

MOTORLAR VE TRAKTÖRLER

Dersi 11

- **Traktör Mekanığı**
- - Tekerlek çevre kuvvetinin belirlenmesi
- - Çeki kuvveti ve yürüme direnci
- - Traktörün ağırlığı
- **Traktör Gücü**
- - Çeki gücü, iş makinası için çıkış gücü

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU
e-mail: onurbas@agri.ankara.edu.tr
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü
2017

10.5. Tekerlek Çevre Kuvvetinin Belirlenmesi

Tekerlek çevre kuvveti, belli bir yükseklikte tatbik noktası bulunan çeki kuvvetinin oluşturulmasını sağlar. Aynı zamanda yürüme direnci de tekerlek çevre kuvveti tarafından yenilmektedir. Yürüme direnci ile, tekerlek çevre kuvveti aynı eksen üzerinde fakat birbirine ters yönde etki yapmaktadır. Buna göre,

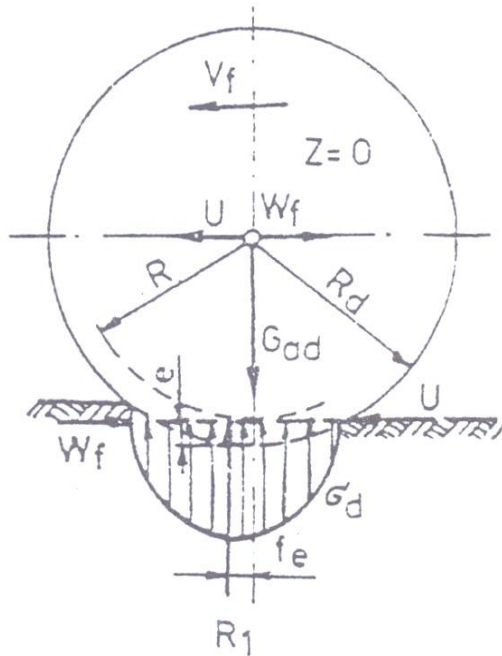
$$U - W_f - Z = 0$$

olmalıdır. Çeki kuvvetinin bulunmadığı

Z = 0 koşulunda,

$$U = W_f = G_{ad} \cdot f_r \quad (10.29)$$

Şekil 10.9. Çeki kuvveti sıfır iken, tekerlek çevre kuvvetinin belirlenmesi.



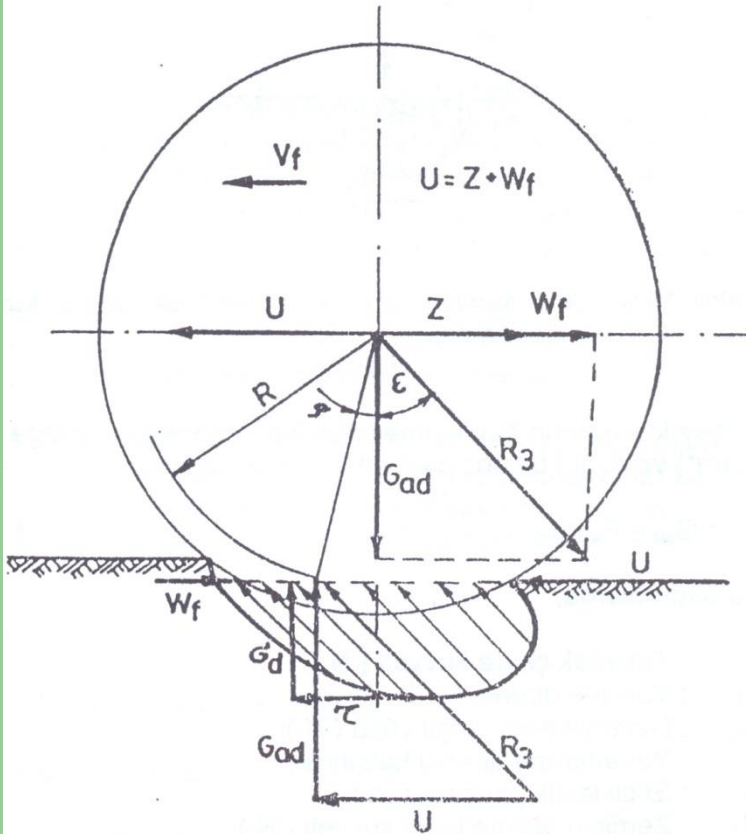
yürüme direncinin yarattığı moment,

$$W_f \cdot R = R_1 \cdot F_e \quad (10.30)$$

şeklinde yazılır. Burada; f_e , yuvarlanma sürtünmesi için bir moment kolu imiş gibi düşünülebilir. Çeki kuvvetinin bulunmaması ($Z=0$) durumunda, toprakta bir kayma gerilmesi meydana gelmeyecek, yani $\tau = 0$ olacaktır.

$$R_1 = G_{ad} = F_a \cdot p_m \quad (10.31)$$

Şekil 10.10. Çeki kuvveti varken, tekerlek çevre kuvvetinin belirlenmesi.



$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{U}{G_{ad}} = \frac{Z + W_f}{G_{ad}} = \mu_k$$

(10.32) yazılabilir.

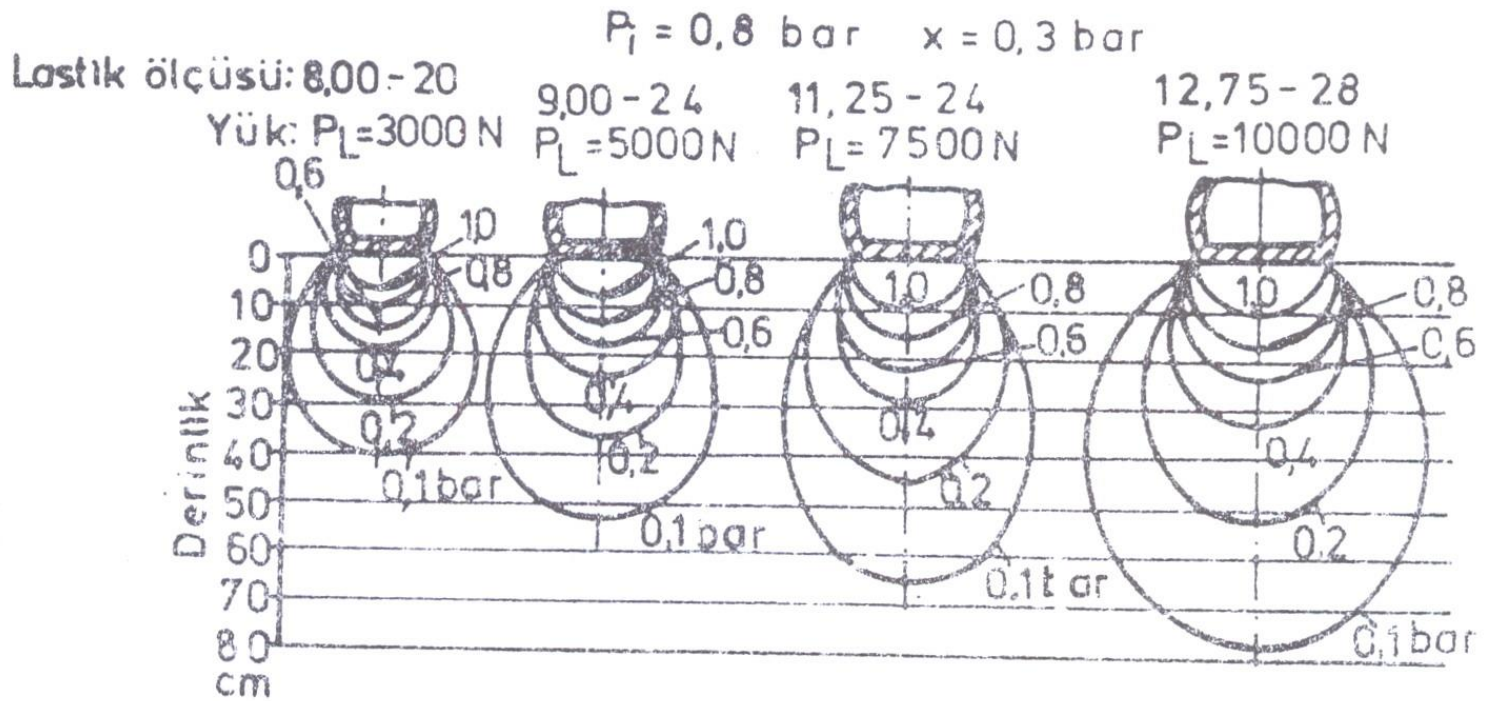
Çeki kuvvetinin geliştirebilmesi, tutunma katsayısı μ_k ya bağlı olmaktadır. $\operatorname{tg} \varepsilon$ nun yani μ_k değerinin büyümesi R_3 bileşkesinin, Z nin bulunduğu eksene doğru dönmesine neden olur. Bu durumda τ kayma (kesme) gerilmesi de artmaktadır. Kayma gerilmesi, zeminin c kohezyon kuvvetine ve μ iç sürtünme katsayısına bağlı bulunmaktadır.

- Düşey olarak toprağı etkileyen kuvvet,
- -arka dingil yüküne ek olarak,
- -önden arkaya, işletme koşulları nedeniyle transfer edilen ağırlıklar,
- -lastiklere doldurulan su ve
- -çeki kuvvetinin düşey bileşenlerinin de etkisi altındadır.

Bütün bunların toplamı, lastiğın toprağı temas yüzeyinde **düşey yük** olarak kendini gösterir.

- Tekerlekle zemin arasındaki p_m özgül basınç değeri paletli (profilli) yüzeylerde paletin bulunduğu noktada 4 – 5 kat daha fazla olmaktadır. Çok ince yapılı ve kendi öz dayanımı olmayan bir lastik düşünülse, bu lastiğin iç basıncı (p_i) ile özgül toprak basıncı (p_m) birbirine eşit, yani $p_m = p_i$ olmalıdır. Ne var ki, lastiğin karkas yapısının şekil değiştirmesi ve profillerin toprağa uyumu nedeniyle ortaya çıkan ek kuvvetler, toprak ortalama basıncının, bir x (N/m^2) değeri kadar iç basınçtan daha büyük olmasını sağlamaktadır:
- $p_m = p_i + x$
- yazılabilir. x değeri, lastik iç basıncına ve lastik profilinin açık, ya da kapalı olmasına bağlı olarak değişmektedir. Traktör lastiklerinde iç basınç **0,8 bar** (bar = 100 000 N/m^2) iken, **açık profillerde $x = 0,5 p_i$** ve **kapalı profillerde $x = (1,0...1,2) p_i$** olmaktadır. x değerinin bu derece farklı olmasının nedeni, açık profillerde oturma yüzeyinin, kapalı profillere oranla, çok daha geniş olmasıdır.

Şekil 10.11. Özgül toprak basıncının toprak derinliğiyle değişmesi.



- Basıncın, toprak içinde soğan başına benzer biçimdeki, bu dağılımı, zeminin elastik ve kalıcı şekil değiştirmesine neden olur. Elastik şekil değiştirme, kalıcı şekil değiştirmeye oranla, oldukça küçüktür. Kalıcı şekil değiştirme sonucu, toprak içindeki gözenekler küçülmektedir (porozite azalmaktadır).
- Zeminin sıkıştırılmasının bitki büyümesine olan etkisi araştırmalarla kesin olarak ortaya konmuş değildir. Bu sorun zeminin toprak yapısına, toprağın nemine, işlenme durumuna ve üzerinde yetiştirilecek bitki çeşidine bağlı olmaktadır. Genel olarak normal toprak neminde, $p_m < 2,50$ bar koşulunda toprakta zararlı sıkışma meydana gelmemektedir. Ne var ki, nemliliğin artması ile bu sınır değer $p_m < 1,0$ bar' a düşmektedir.

Tarım traktörlerinin muharrik lastikleri, çeki kuvveti geliştirme yeteneği, patinaj, toprak sıkıştırma ve stabilite yönlerinden aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- **a.** Tarım traktörü lastiği, traktörün kendi ağırlığı yanında işletme koşullarından dolayı gelecek ek ağırlıklara da dayanabilecek durumda, **ağır yük koşullarına** uygun olmalıdır.
- **b.** Büyük **çevre kuvveti** geliştirebilmek için, lastik **profili** kuvvetli ve derin yapılı olmalıdır.
- **c.** Yumuşak zeminlerde bile, taşıma yükünün fazla olabilmesi ve özgül **toprak** basıncının düşük kalabilmesi için, lastik **hacminin büyük** olması gerekmektedir.
- **d.** Dönüşlerde ve yürümelerde, yanlamasına **stabilitenin** yüksek olabilmesi için, lastik **genişliği** büyük olmalıdır.

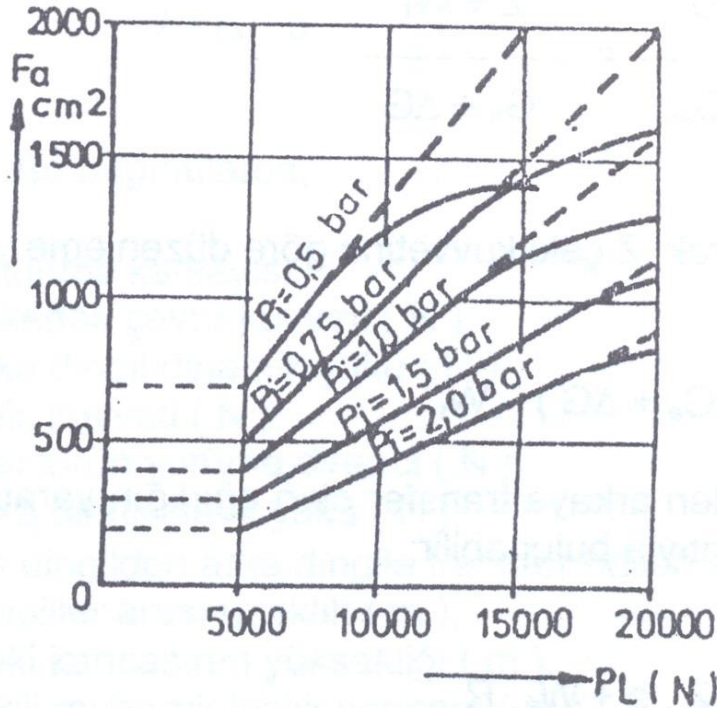
■

Düşey lastik yükü, $P_L = F_a \cdot p_m$ (N) bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Düşey lastik yükü P_L nin sabit olduğu koşullarda, F_a oturma yüzeyi kesit alanını değiştirerek, p_m zemin basıncı değiştirilebilir. Elips biçiminde olan bu alanın boyutları (a ve b elipsin eksen boyutları olmak koşuluyla),

$$F_a = \frac{P_L}{p_m} = \frac{\pi}{4} \cdot a \cdot b \quad (10.33)$$

bağıntısına göre değişir.

Şekil 10.12. Lastik iç basıncı ve düşey lastik yüküne bağlı olarak toprakla temas yüzeyi kesit alanının değişimi.



Belirli lastik iç basınçlarında, lastiğe gelen düşey yüke bağlı olarak, lastiğin toprakla temas yüzeyi kesit alanı değişimi Şekil 10.12' de görülmektedir. Verilen doğruların, belli bir yük değerinden sonra, doğrusallıktan sapmasının nedeni; çok büyük yük değerlerinde, lastiğin esneme yolunun giderek azalmasıdır.

10.6. Traktör Çeki Kuvveti ve Yürüme Direnci

Tekerlek çevre kuvveti $U = Z + W_f$ bağıntısı ile belirlenebilmekte idi. Diğer yandan tutunma katsayısı bulunurken, 10.32 numaralı eşitliğe göre;

$$\mu_k = \frac{U}{G_{ad}} = \frac{Z + W_f}{G_{ad}}$$

bağıntısı kullanılmaktadır. Traktör ağırlığından ön ve arka dingile gelen yükler G_a ve $G_ö$ ile gösterilirse $G = G_a + G_ö$ dür. İşletme sırasında ise ön dingilden arka dingile bir ΔG kadar ağırlık transfer olmaktadır. Buna göre dinamik arka dingil yükü;

$$G_{ad} = G_a + \Delta G \quad (10.34)$$

▪

$$\mu_k = \frac{U}{G_{ad}} = \frac{Z + W_f}{G_a + \Delta G}$$

$$W_f = G \cdot f_r$$

Maksimum çeki kuvveti için ise, $G_a = 0,8 G$

$$Z_{\max} = \frac{G [0,8 \cdot \mu_k \cdot l - f_r (l - \mu_k \cdot R)]}{l - \mu_k \cdot a} \quad (10.37)$$

■

$W_f = U - Z$ bağıntısı ile verilen yürüme (yuvarlanma) direnci, bir dingilli traktörlerde, dört tekerleği muharrik traktörlerde ve tırtıllı tarım traktörlerinde tüm ağırlık dağılımı için aynıdır. Dört tekerleği muharrik traktörlerde, eşitliğin değişmemesi için, tekerleklerin aynı boyutta olması koşulu vardır. Muharrik tekerlekler farklı büyüklükte ise, ya da sadece bir dingil muharrik ise ön ve arka dingil ayrı olarak incelenmelidir:

$$W_f = W_{fö} + W_{fa}$$

$$W_f = G_{öd} \cdot f_{rö} + G_{ad} \cdot f_{ra} \quad (10.38)$$

Pratikte $f_{rö}$ ve f_{ra} değerleri birbirine çok yakın olduğu için ayrı ayrı düşünülmez ve bir ortalama f_r değeri alınır. Genel olarak $f_r = 0,02 \dots 0,15$ arasında değişir.

10.7. Traktörün Ağırlığı

$\mu_k = U / G_{ad}$ eşitliğinden yararlanarak, traktör ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Tarla çalışmalarındaki maksimum meyil açısı α olarak alınır. Bu açı değerinde, geriye şahlanma ve en büyük tutunma katsayısını sağlayan belirli patinaj sınırına erişildiği kabul edilirse,

$$\mu_k = \mu_{kmax} \text{ ve } G_{öd} = 0$$

yazılır. Bu sırada, traktörün tüm ağırlığı arkadaki muharrik dingile gelmektedir. Muharrik tekerleklerin çevre kuvveti,

$$U = U_{max} = \mu_{kmax} \cdot G_{ad} = \mu_{kmax} \cdot G \cdot \cos \alpha \quad (10.39)$$

$$U = U_{\max} = \mu_{k\max} \cdot G_{\text{ad}} = \mu_{k\max} \cdot G \cdot \text{Cos } \alpha$$

$$N_e = \frac{U_{\max} \cdot V}{3600 \cdot \eta_g} = \frac{\mu_{k\max} \cdot G \cdot \text{Cos } \alpha \cdot V}{3600 \cdot \eta_g} \quad (10.40)$$

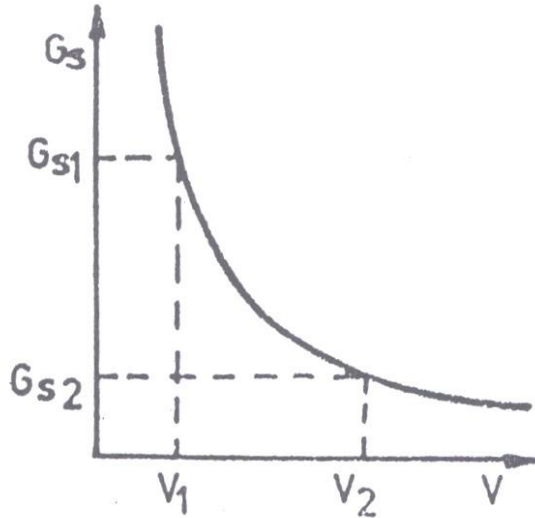
$$G = \frac{3600 \cdot N_e \cdot \eta_g}{\text{Cos } \alpha \cdot \mu_{k\max} \cdot V} \quad (10.41)$$

$$C = \frac{3600 \cdot \eta_g}{\text{Cos } \alpha \cdot \mu_{k\max}} \quad (10.42)$$

$$G = C \cdot N_e \cdot \frac{1}{V} \quad (10.43)$$

$$G = C \cdot N_e \cdot \frac{1}{V} \quad (10.43)$$

Şekil 10.13. Teorik hıza bağlı olarak traktör özgül ağırlığının değişimi.



Özgül traktör ağırlığı, traktörün toplam ağırlığının efektif motor gücüne oranı olmaktadır. O halde,

$$G_s = \frac{G}{N_e} \quad (N/kW) \quad (10.44)$$

$$G = G_s \cdot N_e = \frac{C}{V} \cdot N_e$$

$$C = G_s \cdot V = \text{Sabit} \quad (10.45)$$

sonucuna varılır.

Özgül traktör ağırlığı ile, teorik hız arasındaki ilişki tek taraflı bir hiperbol olmaktadır (Şekil 10.13)

▪

- Traktörlerin teorik hızları özgül ağırlıklarına ve çalışma koşullarına bağlı olmaktadır. Ya da, teorik hızı belirlenmiş olan traktörün özgül ağırlığı çalışma koşullarından bulunabilir. Genel olarak traktörlerin özgül ağırlıkları $G_s = 500 \dots 1300 \text{ N/kW}$ arasında değişmektedir.
- **Traktör, küçük hız ve büyük çeki kuvveti isteyen pullukla sürüm gibi işlerde çalışırken, ek ağırlıklar takılarak ve lastiklere su doldurularak toplam ağırlık artırılır. Böylece, hem patinaj azaltılır, hem de motor gücünden yararlanma oranı artırılır**

11. TRAKTÖR GÜCÜ

Traktör motorunun efektif gücü, traktör tarafından aşağıdaki şekilde pay edilerek kullanılır. Bu güçlerin oranları çalışma koşullarına göre değişir.

$$N_e = N_{\zeta} + N_k + N_y + N_p + N_g + N_m + N_b + N_h \quad (11.1)$$

Bu bağıntıda,

- N_e : Effektiv motor gücü (kW),
- N_{ζ} : Çeki gücü (kW),
- N_k : İş makineleri için çıkış gücü (kuyruk milinden çıkış gücü) (kW),
- N_y : Yürüme direnci gücü (kW),
- N_p : Patinaj kayıp gücü (kW),
- N_g : Transmisyon kayıp gücü (kW),
- N_m : Meyil çıkma gücü (kW),
- N_b : Hızlanmada atalet (ivmelenme) kayıp gücü (kW),
- N_h : Hava direnci gücü (kW) dır.

Effektif motor gücü, OECD, Deney Kodu' na göre ölçülmektedir. Bu standarda göre, motor işletme durumunda (egzoz ve emme manifoldları, susturucu, hava filtresi, soğutma ve yağlama donanımı, şarj dinamosu bağlı iken) ölçme yapılmaktadır. Deney sırasında, hava basıncı 966 milibar (725 mm Hg) dan daha az olmamalı ve hava sıcaklığı 15 ... 27 °C arasında bulunmalıdır. **Deney raporlarında**, ölçüm sonuçları, hava koşulları belirtilerek, fakat normal koşullara göre **düzeltilme yapılmadan** verilir. Değişik koşullarda denenen traktörleri, deney raporlarından yararlanarak, güç yönünden karşılaştırabilmek için, aşağıdaki bağıntılar yardımıyla normal koşullara dönüştürme yapılabilir.

normal koşullara dönüştürme

İçten patlamalı motorlar için,

$$N_o = N_e \cdot \frac{760}{p} \cdot \frac{273 + t}{273 + 20} \quad (11.2)$$

İçten yanmalı motorlar için,

$$N_o = 2 N_e \cdot \frac{760 (273 + t)}{760 (273 + t) + p (273 + 20)} \quad (11.3)$$

11.1. Çeki Gücü

Traktörün çeki kancasındaki gücüdür. Düz bir zeminde çeki gücü,

$$N_{\text{ç}} = \frac{Z \cdot v_f}{1000} = \frac{Z \cdot V_f}{3600} \quad (11.4)$$

bağintısıyla hesaplanır. Bu bağintıda;

$N_{\text{ç}}$: Çeki gücü (kW),

Z : Çeki kuvveti (N),

v_f : Yürüme hızı (m/s),

V_f : Yürüme hızı (km/h) dir.

11.2. İş Makineleri İçin Çıkış Gücü

İş makineleri için traktörün kuyruk milinden, kasmağından, hidrolik sisteminden ve çayır biçme makinesi özel çıkışından hareket alınabilmektedir. İş makinesi için gerekli **dönme momenti**,

$$M_{tk} \leq \eta_k \cdot M_t \cdot i_k = \frac{\eta_k \cdot M_t \cdot n_m}{n_k} \quad (11.5)$$

İş makinesi için gerekli **güç**,

$$N_k = \frac{M_{tk} \cdot n_k}{9550} \quad (\text{kW}) \quad (11.6)$$