

## **Gerekli Çeki Kuvvetinin Belirlenmesi**

Bir meliorasyon makinasının harekete geçebilmesi için; yuvarlanma direnci, varsa meyil direnci, ivmelenme direnci ve hava direnci kuvvetlerini yenmesi gerekmektedir. Bunlardan ivmelenme direnci ve hava direnci kuvvetleri çoğunlukla hesaplamalarda yokumsanmaktadır.

### **Yuvarlanma direnci**

Hareket eden tekerlekli ya da tırtıllı araçların hareketlerine karşı koyan dirence, yuvarlanma direnci adı verilmektedir. Bir lastik tekerleğin yuvarlanma direnci; tekerleğin bağlı olduğu yatak (rulman) dan gelen iç sürtünme, lastik tekerleklerdeki esneme (deformasyon) ve toprağa batma (penetrasyon) dirençlerinin toplamından oluşmaktadır. Buna göre, lastik tekerleğin esneme ve toprağa batma miktarı arttığında direnç o kadar artacak; toprağa dayanma yüzeyi genişlediğinde ise batma miktarı ve dolayısıyla direnç azalacaktır. Tırtıllı makinalar, her zaman düzgün ve sert olan yollarını kendi üzerlerinde taşırlar. Bu yüzden, sert zeminlerde tırtılların lastik tekerlek gibi esnemesi ya da zemine batması sözkonusu değildir. Ancak, yumuşak zeminlerde bunlarda da batma olmaktadır.

Yuvarlanma direncinin büyüklüğü, yuvarlanma direnci katsayısı ile değerlendirilmektedir. Bu katsayı, yuvarlanma direncinin, tekerleğe gelen yüke oranıyla hesaplanmaktadır. Genellikle patinaja bağlı olmayan yuvarlanma direnci katsayısı, artan tekerlek çapıyla azalmaktadır. Lastik tekerleklerde yüksek basınç değerleri, beton ve asfalt gibi sert zeminler için uygundur. Düşük basınçlar ise yumuşak zeminlerde uygulanır.

Yuvarlanma direnci, yuvarlanma direnci katsayısı ya da bir ton ağırlığa düşen direnç kuvveti ile ifade edilebilir. Çizelge 8, bazı zeminlerdeki yuvarlanma direnci katsayılarını vermektedir.

Bir motorlu aracın yuvarlanma direnci ( $R_y$ ) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$R_y = G * f$$

Eşitlikte;

- $R_y$  : Yuvarlanma direnci (daN)
- $G$  : Aracın ağırlığı (daN),
- $f$  : Yuvarlanma direnci katsayısıdır

Çizelge 8. Yuvarlanma direnci katsayıları (f).

Zemin durumu	Lastik tekerlek		Tırtıl
	Yüksek basınçlı	Düşük basınçlı	
Beton yol	0.02	0.025	0.028
İyi tarla yolu	0.05	0.035	0.040
Kuru, sert tınlı kil	0.05-0.09	-----	-----
Kuru, sertçe anız	0.05-0.10	0.04	0.06
Kuru, normal tarla toprağı	0.07-0.12	-----	-----
Nemli, sertçe anız	0.12	0.8	0.07
Kuru, tınlı kum	0.10-0.15	-----	-----
Nemli, tınlı kum; anızlı	0.12-0.17	0.12	0.10
Çok nemli, kumlu tın, killi tın	0.15-0.25	0.15	-----
Nemli, balçıklı kum	-----	0.20	-----
Islak killi tın, yapışkan tarla toprağı	0.20-0.35	0.25	-----

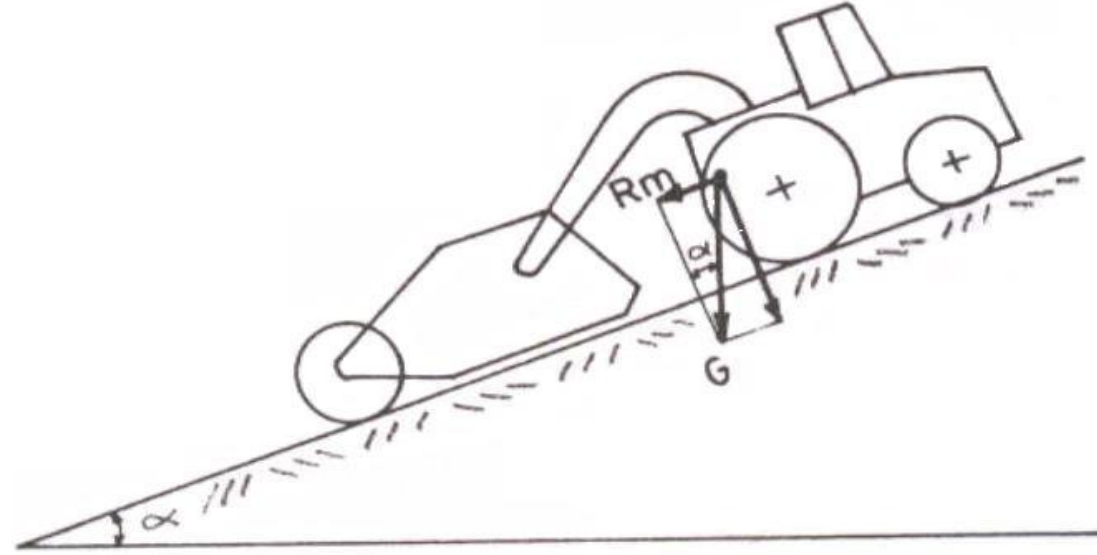
## Meyil direnci kuvveti

Makina ile meyilli arazilerde çalışılırken ek bir direnç kuvveti ile karşılaşılır. Meyil yukarı çıkılırken bu direncin değeri ( $R_m$ ) daN olarak aşağıdaki gibi hesaplanır (Şekil):

$$R_m = G * \sin \alpha$$

Burada,

$\alpha$  : Meyil açısı ( $^\circ$ )'dir.



Şekil 42. Meyil direnci

## İvmelenme direnci

Atalet, ivmeli hareket eden bütün cisimlerin sahip olduğu bir kavramdır. Motorlu araçlar ivmeli hareket ettiklerinden, hızlanma ve yavaşlamalarında atalet kuvvetleri ortaya çıkmaktadır. Yavaşlamalarda ivme negatif yönlü olup, aracı ileri doğru hareket ettirme eğilimindedir. Bu nedenle motora ek bir yük getirmez. Hızlanmalarda ise aksine, aracın ilerlemesine karşı bir direnç kuvveti söz konusudur. Bu direnç kuvveti, hareket eden makinanın ve organlarının doğrusal ve dairesel ivmelenme (atalet) dirençlerinin toplamından oluşmaktadır. Bu durumda, tüm dönen organların atalet momentlerinin oluşturduğu bileşke kütlenin, araç kütlesine eklenmesi gerekmektedir.

İvmelenme direnci ( $R_i$ ) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$R_i = \frac{c_1 * G}{g} * a = \frac{c_1 * G}{g} * \frac{V_2 - V_1}{t}$$

Eşitlikte;

a : İvme ( $m/s^2$ ),

g : Yerçekimi ivmesi ( $9.81 m/s^2$ ),

$V_1, V_2$  : Hızlanma başlangıcı ve sonundaki hız değerleri ( $m/s$ ),

t : Hızlanma süresi (s),

$c_1$  : Kütle katsayısıdır (standart tekerlekli traktörlerde 1.2).

## Hava direnci

Tüm hareket eden araçlara, havanın gösterdiği bir direnç vardır. Bu direnç kuvveti ( $R_h$ ) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$R_h = c_2 * A * V^2$$

Eşitlikte;

$c_2$  : Aerodinamik özelliklere bağlı katsayı ( $\text{kg s}^2/\text{m}^4$ )  
(meliorasyon makinalarında 0.07),

$A$  : Aracın hareket doğrultusuna dik projeksiyon alanı ( $\text{m}^2$ ),

$V$  : Aracın hızı ( $\text{m/s}$ )dır.

## Gerekli Çeki Gücünün Bulunması

Arka aksı muharrik olan (devitilen) bir meliorasyon makinasının muharrik tekerleklerinde geliştirebileceği dönme momenti aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$M_T = M_t * i * \eta_{tr}$$

Eşitlikte;

- MT : Tekerlek dönme momenti (Nm),  
Mt : Motor dönme momenti (Nm),  
i : Toplam transmisyon (iletim) oranı ( $i = n_{\text{motor}} / n_{\text{tekerlek}}$ )  
 $\eta_{tr}$  : Toplam transmisyon etkinliği(%) (mekanik transmisyonlu makinalarda 0.75-0.85; tork konvertörlü makinalarda (0.60-0.75)'dir.

Motor dönme momenti (Mt) için şu eşitlik yazılabilir:

$$M_t = \frac{P_e}{n} * 9550$$

Eşitlikte;

- Mt : Motor dönme momenti (Nm),  
Pe : Motor efektif gücü (kW),  
n : Motor devri (min-1) dir.

Tekerlek dönme momenti (MT) için ise aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$MT = U * r_a$$

Eşitlikte;

- U : Tekerlek çevre (jant) kuvveti (N),  
ra : Muharrik tekerlek etkili lastik yarıçapı (m) dır.

Genel olarak dönen bir sistemin gücü şöyle belirlenmektedir:

$$P = \frac{U * V}{1000}$$

Eşitlikte;

P : Güç (kW),

U : Çevre kuvveti (N),

V : Çevre hızı (m/s) dir.

Yukardaki eşitlikler birleştirilirse şöyle yazılabilir:

$$P = \frac{M_t * 2 * \pi * r_a * n}{r_a * 60 * 1000} = \frac{M_t * n}{9550}$$

Patınajsız çalışma koşullarında motor gücü tekerleklere aşağıdaki gibi yansımaktadır:

$$P_e = \frac{U * r_a * n_{tek}}{\eta_{tr} * 9550}$$



Meliorasyon makinasının ilerleme hızı için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$V = \frac{2 * \pi * r_a * n_{tek}}{60}$$

$$n_{tek} = \frac{60 * V}{2 * \pi * r_a}$$

$$P_e = \frac{U * r_a \frac{60 * V}{2 * \pi * r_a}}{\eta_{tr} * 9550}$$

$$U = \frac{P_e * \eta_t * 9550 * 2 * \pi}{r_a * 60 * V} = 100 \frac{P_e * \eta_t}{V * r_a}$$

İlerleme hızı km/h alındığında şu eşitlik elde edilir:

$$U = 3600 \frac{P_e * \eta_{tr}}{V}$$

Aracın **ilerleme hızı azaldıkça**, formülde yer alan **jant kuvvetinin (U) değeri** artmaktadır. Meliorasyon makinasının ilerleme koşullarında patinaj sözkonusu ise, şu eşitlikten yararlanılabilir:

$$p = \frac{n_2 - n_1}{n_2} * 100$$

Eşitlikte;

p : Patinaj (%),

n<sub>2</sub> : Patinajlı tekerleğin devir sayısı (min-1),

n<sub>1</sub> : Patinajsız tekerleğin devir sayısı (min-1) dir (n<sub>2</sub> > n<sub>1</sub>).

Bir meliorasyon makinasının hareket edebilmesi için şu 3 koşulun yerine gelmesi gerekmektedir:

- Motor ve tekerlek moment değerleri yeterli olmalıdır.
- Makinanın ağırlığı yeterli olmalıdır.
- Makinanın ilerleme hızı uygun olmalıdır.

# Hareket Koşulları

Kendiyürür ya da arkasında bir ekipmanı çekecek olan bir meliorasyon makinasının normal koşullarda iş yapabilmesi için şu koşullar yerine getirilmelidir:

- Makina kendisini yürütebilmelidir.
- Bir eğim varsa, bu eğime kendisini çıkarabilmelidir.
- Bu koşullarda arkasına takılmış olan ekipmanı da çekebilmeli, çalıştırabilmeli, ekipmandan dolayı ortaya çıkabilecek direnç kuvvetlerini yenebilmelidir.

Makinanın iş yaparak ilerleyebilmesi için; “Aderans kuvveti > Jant kuvveti (Tekerlek çevre kuvveti) > Toplam ilerleme direnci” olmalıdır. Aderans kuvveti (A), muharrik tekerleklerin toprağa değdiği kısımdaki yapışma kuvvetidir ve şöyle bulunabilir:

$$A=K*W1$$

Eşitlikte;

A : Aderans kuvveti,

K : Toprağa bağlı aderans direnci katsayısı (Kuru yolda 0.8, kuru asfalt veya beton yolda 0.7, kuru toprak yolda 0.5-0.6, ıslak asfalt yolda 0.3, buzlu yolda 0.1),

W1 : Muharrik tekerleklere düşen (aderant) ağırlıktır.

Meliorasyon makinasının ilerlemesi sırasında Jant Kuvveti > Aderans Kuvveti olduğu koşulda patinaj olayı gerçekleşecektir. Patinajın olmaması için yapışmanın, tekerlek çevre (jant) kuvvetinden büyük olması gerekmektedir.

Gerçekte, aderans da jant kuvveti kadar yararlıdır. O halde jant kuvvetinin daha da arttırılmasında bir yarar yoktur. Çünkü jant kuvveti ne kadar büyük olursa olsun, bunun ancak aderans = jant kuvveti kadarından yararlanılır, bundan daha fazlası tekerleklere patinaj yaptırır.

Buna göre,  $W_1$  ya da  $K'$ 'nin, birinin veya her ikisinin arttırılması durumunda, patinaja düşen makinanın ilerlemesi gerçekleştirilebilir.

Makinanın aderant olmayan ağırlığı ( $W_0$ ) da dikkate alınarak, ileri hareket için eğimsiz arazide çalışmada aşağıdaki koşul gerçekleşmelidir:

$$K * W_1 > (W_1 + W_0) * f$$

Eğimli çalışma koşulunda ek bir direnç sözkonusudur:

$$K*W_1 > (W_1 + W_0)(f + \sin\alpha)$$

Buna göre genel olarak şu eşitsizlik yazılabilir:

$$W_1[K - (f + \sin\alpha)] > W_0(f + \sin\alpha)$$

İlerlemenin gerçekleşebilmesi eşitsizliğin aşağıdaki şekli ile olasıdır:

$$[K - (f + \sin\alpha)] > 0$$

Sonuç olarak, uygulamada, ileri hareket için, her koşulda aderans direnci katsayısının,  $\sin\alpha$  ve yuvarlanma direnci katsayısının toplamından büyük olması gerekmektedir.

Tutunma koşulu iyi olmayan topraklarda, K değeri küçük ve f katsayısı büyük bir değer alır ve  $[k - (f + \sin\alpha)]$  negatif olabilir. Bu durumda,  $W_1$  ve  $W_0$  değerleri ne olursa olsun ilerleme olmaz.  $[k - (f + \sin\alpha)]$  değerinin pozitif olması durumunda;  $W_1 > W_0$  olması ve  $W_1$ 'in de olabildiğince büyük olması istenir. Böylece, gerek tutunması iyi olmayan topraklarda ve gerekse eğimli arazilerde makina kolayca ilerleyebilecektir.

## Güç Analizi

Tüm motorlu araçlarda olduğu gibi, meliorasyon makinalarında da geliştirilen gücün bir bölümü kayıp güç olarak, geri kalanı ise yararlı güç olarak tüketilmektedir (Şekil 43). Motorun anma ya da maksimum gücü olarak adlandırılan ve deney sonucunda elde edilen güç, zamanla motorun aşınmasından dolayı değer kaybetmektedir. Aktarma organlarında da aşınmalardan dolayı kayıplar söz konusudur. Ancak motor her zaman tam yükte çalıştırılmayıp bir rezerv (yedek) güç bırakılmaktadır. Bu güç, motorun zorlanmalarının atlatılması için kullanılır. Buna göre tekerleklerde yararlanılan tekerlek gücü şu eşitlikle belirlenebilir:

Effektif motor gücü şu eşitlikle gerçek değerini alır:

$$P_t = P_e * \eta_{tr}$$

Eşitliklerde;

$P_t$  : Tekerlek çevre gücü (kW),

$P_{maks}$  : Maksimum motor gücü (kW),

$\varepsilon$  : Rezerv güç katsayısı,

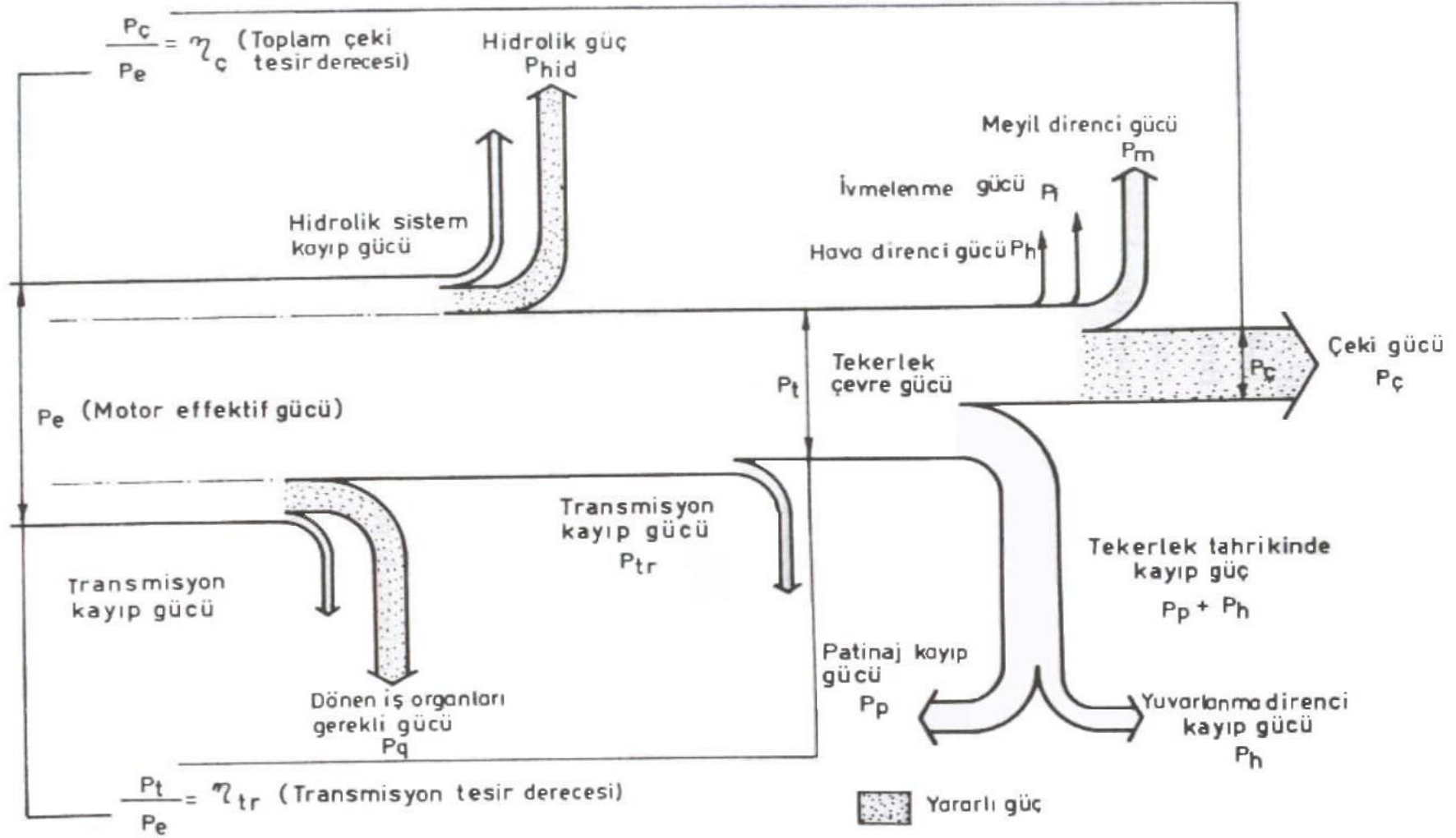
$\eta_a$  : Motor aşınma katsayısıdır.

Herhangi bir çalışmada motor gücünün yeterli olabilmesi için aşağıdaki koşulun gerçekleşmesi gereklidir :

$$P_{maks} \geq P_e$$

Eşitlikte;

$P_e$  : Makinanın çalışması sırasında kavramada gerekli olan güç isteklerinin toplamıdır.



Şekil 43. Motor gücünün kullanımdaki dağılımı.



Effektif güç aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$P_e = P_{tr} + P_p + P_y + P_m + P_ç + P_{iş} + P_i + P_h$$

Eşitlikte;

- $P_{tr}$  : Aktarma organlarında kaybolan güç (kW),
- $P_p$  : Muharrik tekerleklerin patinaj güç kaybı (kW),
- $P_y$  : Makinanın yuvarlanma direnci gücü (kW)
- $P_m$  : Makinanın meyil direnci gücü (kW),
- $P_ç$  : Çeki gücü (kW),
- $P_{iş}$  : İş organlarının ihtiyacı olan güç (kW),
- $P_i$  : İvmelenme gücü (kW),
- $h$  : Hava direnci gücü (kW)'dür.

Aktarma organlarının kayıp gücü ( $P_{tr}$ ), transmisyon tesir derecesine bağlı olarak hesaplanabilir :

$$P_{tr} = P_e (1 - \eta_{tr}) \quad \text{ya da} \quad P_{tr} = P_e - P_t$$

Patinaj kayıp gücü ( $P_p$ ), muharrik tekerleklerin tutunması sırasında ortaya çıkmaktadır. Muharrik tekerlekler ancak belirli bir patinaj değeri ile tutunma sağlayabilirler. Patinaj kayıp gücü aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir:

$$P_p = \frac{T * V_k}{360} = \frac{T * (V_0 - V)}{360}$$

$P_i$  ve  $P_h$  değerleri yokumsanarak aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$P_t = (P_y + P_ç + P_m)[1 / (1-p)] \text{ ve}$$

$$P_p = P_t - (P_ç + P_y + P_m)$$

Eşitliklerde;

$V_k$  : Kayıp hız (km/h),

$V_0$  : Teorik hız (km/h),

$P$  : Patinaj katsayısı (örneğin % 20 patinajda 0.20),

$V$  : Gerçekleşen hız (km/h) dır.

Çeki gücü ( $P_ç$ ) ise kW olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir:

$$P_ç = \frac{F_ç * V}{360}$$

Makinanın yuvarlanma direnci gücü ( $P_y$ ), kW olarak yuvarlanma direnci katsayısına bağlı olarak aşağıdaki gibi bulunabilmektedir:

$$P_y = \frac{G * f * V}{360}$$

Meyil çıkma gücü ( $P_m$ ) kW olarak aşağıdaki formülle belirlenebilmektedir:

$$P_m = \frac{G * \sin \alpha * V}{360}$$

Meliorasyon makinalarının, iş organlarının gereksinimi olan gücün bulunmasında, organların etkilerine ve çalışma koşullarına bakılmaktadır. Öncelikle, hidrolik güçle çalışan organlar, dönerek çalışan organlar ve hareket doğrultusunda bileşene dönüştürebilecek biçimde dirence sahip organlar bulunmalıdır. Bu durumda iş organları gerekli gücü şöyle olmaktadır:

$$P_{i\dot{s}} = P_{hid} + P_q + P_x$$

Bir hidrolik elemanla çalıştırılan organ için gerekli hidrolik güç kW olarak şöyle bulunabilmektedir:

$$P_{hid} = \frac{Q * p_{hid}}{600 * \eta_{hid}}$$

Eşitlikte;

Q : Hidrolik elemanın gereksinimi olan debi (litre/min),

Phid : Hidrolik basınç (bar),

ηhid : Hidrolik elemanın toplam tesir derecesidir.

Dönen iş organları için gerekli güç (Pq) kW olarak aşağıdaki eşitlikle bulunabilir:

$$P_q = \frac{M_q * n_q}{9550}$$

Eşitlikte;

Mq : Dönen iş organının gereksinimi olan moment (Nm),

nq : İş organının devir sayısı (min-1) dir.

Zemine paralel olan hareket doğrultusundaki dirençlerin yenilmesi için gerekli güç (Px) kW olarak şöyle belirlenebilmektedir:

$$P_x = \frac{R_x * V}{360}$$

İvmelenme gücü (P<sub>i</sub>) kW olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir:

$$P_i = \frac{c_1 * G * a * V}{360 * g}$$

Eşitlikte;

a : İvmelenmedeki ivme değeridir (m/s<sup>2</sup>).

Hava direnci gücü (P<sub>h</sub>) kW olarak hava direnci bilindiğine göre şöyle bulunabilmektedir:

$$P_h = \frac{c_2 * A * V^3}{360}$$