlarda, kuyruk mili ve hidrolik sistem tarafından da kullanılabilir. Bu tip kullanımda verim (tesir derecesi) çok daha yüksek olduğu için, traktörler gün geçtikçe çeki makinesi özelliklerini kaybetmektedirler.

Patınajsız çalışma koşullarında, motor gücü, aşağıdaki

bağıntılara göre dönme momenti geliştirebilir:  $N_e = M_t \cdot n / 9550$

$$M_T = M_t \cdot i \cdot \eta_g$$

$$M_T = U \cdot R$$

$$n_a = n / i$$

$$N_e = i \cdot M_t \cdot \frac{n_a}{9550} = i \cdot M_t \cdot \frac{n_{as}}{159,15}$$

$$N_e = \frac{M_T}{\eta_g} \cdot \frac{n_a}{9550} = \frac{M_T}{\eta_g} \cdot \frac{n_{as}}{159,15}$$

$$N_e = \frac{U \cdot R \cdot n_a}{\eta_g \cdot 9550} \quad (10.21)$$

Traktörün yürüme hızı ise,

$$v_f = \frac{2 \pi \cdot R \cdot n_a}{60} \quad (\text{ m/s })$$

$$N_e = \frac{U \cdot R \cdot \frac{v_f \cdot 60}{2 \pi \cdot R}}{\eta_g \cdot 9550}$$

ve buradan,

$$U = \frac{N_e \cdot \eta_g \cdot 9550 \cdot 2 \pi}{60 \cdot v_f} = 1000 \frac{N_e \cdot \eta_g}{v_f} \quad (\text{ N })$$

bulunur. Ya da  $V_f$  km/h alınarak,

$$U = 3600 \frac{N_e \cdot \eta_g}{V_f} \quad (\text{ N })$$

sonucuna varılır.

$$U = \mu_k \cdot G_{ad} \quad (10.22)$$

$U$  : Muharrik tekerlek çevre kuvveti (N),

$\mu_k$  : Tutunma katsayısı (Çizelge 10.1),

$G_{ad}$  : Muharrik dingile gelen dinamik yük (N) dir.

Bu son eşitlikten görüleceği gibi, tekerleğin geliştirebileceği çevre kuvveti,  $\mu_k$  tutunma katsayısı ile  $G_{ad}$  dinamik muharrik dingil yüküne bağlı olmaktadır. Tekerleğin toprağa tutunmasının bir ölçüsü olan **tutunma katsayısı** pek çok değişkene bağlı bulunmaktadır. Bunların başında;

- lastikle toprağın temas yüzeyi,
- lastik profilinin toprakta bıraktığı izin durumu;
- lastik profilinin şekli, dizilişi, sayısı ve boyutları;
- lastiğin elastikiyeti ve
- lastiğin toprağa yaptığı basınç ( $p_m$ ) gelmektedir.

## Çizelge 10.1. Lastik tekerlekli traktörlerde tutunma ve yuvarlanma direnci katsayıları.

Zeminin durumu	Tutunma katsayısı ( $\mu_k$ )		Yuvarlanma direnci katsayısı ( $f_r$ )
	% 15 patinaj koşulunda	% 50 patinaj koşulunda	
Beton yol	-	1,05	0,02
İyi tarla yolu	0,7	-	0,05
Kuru, sert tınlı kil	0,55...0,63	0,70...0,80	0,05...0,09
Kuru, sertçe anız; biçilmiş çayır	0,5	-	0,05...0,10
Kuru, normal tarla toprağı	0,43...0,47	0,60	0,07...0,12
Nemli, halen sertçe anız, biçilmiş çayır	0,4	-	0,12
Kuru tınlı kum	0,38...0,40	0,50	0,10...0,15
Nemli; tınlı kum, kumlu tın, anız	0,30...0,38	0,40...0,50	0,12...0,17
Nemli yapışkan, üstü kuru pancar tarlası	0,25...0,35	0,35...0,45	-
Çok nemli; kumlu tın, killi tın	0,20...0,30	0,25...0,35	0,15...0,25
Nemli balçıklı kum	0,15...0,25	0,23...0,32	-
Islak killi tın, yapışkan tarla toprağı	0,10...0,20	0,15...0,25	0,20...0,35
Nemli, gevşek balçık	0,10...0,20	0,15...0,25	-

Motorlar ve Traktörler  
Dersi Prof. Dr. Ayten  
Onurbaş Avcioğlu

Lastiğin toprağa yaptığı basınç,

$$p_m = \frac{P_L}{F_a} \quad ( 10.23 )$$

$p_m$  : Lastiğin basıncı (  $N/m^2 = \text{paskal}$  ),

$F_a$  : Lastiğin toprakla temas yüzeyi (  $m^2$  ),

$P_L$  : Bir lastiğe gelen dinamik yük (  $N$  ) dur.

Lastiğe gelen dinamik yük, dinamik dingil yüküne bağlı olmaktadır. Dinamik dingil yükü ise, traktör ağırlığından arka dingile gelen yük, ek ağırlıklar, lastiğe doldurulan su, ekipmandan gelen ağırlık ve çalışma sırasında ön dingilden arka dingile olan ağırlık transferlerinden oluşmaktadır.

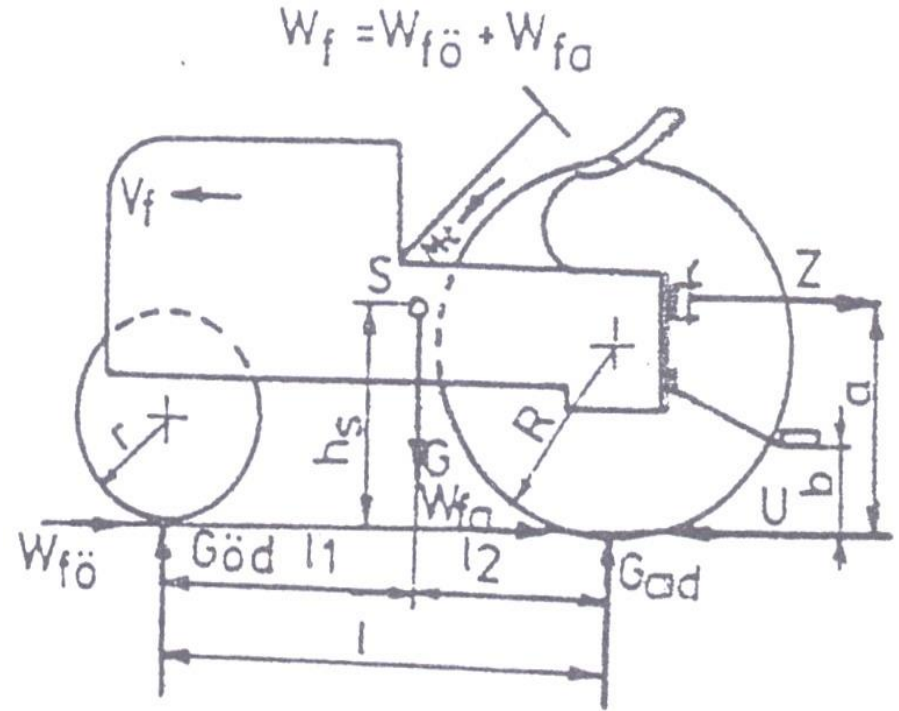
**Tekerlek çevre kuvvetini oluşturan,  $U = Z + W_f$   
bağıntısında, yürüme direnci olan  $W_f$ ,  $W_f = G \cdot f_r$**

- Bu son eşitlikte  $f_r$  ile gösterilen yuvarlanma direnci katsayısı, hem tekerlekle toprak arasındaki yuvarlanma sürtünmesini ( $f_1$ ), hem de tekerleğin dingile bağlantısındaki yuvarlanma sürtünmesini ( $f_2$ ) içermektedir.
- Ön ve arka tekerleklerin ölçüleri ve profil şekilleri farklı olduğu için bunlara ilişkin yuvarlanma direnci katsayıları da farklı olabilmektedir.
- Ne var ki, alçak basınçlı traktör lastiklerinde bu fark % 2' den daha az olduğu için, ön ve arka tekerleklere ilişkin yuvarlanma direnci katsayıları birbirine eşit olarak alınabilmektedir (Çizelge 10.1).

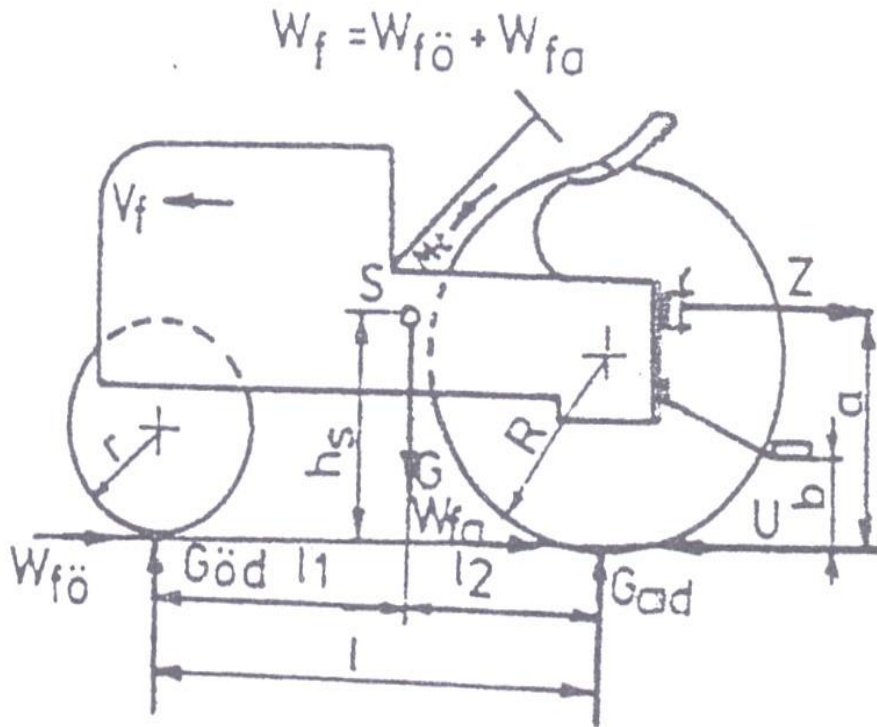


## 10.4. Çeki Kancası ve Çeki Demirine Gelen Kuvvetlerin Stabiliteye Etkisi

- Tarım traktörlerine çekilir tip iş makinelerinin ve taşıma araçlarının bağlanabilmesi için, çeki demiri ve çeki kancası olmak üzere iki önemli nokta bulunmaktadır. Şekil 10.8' de a ve b ölçüleriyle gösterilen çeki kancası ve çeki demiri yükseklikleri, traktöre göre değişmektedir.



## Şekil 10.8. Çeki kuvvetinin stabiliteye etkisi.



Arka tekerleklerin toprağa değme noktasına göre moment alınırsa;

$$Z \cdot a - G \cdot l_2 + G_{\text{öd}} \cdot l = 0$$

yazılır. Z nin yerine daha önce verilmiş olan,

$$Z = U - W_f = \mu_k \cdot G_{\text{ad}} - G \cdot f_r$$

değerleri de alınabilir.

$$Z \cdot a - G \cdot l_2 + G_{\text{öd}} \cdot l = 0$$

$$Z = U - W_f = \mu_k \cdot G_{\text{ad}} - G \cdot f_r$$

Z a değerinin büyümesi  $G_{\text{öd}} \cdot l$  değerinin küçülmesine, yani  $l$  sabit olduğuna göre,  $G_{\text{öd}}$  değerinin küçülmesine neden olacaktır. Dümenlemenin sağlıklı olabilmesi için,  **$G_{\text{öd}} = 0,20 G$**

olmalıdır. Göd nin  $0,20 G$  den ya da  $2000 N$ ' dan daha küçük değer almasına izin verilmez. Şu halde  **$G_{\text{ad}} = 0,80 G$**  alınabilir. Bütün bu verilenler ilk eşitlikte yerine konulursa,

$$(\mu_k \cdot 0,80 G - G \cdot f_r) a - G \cdot l_2 + 0,20 G \cdot l = 0$$

$$a = \frac{l_2 - 0,20 l}{0,80 \cdot \mu_k - f_r} \quad (10.24)$$

$$a = \frac{l(x_{2d} - 0,20)}{0,80 \cdot \mu_k - f_r} \quad (10.25)$$