

NORVEÇ'TE KAMYONLA UZUN MESAFELİ ORMAN NAKLİYATI ÜZERİNE BİR ETÜD

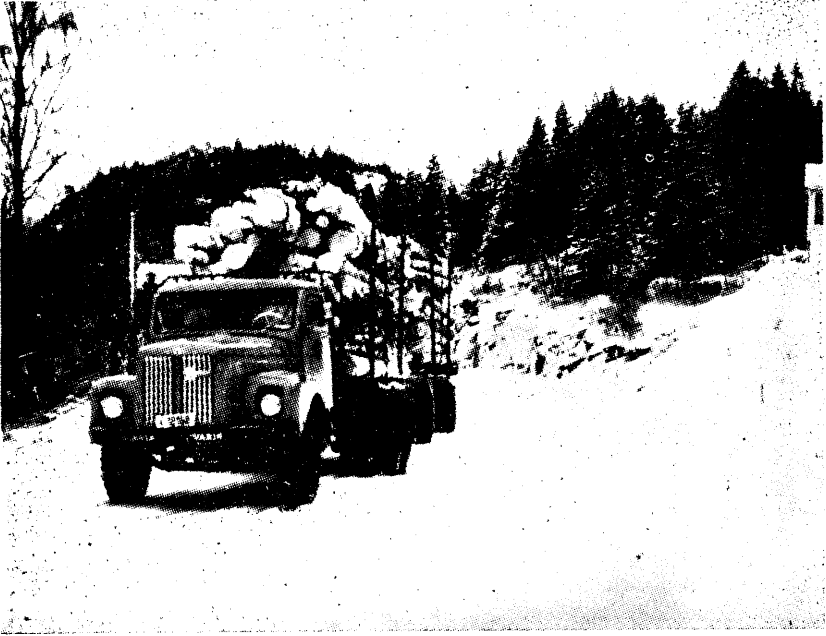
Yazan

Doç. Dr. Selçuk BAYOĞLU

Bir taraftan gittikçe daha yüksek vasıflı devlet ve orman yolları inşaatı bir taraftan da gün geçtikçe daha ağır ve daha yüksek takattaki kamyonların imâlinin bir neticesi olarak bugün birçok memleketler ormancılığında kamyonla nakliyat önemli bir yer almış bulunmaktadır. Gerçekten yüksek teknik vasıflara sahip bulunan yollar nakliyat süresini kısaltırken yüksek takatli kamyonlar da bir defada taşınabilen yükü önemli miktarda arttırmış bulunmaktadır. İşte bu teknik gelişmelerin bir neticesi olarak ta, ormancılıkta uzun mesafeli kamyon nakliyatı bugün artık ekonomik bakımdan mümkün olabilmektedir. Bu konuda işaret edilmesi gereken bir diğer nokta da, işçi ücretlerinin devamlı bir şekilde yükselmesinin ormancılıkta diğer kombine nakliyat metod ve şekilleri yerine kamyonların daha geniş ölçüde kullanılması neticesini doğurduğu keyfiyetidir. Fakat şu hususta şüphe yokturki, yolların durumuna, kullanılan kamyon tipine ve yükleme, boşaltmada bahis konusu olan şekle göre kamyonla nakliyatta birim hacme isabet eden toplam masraflar geniş sınırlar dahilinde değişiklikler göstermektedir. Burada yükleme boşaltmada bahis konusu olan şekille, yükleme yerinin şartları yükleme ve boşaltmada kullanılan alet ve teçhizat kestedilmiş bulunmaktadır. Muhakkak ki nakliyat masrafları üzerinde müessir olan bir diğer unsur da kamyon tamir masraflarıdır. Bütün bu izahlardan anlaşılacağı gibi sıhhatli olarak yükleme, boşaltma ve taşıma masraflarını elde edebilmek için her nakliyat işinin müstakil olarak etüd edilmesi gerekmektedir.

Bu etüd münhasıran kamyon nakliyatına ait masraf unsurlarının tesbiti için yapılmış olup bu maksatla 1965 Aralık ayında kuzey Norveç'te kamyonla yapılan uzun mesafeli bir tomruk ve sanayi odunu (sellülozluk) nakliyatı seçilmiş bulunmaktadır. Yükleme ve boşaltma dahil taşıma ameliyesinin bütün safhaları için zaman etüdüleri yapılan bu de-

nemede nakliyat 65 ilâ 83 kilometrelik mesafeler dahilinde cereyan etmiş olup bunun 1.0 ilâ 6.3 km. si toprak veya çakıl kaplı orman yolları üzerinde mütebakisi ise bitüm kaplamalı, çift trafik şeritli devlet yolu üzerinde ve kış şartları altında yürütülmüştür. Bu nakliyatta kullanılan kombinasyon çift arka akslı bir Scania LS 7646 kamyon ve iki akslı bir treyler ile eski bir Mercedes kamyon üzerine monte edilmiş bir HIAB kran'dan ibaretti (Şekil 1 ve 2). Çalışan ekibi ise kamyon şoförü ile kran operatörü teşkil etmekte idi. Bunlardan kamyon şoförü yükleme sırasında kran operatörüne yardım etmiştir.



Şekil 1. Etüd edilen tomruk yüklü kamyon-treyler kombinasyonu

Fig. 1. The hauling equipment studied with a load of sawtimber

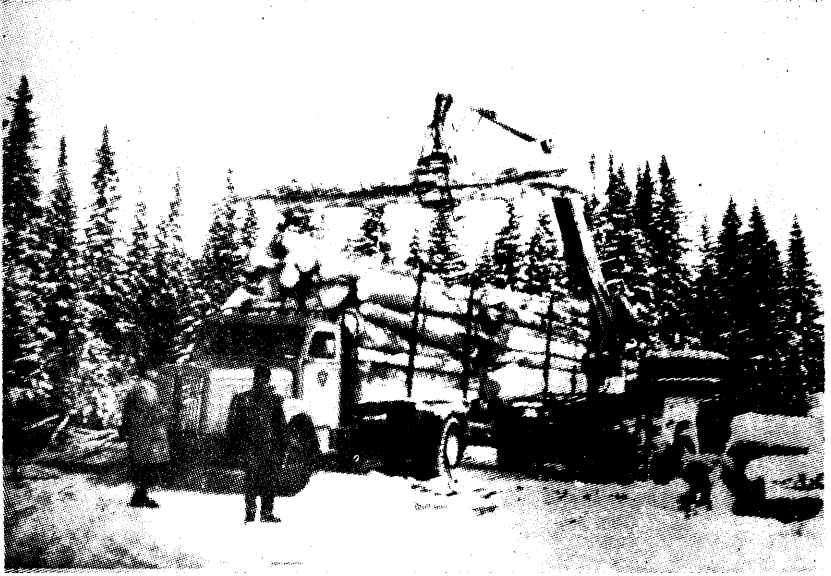
Kamyon nakliyatı ile yakın ilgisi dolayısıyla burada evvelâ kamyon performansı ile ilgili problemler incelenecek ve ondan sonra da yapılan zaman etüdlerinin neticeleri üzerinde durulacaktır.

Kamyon performansının umumi prensipleri

Burada kullanılan manasıyla performans belli bir yükün taşınacağı belli şartlar altında kamyonun yapabileceği işi ifade etmektedir. Diğer

bir ifade ile kamyonun belli bir yükü, belli meyildeki bir yol üzerinde belli bir zaman içinde taşıyabilmesi keyfiyetidir.

Bir kamyonun performansı onun ayrı ayrı takat sarfını gerektiren bir seri faktörün etkisi altında olup bu faktörleri yuvarlanma direnci, meyil direnci ve hava direnci şeklinde sıralamak kabildir. Performansla ilgili formüllere geçmeden önce bu dirençlere kısaca bir göz atmak faydalı olacaktır.



Şekil 2. Tomrukların ayrı bir kamyon üzerine monte edilmiş hidrolik bir vinçle yüklenmesi

Fig. 2. Loading of logs by means of an hydraulic grapple mounted on a separate truck.

Yuvarlanma direnci. Esas itibariyle tekerleğin serbestçe dönmesini engelleyen bu direnç tekerleklerle aks arasındaki iç sürtünme, lastik tekerlek elastikiyeti ve yol sathının deformasyonu gibi çeşitli sebeplerden ileri gelmektedir. Bunların dışında lâstik içindeki havanın basıncı ile lâstığın imâl şekilleri de yuvarlanma direncinin değeri üzerinde müesir olmaktadır. Tatbikatta yuvarlanma direnci motörlü vasıtanın beher tonu için kg. olarak (veya %) ifade edilmekte olup tekerlerler üzerindeki bir ton yükün çekilmesi için sarfedilmesi gereken kuvveti göstermektedir. Dolayısıyla toplam yuvarlanma direnci :

$$W_r = Q \cdot w \quad (1) \text{ dir.}$$

Burada W_r = yuvarlanma direnci (kg); Q = kamyonun toplam ağırlığı ve w = yuvarlanma direnci katsayısı (%) dir.

Kamyon saatte V km hızla seyrettiği zaman yuvarlanma direncinin beygir gücü cinsinden değeri :

$$N_r = \frac{1}{27000} \cdot W_r \cdot V \quad \text{veya (1.) deki } W_r \text{ değeri yerine}$$

konunca,

$$N_r = \frac{1}{27000} \cdot Q \cdot w \cdot V \quad (2) \text{ olur.}$$

Tatbikatta muhtelif yol kaplaması ve satıh şartları için uygulanan yuvarlanma direnci katsayıları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Yol satınının durumu	Yuvarlanma direnci (HÜTTE)	
	kg/ton	%
Toprak yollar		
Gevşek kum yol	150	15
Bozuk toprak yol	100	10
Kuru ve sıkışmış toprak yol	50	5
Çakıl (stabilize) yol		
Gevşek satıhlı (sıkıştırılmamış)	100	10
Rutubetli (iyi tevsiye edilmemiş)	50	5
Pürüzsüz	33	3.3
Makadam yol		
Fena vasıflı	40	4
İyi vasıflı	20	2
Asfalt	10	1
Beton	12.5	1.25

Meyil direnci. Meyilli bir yol üzerinde seyreden kamyonun hareketi üzerine meylin tesiri yolun meyil açısının sinüsü ile orantılıdır. Diğer bir ifade ile meyil direnci,

$$W_g = Q \cdot \sin \alpha \quad \text{dır.} \quad (3)$$

Burada α = yolun eğim açısıdır ve yollar için bahis konusu olabilecek eğim açılarının sinüsü ile tangenti arasında önemli bir fark bulunmadığına göre formülü aşağıdaki şekilde yazmak mümkündür.

$$W_g = Q \cdot \operatorname{tg} \alpha = Q \cdot p \quad (4)$$

Burada p yüzde olarak eğimi ifade etmektedir.

Dolayısıyla meyil direncinin beygir gücü cinsinden değeri

$$N_g = \frac{1}{27000} \cdot W_g \cdot V = \frac{1}{27000} \cdot Q \cdot p \cdot V \quad \text{olur.} \quad (5)$$

Hava direnci. Hareket halindeki bir kamyonu havanın karşı koyma kuvvetini ifade eden bu direnç süratle orantılı olarak artmaktadır. Rüzgâr, esme istikametine bağlı olarak sürati arttırıcı bir tesir de yapabilir.

Hareket halindeki bir kamyonun sürati üzerinde müessir olan direncin değeri için şu formül tavsiye edilmektedir : (Taschenbuch für Maschinenbau) :

$$W_a = 0,0047 \cdot c_w \cdot F (V \pm V_0)^2 \quad (6)$$

Burada V = kamyonun hızı km/saat; F = kamyonun ön yüzü, $m^2 = 0,9 \times$ kamyon iz genişliği \times Kamyon yüksekliği; ve c_w = katsayı olup kamyonlar için 0,8; otobüsler için 0,6 ve otomobiller için 0,3-0,5 tir. Belli bir hızda beygir gücü olarak hava direncinin değeri

$$N_a = \frac{1}{27000} \cdot W_a \cdot V$$

veya

$$N_a = \frac{0,0047 \cdot c_w \cdot F (V \pm V_0)^2 \cdot V}{27000} \quad \text{dir.} \quad (7)$$

Yukarıda izah edilen faktörler dışında rakım da kamyonun performansı üzerine etki yapmaktadır, zira yükseklik arttıkça hava basıncı düşmektedir. Genel olarak rakımın etkisi 300 metreden itibaren başlamakta ve her 100 metrede takat % 1 oranında azalmaktadır. Binnetice rakımın etkisi hesabetmek maksadiyle faydalanılacak tashih faktörü c aşağıdaki formülle hesabedilebilir :

$$c = 1 - \frac{h - 300}{10000} \quad (8)$$

Burada h = rakım m. dir.

Performans formülleri

Kullanılmakta olan performans formülleri aşağıda kısaca izah edilmiştir.

Beygircü - Tork münasebeti : Prony freni eşitliğinden faydalanmak suretiyle bir motörün beygir gücü aşağıdaki formül yardımıyla hesabedilebilir :

$$N_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{4500} \cdot P_v$$

Burada r = volan yarıçapı; n = dakikadaki motör devir sayısı; P_v = volandaki dönüş kuvveti olup $P_v \cdot r$ = motör torku'nu ifade ettiği ne göre yukardaki formül sadeleştirilerek

$$N_m = \frac{T \cdot n}{716.2} \quad \text{elde edilir.} \quad (9)$$

Burada T = tork, kgm. dir.

Şu halde belli bir motör hızındaki tork bilindiği takdirde motör beygir gücünü kolaylıkla hesabetmek kabildir. Aynı şekilde motör beygir gücü bilindiği takdirde tork'u hesabetmek te mümkündür.

Hız formülü. Bir kamyonun herhangi bir viteste yapabileceği azami hız, motörün azami devir sayısı, transmisyon ve diferansiyel dişli oranları ve tekerleğin dönüş yarıçapı bilindiği takdirde, aşağıdaki formülden faydalanılmak suretiyle hesabedilebilir :

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot 60}{1000 \cdot R_0} \quad \text{veya} \quad V = 0.377 \cdot \frac{r \cdot n}{R_0} \quad (10)$$

Burada r = kamyon tekerleğinin dönüş yarıçapı m; n = motör devir sayısı; R_0 = toplam dişli redüksiyonu; V = hız km/saat'tir.

Meyil tırmanabilme kabiliyeti formülü. Kamyonun azami yükü ve azami meyilde yapabileceği azami hızı ifade eden bu değer çeşitli şekillerde hesabedilebilir. Bu metodlardan bir tanesi motör tork formülüne dayanmakta ve bu da muharrik kuvvetin bir defasında tork ile tekerleğin yuvarlanma yarıçapı oranına ve bir defasında da yuvarlanma direnci ile meyil dirençleri toplamına eşit bulunduğu gerçeğine dayanmaktadır (Fitch). Yani,

$$T = \frac{(w + p) \cdot G \cdot r}{100 \cdot e \cdot R_0} \quad \text{dir.} \quad (11)$$

Bu formülden faydalanmak suretiyle belli bir motör tork değerinde kamyonun tırmanabileceği meyil şöylece hesabedilebilir :

$$P_{\max} = \frac{100 \cdot e \cdot R_0 \cdot T}{G \cdot r} - w \quad (12)$$

Burada e = dişli verimi; R_0 = toplam dişli redüksiyonu; T = belli bir motör devrindeki tork, kgm; G = toplam yüklü kamyon ağırlığı r = kullanılan lâstiğin dönüş yarı çapı, m ; w = yuvarlanma direnci kat-sayıdır.

Fakat yukarıdaki formülün tetkikinden kolaylıkla anlaşılacağı gibi burada hava direnci nazarı itibare alınmamıştır.

Diğer metotta ise mevcut takatten yuvarlanma direnci ve hava di-renci ile dişlilerde meydana gelen kayıplar için lüzumlu miktarları çı-kararak meyil mukavemetini karşılayacak arta kalan takatın hesabedil-mesi ayrıca lüzumu halinde rakımın tesirinin de nazarı itibre alınması tavsiye edilmektedir (Heldt). Bu izahattan anlaşılacağı gibi meyil direncini karşılamak üzere kullanılabilir takat;

$$N_g = N_m - (N_r + N_a + N_d) \quad \text{olacaktır ve binnetice}$$

formül (5) i meyil için halletmek suretiyle kamyonun tırmanabileceği azami meyil:

$$P_{\max} = \frac{N_g \cdot 27000}{G \cdot V} \quad \text{olarak bulunur.} \quad (13)$$

Burada N_m = Motör takati B.G; N_r = Yuvarlanma direnci, B.G; N_a = Hava direnci, B.G; N_d = Dişli kayıpları, B.G dür.

Yüksek hızlarda hava direncinin etkisi dolayısıyla bu iki formül farklı neticeler vermekte ise de alçak hızlarda fark ihmal edilecek kadar azdır. Bu etüdün müteakip kısımlarındaki hesaplarda ikinci metod kul-lanılmıştır.

Etüd edilen kamyon

Spesifikasyonları. Bu etüde yararlanılan DSII ROI motörü ile mü-cehhez Scania LS 7646,6 tekerlekli kamyon (Bogie) ile 4 tekerlekli Maur trailer kombinasyonuna ait spesifikasyonlar aşağıda verilmiştir.

Kamyon	Transmisyon dişli oranları	
Motör DSII ROI, 6 silindir	1. vites	7.70 : 1
2200 motör devrinde 225 Beygir	2. vites	4.35 : 1
Gücü (DIN) tork 1400 motör devrinde 90 kgm.	3. «	2.48 : 1
Silindir hacmi 11.0 litre	4. «	1.47 : 1
Silindir genişliği 127 mm.	5. «	1 : 1
Piston yolu uzunluğu 145 mm.	Geri vites	7.14 : 1
	Yardımcı vites	1.40 : 1
	Diferansiyel	5.13 : 1

Şasi dimenzionları		Ağırlık	
Aks mesafesi	4600 mm.	Ön aks	3345 kg
İki arka aks (Bogie) arasındaki mesafesi	1250 mm.	Arka aks (Bogie)	3035 kg
Şasi uzunluğu	8600 mm.	Toplam kamyon ağırlığı	6380 kg
Aks genişliği	1900 mm.	Toplam kamyon ve yük ağırlığı	21000 kg
Yüksüz kamyon yükseklığı (10.00 × 20 lâstik ile)	2540 mm.		

Traillerin boş ağırlığı, tomruk iskemlesi ve kenar direkleri dahil, 4400 kg. dir.

Etüd edilen kamyonu ait dişli (vites) ve hız münasebetleri Tablo 1 de verilmiştir.

Yük ve yük dağılışı :

Bir taraftan performans formüllerinde kullanmak bir taraftan da nakliyat emniyeti ve iktisadiliğini etüd etmek bakımlarından muhtelif taşıma şartlarında yani tomruk ve sanayi odunu (sellülozluk) nakliyatı yapıldığına göre kamyonun toplam yüklü ağırlığı (GVW) ile vükün akslar arasındaki dağılışının tesbiti gerekmektedir. Yaptığımız bu etüd sırasında kamyonu yüklü olarak tartma imkânına sahip bulunmadığımız için bütün bu hesapları teorik olarak yapmak zorunda kaldık. Bu maksatla ilk olarak boş bir kamyonu ait yük dağılışı hesab edilmiştir. Diğer taraftan SSFF Transport Utvalget¹⁾ ile yapılan temaslar neticesinde bir çift tomruk iskemlesinin kenar direkleri ile birlikte 450 kg; daha önce kamyonu monte edilmiş ve fakat kullanılmayan Isachsen vineine ait iki makarmanın 250 kg. ve bunların ağırlık merkezinin ön aksten itibaren 2.00 m. mesafede bulunduğu; kamyonun şasi kısmına monte edilen çelik levhanın 250 kg. olduğu ve ağırlığının üniform olarak dağıldığı; ve nihayet müteharrik olmayan arka aksın 800 kg. olduğu tesbit edilmiştir. Boş olarak dönüşlerde ve keza yüklü gidislerde dik ve kaygan yol kesimlerinde müteharrik tekerlekler üzerinde yeter miktarda ağırlık bulunmasını ve binnetice adezyonu arttırmak maksatları ile bogie'nin kullanılmadığı gözönüne alınarak her iki durumda da yukarıda

¹⁾ Skogbrukets og skogindustrienes Forskningsforening - Transport utvalget. Ormancılık ve Orman Sanayi Araştırma Derneği - Nakliyat komitesi.

bahsi geçen geçen ilâve yükün dağılışı hesabedilmiş ve bulunan değerler aşağıda verilmiştir.

Boş kamyon ağırlığının akslara dağılışı (Toplam ağırlık 7980 kg)

	Bogie ile		Bogie'siz	
	Ön aks	Arka aks	Ön aks	Arka aks
Yalnız şasi	3345	3035	3135	3245
İlâve ağırlık	193	1047	— 33	1633
T o p l a m	3538	4442	3102	4878

Taşınan yükün ağırlığı ve bu ağırlığın akslar arasındaki dağılışının hesabında tomruk ve sanayi odunu yükleri ayrı ayrı mütalâa edilmiştir. Zira her iki durumdaki ortalama yük ağırlıklarının belirli şekilde farklı olduğu tesbit edilmiştir.

Tomrukların çok mühim bir kısmı 5 metre uzunlukta olup nakliyat-tan birkaç gün önce kesilmiş bulunuyordu. Bu sebeple ortalama tomruk boyu 5.0 m. ve özgül ağırlığı da, Norveç Lâdini için kısa bir müddet önce yapılmış denemelere dayanarak, (Tamminen) 0.82 olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla ortalama 15.271 m³ olan kamyon yükü 12.60 ton ve 14.813 m³ olan treyler yükü de 12.15 tondur. Denemelerde tomruk hacimlerinin tayini maksadıyla sadece ince uç çapları ölçülmüş ve araştırma mıntakası için özel olarak hazırlanmış bu çapı esas alan hacim tablolarından faydalanılmıştır. Tomrukların ön tomruk iskemlesinden ortalama 50 cm. dışarıya taşıkları kabul edilmek suretiyle kamyon üzerindeki tomruk yükünün ağırlık merkezinin ön akstan 4.45 m. mesafede bulunduğu hesaplanmış bulunmaktadır.

Boyları 3.0 m. olan sanayi odunlarının (sellülozluk) nakli halinde ise gerek kamyon ve gerekse treyler üzerinde ikişer istif bulunmakta idi. Burada ster hacminden solid hacme geçerken katsayı olarak 0.67 (klem and Halvorsen) ve gene yukarıda bahsi geçen deneme neticelerinden faydalanılarak ağaçların tepe kısımlarından elde edilen sanayi odunlarının özgül ağırlığı da 0.88 olarak kabul edilmiştir. Kamyon üzerindeki iki sanayi odunu istifinden öndekinin ortalama yüksekliği 2.30 m. arkadaki istifinki de 1.80 m. olarak tesbit edilmiş, bunlara davanarak solid hacimleri 9.759 m³ ve 7.707 m³ veya hep birlikte 17.46 m³ ; gene bu istiflerin ağırlıkları da sırası ile 8.59 ton ve 6.78 ton olarak hesabedilmiştir. Dolayısıyla bu şartlar altında kamyon üzerindeki yükün ağırlık merkezinin arka akstan 20 cm dışarıda ve yerden 233.9 m. yüksekte bulunduğu tes-

bit edilmiştir. Diğer taraftan treyler üzerindeki yükün de 18.29 m^3 ve dolayısıyla 16.10 ton olduğu hesabedilmiştir.

Gerek tomruk ve gerekse sanayi odunu ile yüklü kamyonlardaki yükün ağırlığı ve bunun akslara dağılışını tesbit maksadiyle yapılan bütün bu hesapların neticeleri aşağıdaki tabloda gösterilmiş bulunmaktadır. Tablonun tetkikinden de anlaşılacağı üzere yüklerle birlikte kamyon ve treyler kombinasyonunun ortalama ağırlığı kerestelik tomruk nakli halinde 37.1 ton, sanayi odunu nakli halinde ise 43.9 ton'dur.

Norveç'te câri bulunan karayolları mevzuatına göre 1. sınıf şoseler üzerinde yapılan kamyon nakliyatında tek aks için azami yük 8 ton ve çift arka aks (bogie) durumunda ise 11 ton olup deneme için faydalandığımız misâlde özel bir müsaade ile bu 12 tona yükseltilmiş bulunmaktadır. Diğer taraftan kullanılan kamyon lastikleri için verilen taşıma miktarı 2080 kg. dir ve binnetice tek arka aks için caiz olan yüklemeye 8320 kg, çift arka aks (bogie) için ise 16640 kg. dir. Bu iki limitin tatbikatta bogie ve tek arka aksa gelen ortalama yüklerle mukayesesinde; gerek kesestelik tomruk ve gerekse sanayi odunu nakliyatında tek arka aksın bahis konusu olduğu hallerde (dik ve kaygan yol kısımları) karayolu idaresince vazedilmiş bulunan limitlerin aşıldığı açıkça görülmektedir. Diğer taraftan çift akslı olarak sanayi odunu ile tek akslı olarak hem kerestelik tomruk ve hem de sanayi odunu nakli durumlarında lastikler için tesbit edilmiş azami yük miktarları da aşılmaktadır. En ekstrem durumu teşkil eden sanayi odunu nakliyatında sistemin toplam ağırlığı 43.9 tona ulaşmakta olup kamyonun tek arka aksla seyretmesi halinde bu durumda arka aksa gelen yük miktarı 20.9 tona ulaşmaktadır. Bu miktar ise karayolları idaresince tesbit edilmiş sınırın iki misli, lastiklerin taşınmasına müsaade edilen yükün ise % 26 fazlasına eşittir. Bahis konusu bu yüklemeye şekli yukarıda da ifade edildiği gibi en kritik durum olduğundan müteakip hesaplarda bu şekil esas alınmıştır.

Yükün akslara dağılışı ile ilgili olarak buraya kadar yaptığımız hesaplarda daima kamyonun yatay bir zemin üzerinde ve hareketsiz olarak durduğunu esas almış bulunuyoruz. Süphesiz bir traktörün treyleri eğimi α olan aksi meyilli bir yol üzerinde çekmesi halinde bu dağılışı yukarıda tesbit edilen miktarlardan farklı olacaktır. Kamyonun üniform bir hızla seyretmesi halinde tekerlekler dengede olacak ve W_1, R_1 kuvvetlerinin bileşkesi akstan geçecektir (Şekil 3). Yükün ağırlık merkezinin arka aksın dışında olması durumunda da denge denklemlerinden faydalanmak suretiyle ön ve arka aksa gelecek yük miktarlarının şu şekilde hesaplamak kabildir (Bekker) :

Toplam yük ve yükün dağılımını gösterir tablo

	BOGİE İLE						BOGİE'siz					
	Kerestelik Tomruk			Sanayi Odunu			Kerestelik Tomruk			Sanayi Odunu		
	Ön aks	Arka aks (Bogie)	Toplam	Ön aks	Arka aks (Bogie)	Toplam	Ön aks	Arka aks	Toplam	Ön aks	Arka aks	Toplam
Boş kamyon ağırlığı kg	3538	4442	7980	3538	4442	7980	3102	4878	7980	3102	4878	7980
Taşınan yük kg	1640	10960	12600	1260	14100	15370	140	12460	12600	-670	16040	15370
Toplam	5178	15402	20580	4798	18542	23350	3242	17338	20580	2432	20918	23350

Treyler üzerindeki toplam yük

	Kerestelik tomruk	Sanayi odunu
Boş treyler ağırlığı	4.40	4.40
Taşınan yük	12.15	16.10
Toplam	16.55	20.50

$$W_1 = \frac{r(R_1 + R_2) - W(x \cdot \cos \alpha + h_1 \sin \alpha) - F_h \cdot h_2}{l}$$

$$W_2 = \frac{W(l + x) \cos \alpha + h_1 \sin \alpha + F_h \cdot h_2 - r(R_1 - R_2)}{l}$$

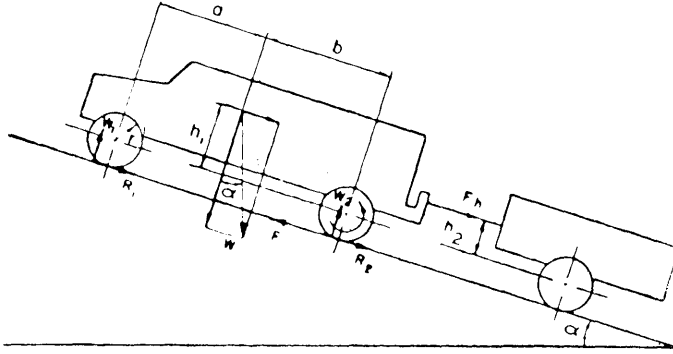


Fig. 3.

Şekil 3.

Misâlimizde azami aksi meyil % 7 ($\alpha = 4^{\circ}.00'$) dir ve buna dayanarak yükün ağırlık merkezinin arka akstan $x = 0.20$ m. dışta olduğu ağırlık merkezinin yerden yüksekliğinin $h_1 = 1.85$ m. olduğu tayin edilmiştir. Diğer taraftan tekerleğin dönme yarıçapı $r = 0.50$ m; kamyonun aks mesafesi = 4.60 m; arka aksla treylerin tesbit noktası arasındaki kot farkı $h_2 = 0.34$ m. olarak bilinmektedir. Basit olarak yuvarlanma mukavemeti $w = 10$ kg/ton kabul edilmek suretiyle ön ve arka (tek) aksa isabet eden yükler :

$$\begin{aligned} W_1 &= - 0.96 \text{ ton} \\ W_2 &= 16.33 \text{ ton} \end{aligned} \quad \text{hesabedilir.}$$

Dolayısıyla % 7 aksi meyilli bir yol üzerinde arka aksa (tek) isabet eden yük miktarı düz bir zemin üzerindeki 290 kg. daha fazladır. Diğer bir ifade ile aynı yükleme şartlarında meylin miktarı arttıkça buna paralel olarak arka aksa gelen yük miktarı da artmaktadır. Diğer taraftan bu misâlde $W_1 = - 3102$ kg. olduğu zaman kamyonun ön kısmı havaya kalkacaktır. Yukarıda verilen formüllerden bir tanesinin α açısına göre çözümünü halinde bu kritik noktaya yaklaşık olarak $\alpha = 25^{\circ}$ olduğu zaman ulaşılacağı ve bunun da % 47 meyle tekabül ettiği kolaylıkla hesabedilebilir. Şüphesiz yokuş yukarı doğru hareket halinde taşınan

Tablo 1. Scania LS 7646 kamyon için vites - hız münasebetleri

Motör devri dişli oranı	Dişli oranları (yardımcı vitessiz)					Yardımcı vites dişli oranı	Dişli oranları (yardımcı vites ile)				
	1. vites	2. vites	3. vites	4. vites	5. vites		1. vites	2. vites	3. vites	4. vites	5. vites
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2200	7,70	4,35	2,48	1,47	1,00	1,40	10,78	6,09	3,47	2,06	1,40

Diferansiyel (max)	Çeşitli viteslerde dakikada tekerlek dönüş sayısı (yardımcı vitessiz)					Çeşitli viteslerde dakikada tekerlek dönüş sayısı (yardımcı vites ile)				
	1. vites	2. vites	3. vites	4. vites	5. vites	1. vites	2. vites	3. vites	4. vites	5. vites
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
5,13	56	99	173	291	429	40	70	124	208	306

Lastik ebadı	Dönüş yarıçapı cm		Dönüş çevresi m.	
	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü
24	25	26	27	28
10 00X20	52,5	49,9	3.299	3.135

Tablo 1 (Devam)

Çeşitli viteslerde kamyon hızları (yardımcı vites kullanılmadığına göre) m/dak									
1. vites		2 vites		3 vites		4 vites		5. vites	
Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
184,7	175,6	326,6	310,4	570,7	542,4	960,0	912,3	1415,3	1344,9
KM SAAT olarak									
11,1	10,5	19,6	18,6	34,2	32,5	57,6	54,7	84,9	80,7

Çeşitli viteslerde kamyon hızları (yardımcı vites kullanıldığına göre) m/dak.									
1. vites		2. vites		3. vites		4. vites		5. vites	
Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	Yüklü
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
132,0	125,4	290,3	219,5	409,1	388,7	686,2	652,1	1009,5	959,3
km/saat olarak									
7,9	7,5	17,4	13,2	24,5	23,3	41,2	39,1	63,6	57,6

yükün ağırlık merkezi geriye doğru ilerliyormuş gibi bir tesir icra edecektir. Böyle bir durumda ise direksiyonun stabilitesi artık muhafaza edilemez ve ön tekerlekler kayar. Bu durum denemelerimiz sırasında da müşahade edilmiştir. Kaba bir tahmin olarak yükün ağırlık merkezinin arka akstan, aks mesafesinin 1/10 u kadar içeride bulunması gerektiği ifade edilmektedir (Fitch).

LS 7646 Scania kamyonun teorik performansı. Bu kamyon ait dışlı ve hız münasebetleri Tablo : 1 de verilmiş bulunmaktadır. Bu tablo belli bir işi yapabilmek için yeter gücün mevcut olması halinde kamyonun çeşitli viteslerle yapabileceği azami hızları göstermektedir. Aynı şekilde bu kamyonun meyil tırmanabilme kabiliyeti de 13 nolu formül kullanılmak suretiyle hesap edilmiş bulunmaktadır. Daha önce de ifade edildiği gibi hava direnci gözönüne alınmadığı için bu maksatla 12 nolu formül kullanılmamıştır. Hava direncinin kamyonun meyil tırmanabilme kabiliyeti üzerine etkisi sadece yüksek hızlarda (viteslerde) olup bunun 5. viteste sadece % 0.3 olduğunu hesap etmiş bulunuyoruz. Denemelerimizde faydalanılan kamyonun çeşitli hızlarda maruz bulunduğu hava direncinin hesap edilen değerleri şöyledir :

Hız km/saat	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Hava direnci	0.01	0.03	0.30	0.71	1.38	2.38	3.78	5.64	8.04	11.0	14.67
Beygir gücü											
Hız km/saat						60	65	70	75	80	
Hava direnci						19.05	24.22	30.25	37.21	45.16	
Beygir gücü											

Bu kamyonun çeşitli vites ve motör devirlerinde, yuvarlanma direncini yuvarlak olarak 10 kg/ton kabul etmek suretiyle ve gerek kerestelik tomruk ve gerekse sanayi odunu nakli halleri için hesap edilen hız ve tırmanabilecekleri meyiller Tablo: 2 de gösterilmiştir.

Zaman Etüdları

Mevcut şartlar ve kullanılan metod. Bu denemede nakliyat kamyonunun garajdan başlayarak tekrar aynı yere dönüncüye kadar ki bütün safhaları ile etüd edilmiştir. Garajla üç ayrı yükleme noktası arasında kamyon esas itibarıyla orman yollarında seyretmiştir. Orman yolları genellikle 3-4 m. genişlikte olup kısmen stabilize mazemede ie kaplı, tamamı donmuş ve kısmen karla kaplı bulunmakta idi. Garajla yüklemenin yapıldığı istif yerleri arasındaki mesafe ortalama 5.5 km. olarak kabul edilmiştir ve bu yollar üzerinde kamyonun boş gidiş ve yüklü geliş hızları sırası ile 21.3 ve 26.9 km/saat olarak tesbit edilmiştir.

Tablo 2. Scania LS 7646 kamyon için azami hız - meyil tırmanabilme münasebeti

(I . Sanayi odunu naklinde

GVW = 43,9 ton)

(II. Kerestelik tomruk naklinde

GVM = 37,2 ton)

Vitesler	1400 Motör devrinde			1800 Motör devrinde			2200 Motör devrinde		
	Azami hız km/saat	Meyil % I	Meyil % II	Azami hız km/saat	Meyil % I	Meyil % II	Azami hız km/saat	Meyil % I	Meyil % II
1. vites	6,7	11,2	12,1	8,6	10,8	12,9	10,5	9,3	11,2
yardımcı vites ile	4,8	16,1	19,1	6,1	15,6	18,6	7,4	13,6	16,3
2. vites	11,8	5,9	7,2	15,2	5,7	6,8	18,6	4,8	5,7
yardımcı vites ile	8,4	8,7	10,5	10,8	8,4	10,0	13,2	7,2	8,7
3. vites	20,7	2,9	3,6	26,6	2,8	3,3	32,5	2,3	2,9
yardımcı vites ile	14,8	4,5	5,5	19,0	4,3	5,3	23,3	3,6	4,4
4. vites	34,9	1,3	1,7	44,9	1,1	1,5	54,7	0,8	1,1
yardımcı vites ile	24,9	2,2	2,9	32,0	2,1	2,7	39,1	1,7	2,2
5. vites	51,3	0,5	0,7	66,0	0,3	0,5	80,7	0,0	0,2
yardımcı vites ile	36,7	1,2	1,6	47,1	1,0	1,4	57,6	0,7	1,0

Kamyonun müteakip yüklü gidiş ve boş dönüşünün esas kısmı çift şeritli, meyil münasebetleri iyi, bakımlı, bitüm kaplamalı devlet yolu üzerinde cereyan etmiş olup aynı güzergâh üzerinde kerestelik tomruk ve sanayi odunları biri kereste fabrikası diğeri kâğıt fabrikasına olmak üzere sırasıyla 64.3 ve 76.8 km. lik mesafeye taşınmıştır. Yol, teknik vasıflarına göre bu etüd maksatları için 13 seksiyona ayrılmış, ve bu arada meskûn yerlerden geçen kısımlar, buralarda kamyon hızının önemli miktarda azaltılması gerektiği için, ayrı birer seksiyon olarak kabul edilmiştir (Tablo : 3). Bu seksiyonlar içinde sadece 6 ve 8 numaralı olanlarda

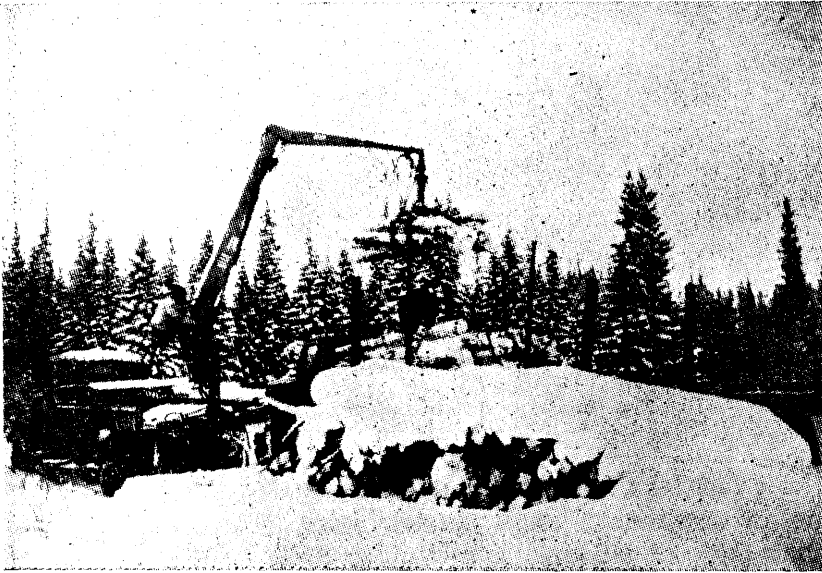
Tablo 3. Devlet şosesi üzerindeki nakliyatta ayrılan çeşitli seksiyonlar üzerindeki kamyon hızları ve seyir süreleri

Seksiyon No.	Mesafe km.	Ortalama kamyon seyir süresi (dakika)		Ortalama hız km/saat		Düşünmeler
		Yüklü	Boş	Yüklü	Boş	
1	19,4	22,35	17,26	52,1	67,4	
2	15,7	15,14	13,57	61,2	69,2	
3	13,40	13,89	11,35	57,9	70,8	
4	1,4	2,20	1,77	38,2	47,5	Meskûn yer
5	2,7	3,04	2,23	53,3	72,6	
6	1,5	6,61	1,66	13,6	54,2	% 7 aksi meyil
7	3,4	5,43	3,33	37,6	52,8	
8	0,6	2,56	0,64	14,1	56,3	% 7 aksi meyil
9	1,9	3,62	2,66	31,5	42,9	Kereste fabrikası girişi
10	4,3	7,67	4,78	33,6	54,0	Meskûn yer
11	4,6	5,57	4,49	49,6	61,5	
12	5,2	8,30	5,76	37,6	54,2	
13	2,7	5,29	2,77	30,6	58,5	Kâğıt fabrikası girişi
Toplam	76,8	101,67	72,80	Or. 45,3	Or. 63,3	

ve sırasıyla 1.5 ve 0.6 km. uzunluklarda devamlı % 7 aksi meyil mevcut bulunmakta idi. Şosenin geri kalan kısımlarında % 5-6 yı geçmiyen düz

ve aksi meyiller kısa mesafeler dahilinde birbirini takip etmekte idi. Diğer taraftan şosenin ilk 6 seksiyonu yeni inşa edildiği için teknik vasıfları itibariyle müteakip seksiyonlardan daha üstün idi. Tablo : 3 ün tetkikinden de kolayca görülebileceği gibi bu nakliyatta en düşük hız yüklü gidişte % 7 aksi meyilli seksiyonda 13.6 km/saat ve en yüksek hız da boş dönüşte 5 numaralı seksiyonda 72.6 km/saat olmuştur. Gene bu denemede toplamı 55.8 km. yi bulan 5 seksiyondaki boş dönüş ve 15. 7 km. lik bir seksiyondaki yüklü gidiş hızları, karayolları mevzuatına göre tesbit edilmiş 60 km/saat lik azami sınırı aşmış bulunmaktadır.

Bu denemelerin yapıldığı sürede yükleme işleri üç ayrı istif yerinde birbirinden farklı zemin ve istif şartlarında cereyan etmiş bulunmaktadır. Yükleme işleri yapıldığı ilk iki istif yerinde tomruklar el ile istif edildiği halde üçüncüde bir makine ile (front loader) bu iş gerçekleştirildiği ayrıca ilk iki yerde istif yüksekliğinin 0.50 - 0.80 m. arasında üçüncüde ise bunun 1.30 - 2.00 m. arasında değiştiği tesbit edilmiştir (Şekil 4).

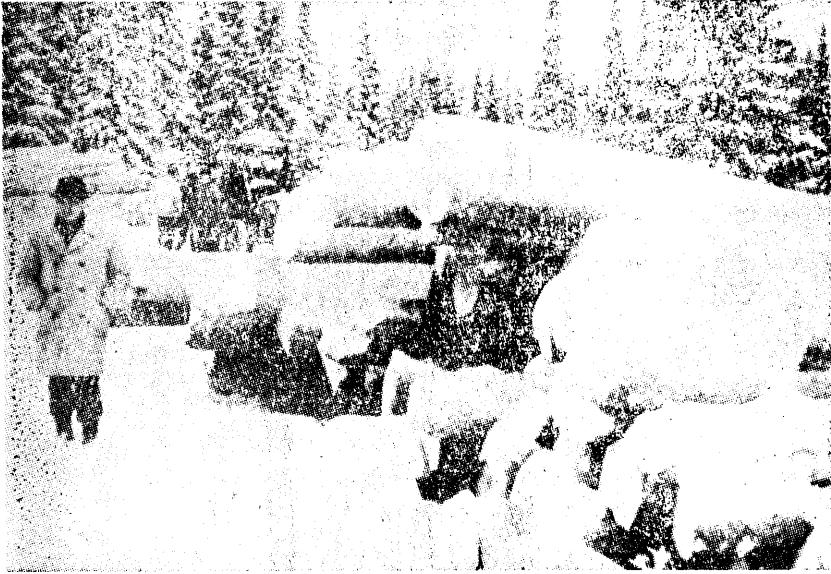


Şekil 4. 3 numaralı istif yerindeki yükleme

Fig. 4. Loading the truck at landing no. 3

İlk iki istif yerinden bir tanesi kamyonun manevra yapabilmesi için çok dar olduğu gibi bu alanı kat eden bir enerji hattı da yüklemelerde zaman zaman kesintilere sebep olmuştur. Diğer iki istif yeri ise yetecek kadar geniş bulunuyordu.

Denemelerin cereyan ettiği sırada gerek istif yerleri ve gerekse orman yolları değişik kalınlıklarda bir kar örtüsü ile örtülü (Şekil 5), buna mukabil şose kardan temizlenmiş olmakla beraber hemen bütün tul boyunca donmuş bulunmakta idi. Nakliyat 500 m. rakım ile hemen hemen deniz seviyesi ve -16°C ile -8°C arasında değişen ısı şartlarında yapılmış kamyon kış nakliyatı için özel olarak imâl edilmiş çivili lâstiklerle techiz edilmiş bulunmakta idi.



Şekil 5. Etüd sırasındaki kar durumu

Fig. 5. Snow conditions during the study

Kereste fabrikası alanı dahilindeki yol şartları oldukça gayri müsait bir manzara arzetye gerek girişteki kurb ve gerekse kabuk soyma cihazı önündeki yol şartları ıslaha muhtaç görülmekte idi. Bu fabrikada boşaltma, kamyonun dış tekerleklerinin takozlar üzerinde yükselmesini sağlamak suretiyle gerçekleştirildiği hale kâğıt fabrikasında bu, yüksekte bulunan raylar üzerinde yürüyen büyük bir vinç ile sağlanıyordu.

Neticeler. Bu deneme için, kamyonun garajda harekete hazırlanması da dahil olmak üzere, bütün saffhaları ile 13 tam sefere ait detaylı zaman etüdü yapılmıştır. Bu iki seferde taşınan toplam hacim 425.8 m^3 olup bunun 211.3 m^3 ü kerestelik tomruk ve 214.5 m^3 de sanayi odunu idi. Her gurup çalışmanın gerektirdiği zaman tablo 4 te verilmiş bulun-

maktadır. Burada, garajda hazırlanma ve aynı seksiyonlara ait seyahat zamanı gibi elemanlara ait ortalama değerlerin hesabında, bunlar üzerine yükün etkisi olmadığı kabul edilerek, gerek kerestelik tomruk ve gerekse sanayi odunu nakliyatına ait değerler hep birlikte gözönüne alınmıştır. Fakat şu hususu hemen belirtmek yerinde olur ki, sanayi odunu naklinde yük daha ağır olduğu için bu yük durumundaki hız kerestelik tomruk naklineki oranla cüzi bir miktar daha az olmuştur. Bu etüdde zaman kayıpları, ekipman, personel, iş, yemek, yolda yükün bağlarının tekrar sıkılaştırılması ve zaman etüdünü yapan kimsenin sebep olduğu kayıp unsurlarını ihtiva etmektedir. Diğer bütün kayıplar ise kaçınılması kabil olan unsurlar olarak kabul edilmiştir. Lüzumlu veya kaçınılması kabil olmayan zaman kayıplarının her çalışma zaman grubu içinde gerçek çalışma zamanına göre hesabedilen yüzde değerleri de ayrıca tablo 5 de gösterilmiş bulunmaktadır.

Kerestelik tomruk ve sanayi odunu nakliyatındaki kamyon toplam seyir süreleri ayrı ayrı ortalama yük ile nakliyat mesafesi çarpımlarına bölünmek suretiyle kilometre başına beher m³ e isabet eden seyir süreleri aşağıdaki şekilde hesabedilmiştir :

Kerestelik tomruklar için seyir süresi :

$$\frac{174.46}{30.15 (64.3 + 5.5)} = 0.088 \text{ dakika / m}^3 / \text{km.}$$

Sanayi odunu için seyir süresi :

$$\frac{218.89}{35.76 (76.8 + 5.5)} = 0.074 \text{ dakika / m}^3 / \text{km.}$$

Şüphesiz burada kerestelik tomruk ve sanayi odunu nakliyatında seyir süreleri arasındaki fark sanayi odunu yükünün daha ağır olmasından ileri gelmiş bulunmaktadır.

Aynı şekilde toplam yükleme ve boşaltma zamanları ayrı ayrı olarak hacimlere bölünmek suretiyle beher m³ kerestelik tomruk ve sanayi odununa isabet eden yükleme ve boşaltma zamanı hesaplanabilir.

Kerestelik tomruk için yükleme - boşaltma zamanı

$$\text{Yükleme zamanı} = \frac{92.71}{30.15} = 3.07 \text{ Dakika/m}^3$$

$$\text{Boşaltma zamanı} = \frac{59.25}{30.15} = 1.97 \text{ Dakika/m}^3$$

$$\text{Toplam yükleme-boşaltma zamanı} = 5.04 \text{ Dakika/m}^3$$

Tablo 4. Scania LS 7646 kamyon ile yapılan denemelerde kerestelik tomruk ve sanayi odun nakliyatında beher kamyon yüküne isabet eden ortalama zaman unsurları

Unsurlar	Kerestelik tomruk	Sanayi odunu
1. Yük		
Ortalama kamyon yükü	30,15	35,76 m ³
Bir kamyon yükündeki ortalama tomruk sayısı	154	866 adet
Ortalama tomruk hacmi	0,197	0,050 m ³
Garaj ile istif yeri arasındaki ortalama mesafe	5,5	5,5 km.
Garaj ile fabrika arasındaki ortalama taşıma mesafesi	64,8	76,8 km.
2. Garajdaki hazırlanma zamanı		
Hakiki hazırlanma zamanı	8,74	8,74 dak.
Zaman kaybı	1,04	1,04 dak.
Toplam garaj hazırlama zamanı	<u>9,78</u>	<u>9,78</u> dak.
3. Garajla istif yeri arasındaki seyir süresi		
Garajla istif yeri arasındaki hakiki seyir süresi	10,50	10,50 dak.
Zaman kaybı	1,77	1,77 dak.
İstif yeri ile garaj arasındaki hakiki seyir süresi	14,60	14,60 dak.
Zaman kaybı	0,86	0,86 dak.
Garajla istif yeri arasındaki toplam seyir süresi	<u>27,73</u>	<u>27,73</u> dak.
3. Garajla istif yeri arasındaki seyir süresi		
İstif yerindeki seyir ve hazırlanma	20,33	20,33 dak.
Hakiki yükleme zamanı	57,12	71,60 dak.
Yer değiştirme zamanı	8,47	18,88 dak.
Zaman kaybı	6,79	9,68 dak.
Toplam yükleme zamanı	<u>92,71</u>	<u>120,49</u> dak.

Tablo 4 (Devamı)

5. Seyir süresi (Garaj ile fabrika arasında)

Garajla fabrika arasındaki hakiki yüklü seyir zamanı	74,84	101,67 dak.
Yüklü gidişte zaman kaybı	7,77	7,77 dak.
Fabrikayla garaj arasındaki hakiki boş seyir zamanı	55,00	72,80 dak.
Boş dönüşte zaman kaybı	—	—
Ortalama yakıt ikmâl zamanı	9,02	9,02 dak.
Toplam seyir süresi	<u>146,63</u>	<u>191,26</u> dak.

6. Boşaltma zamanı

Fabrika sahasındaki seyir zamanı	12,33	12,52 dak.
Hakiki boşaltma zamanı	29,24	44,64 dak.
Boşaltmada zaman kaybı	17,68	23,32 dak.
Toplam boşaltma zamanı	<u>59,25</u>	<u>80,48</u> dak.
Ortalama tam bir gidiş - dönüş zamanı	<u>336,10</u>	<u>429,74</u> dak.

Tablo 5. Nakliyat denemesinde her zaman unsuru içinde hakiki çalışma zamanlarının yüzdesi olarak kaçınılması kabil olmayan zaman kayıpları

Ursullar	Kerestelik tomruk	Sanayi odunu
1. Garajdaki hazırlama zamanı	% 11,9	% 11,9
2. Garajla istif yeri arasındaki seyir süresi	% 10,5	% 10,5
3. Yükleme zamanı	% 7,9	% 8,7
4. Seyir süresi	% 12,9	% 9,3
5. Boşaltma zamanı	% 42,5	% 40,8

Sanayi odunu için yükleme - boşaltma zamanı

$$\text{Yükleme zamanı} = \frac{120,49}{35,76} = 3,37 \text{ Dakika/m}^3$$

$$\text{Boşaltma zamanı} = \frac{80,48}{35,76} = 2,25 \text{ Dakika/m}^3$$

$$\text{Toplam yükleme-boşaltma zamanı} = 5,62 \text{ Dakika/m}^3$$

Bu neticelerden görüldüğü gibi sanayi odunları için toplam yükleme-boşaltma zamanı kerestelik tomruklarınkinden % 11 oranında daha fazladır.

Son olarak kamyon yüklerinin Norveç karayolları nizamaları ile tesbit ve tahdit edilmiş miktarlarda bulunduğunu kabul edersek toplam nakledilecek yükün miktarı sadece,

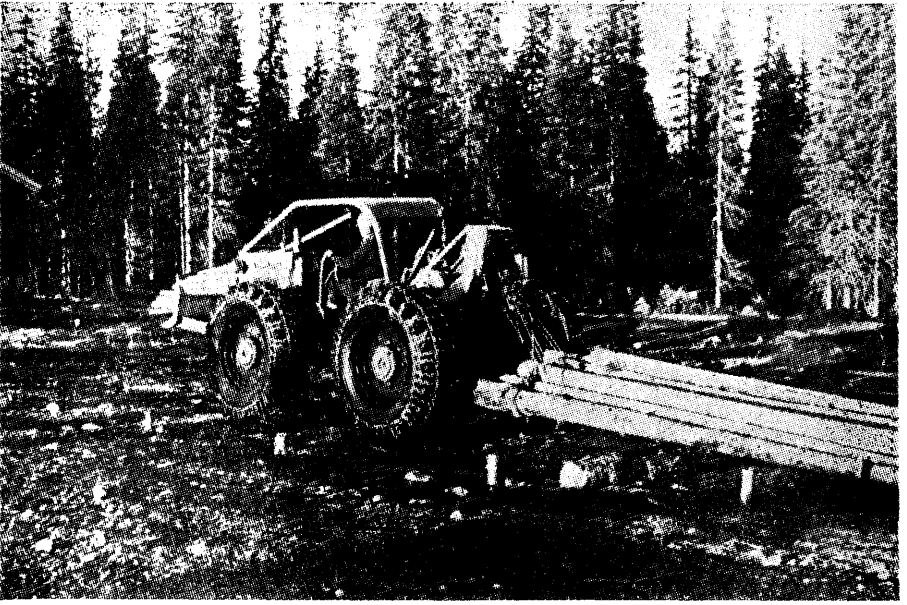
$33,000 - (7,980 - 4,400) = 20620$ kg olacaktır, ve bu da $30,15 \text{ m}^3$ tomruk veya $35,76 \text{ m}^3$ sanayi odunu yerine sırası ile $25,1 \text{ m}^3$ ve $23,4 \text{ m}^3$ e tekbül etmektedir. Dolayısıyla böyle bir durumda kerestelik tomruk için kamyonun toplam seyir süresi $0,100$ dakika/ m^3/km , sanayi odunu için de $0,114$ dakika/ m^3/km . olacaktır. Şu halde karayolları nizamlarına uygun bir yükleme halinde seyir süresinde kerestelik tomruklarda % 20, sanayi odununda ise % 54,1 oranlarında bir artış olacaktır.

Mukayese. Buraya kadar izah edilen metodlar elde edilen neticele-ri mukayese maksadı ile 1966 yaz periyodunda doğu Norveç'te ağaç uzunluğundaki tomruklarla Isachsen yükleme¹⁾ ile bir seri etüdlere yaptık. Burada hemen ifade etmek zorundayız ki bu denemeleri yukardakilerle aynı zamanda, aynı yerde ve aynı şartlar altında yapabilmek imkânlarına sahip değildik. Diğer taraftan burada yol şartları tamamen değişik olduğu için sadece yükleme - boşaltma ameliyesi etüd edilmiş nakliyat safhası üzerinde durulmamıştır.

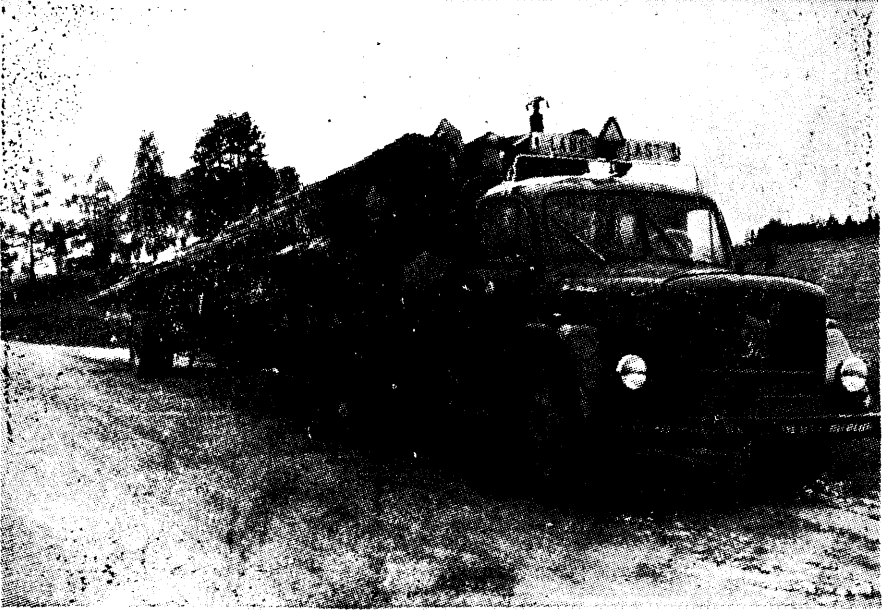
Bu nakliyat çalışmasında tomruklar Timberjack²⁾ ile ve ince uçlarından çekilip sürütülmek suretiyle (Şekil 6) kesim bölmelerinden kamyonla yüklemenin yapıldığı istif yerlerine ağaç boyundaki tomruklar halinde nakledilmişlerdir. Bu uzun tomruklar tek akslı bir treyler ve Isachsen yükleme cihazı ile teçhiz edilmiş 16,2 tonluk Magirus kamyon ile kereste fabrikasına sevk edilmiştir (Şekil 7). Bu nakliyatta Timberjack

1) Kamyona monte edilmiş ve kamyon motöründen yararlanarak çalışan iki makaralı basit bir vinç sistemi.

2) Sürütme nakliyatında kullanılan 4 tekerleği müteharrik lâstik tekerlekli bir traktör.



Şekil 6. Timberjack sürütme traktörü
Fig. 6. Timberjack skidding tractor



Şekil 7. Denemede kullanılan Isachsen yükleme cihazı ile teçhiz edilmiş kamyon
Fig. 7. The truck equipped with Isachsen loading device used for this study



Şekil 8. Timberjack ile sürütülerek istif yerine getirilen tomruklar
Fig. 8. Log piles skidded by Timberjack at the landing



Şekil 9. Kamyona yüklenmiş uzun tomrukların uçlarının motörlü zincir des-
tere ile kesilmesi
Fig. 9. Cutting the ends of long logs on truck by a chain saw

sürüterek getirdiği tomrukları istif yerinde ayrıca tanzim etmemiş ve dolayısıyla tomruklar yol eksenine paralel olmadığı gibi bazı tomrukların kalın uçları 3-4 m. istiften dışarı taşmış veya istifin içinde bulunuyordu (Şekil 8). Binnetice bu gibi hallerde her defasında 2-3 tomruk yerine sadece bir tomruk yüklenebilmiştir. Yükleme bittikten sonra şoför tomrukları, boyların 24-25 m yi aşmıyacak şekilde motörlü zincir destere ile kesmek zorunda kalmıştır (Şekil 9).

Bu nakliyat ameliyesi devamlı bir şekilde yürütülmüş olup kesim, sürütme, yükleme ve taşıma birbirine takip etmiştir. Bunun neticesi olarak ta her an istif yerine bir kamyon yükü teşkil edecek miktarda tomruk mevcut bulunmuyordu. Dolayısıyla bazen kamyon Timberjack'ın tomruk getirmesini beklemiş bazen de yükleme işi bu sebeple inkitaa uğramıştır.

Genel olarak bu kamyonu yükleme ameliyesi birisi kamyon şoförü olmak üzere iki işçi tarafından yürütülmekteydi ise de bazen kamyon şoförü yalnız çalışmak zorunda kalmış ve bu durumda da her defasında 6-7 defa yerini değiştirmesi gerekmiştir. Bir kamyon yükünün 30 defada tamamlanabildiği kabul edilerek böyle bir durumda şoförün takriben 2.5 km. yol yürütmesi gerektiği hesabedilmiştir.

Kereste fabrikasındaki boşaltma işi bir Front loader ile yapılmış ve tomrukların bir taraftan itilip düşürülmesi suretiyle bir defada ve nisbeten kısa bir zaman zarfında gerçekleştirilmiştir.

Kamyon her defasında, Norveç Ormancılık Araştırma Enstitüsü tarafından monte edilmiş bir baskülde tartılmış ve taşınan yük miktarının 12.6 ilâ 14.3 ton arasında değiştiği tesbit edilmiştir. Bu denemede ortalama taşınan yük miktarı 13.7 ton ve sistemin toplam ağırlığı (kamyon + treyler + taşınan yük) 19.4 ton olmuştur. Dolayısıyla bu rakamlardan ilki % 29 ikincisi ile % 20 oranlarında karayolları nizamları ile tesbit edilmiş olan değerleri aşmıştır. En ekstrem durumda ise taşınan yükün % 39 sistemin toplam ağırlığının ise % 26 oranlarında bu limiti aşmış bulunduğu tesbit edilmiştir.

İki kişilik ekiple ortalama yükleme zamanı 73.34 dakika ortalama boşaltma zamanı ise 12.65 dakika olmuştur. Bu ortalama boşaltma zamanı sadece gerçek çalışma zamanını kapsamakta burada kayıp zamanlar nazarı itibare alınmamış bulunmaktadır. Diğer taraftan iki kamyon yükünün hacminden faydalanarak yaptığımız hesaplara dayanarak bu tomruklar için özgül ağırlığı 700 kg/m^3 olarak tesbit ettik. Çalışma yazın yapıldığı ve havanın sıcak ve kuru olduğu gözönüne alınırsa bu değerleri

makul kabul etmek gerekir. Bu duruma göre ortalama kamyon yükü 19.5 m^3 civarında olmuştur. Şu halde birim hacme isabet eden yükleme ve boşaltma zamanları sırası ile 3.76 dakika/m^3 ve 0.65 dakika/m^3 tür.

Bu iki şekildeki yükleme boşaltma zamanları karşılaştırıldığı takdirde birinci şekildeki yükleme zamanını ikinci şekle oranla daha kısa olduğu kolayca görülecektir. Ancak şüphesiz Isachsen yükleme cihazı ile çalışma ve ağaç uzunluğunda tomruk yükleme halinde istif yerinde bir istifleme zarureti mevcut bulunmamaktadır. Diğer taraftan ağaç uzunluğunda tomruk nakli halinde yükün kamyonun boşaltılması için geçen zaman diğerinden önemli miktarda kısadır.

A STUDY ON LONG DISTANCE TRUCK TRANSPORT IN NORWAY

Dr. Selçuk BAYOĞLU

With the construction of better public and forest roads and also heavier and more capable trucks, in many countries truck transport has started to play an important role in the logging industry. Actually the roads with better physical properties have decreased the payload which can be taken in one trip. As a result of these improvements in technique the truck transport in forestry in longer distances has been economical. On the other hand continuous rises of labour cost has increased the use of trucks in forest transportation instead of different combinations of means of transport. But there is no doubt that the cost of hauling logs with trucks varies within wide range of limits depending upon road conditions, type of truck and terminal operations, i.e. the landing conditions and the type of equipment used for loading and unloading. Cost of repairs is another factor effecting the total transport expenses. Therefore each specific operation should be studied separately in order to get precious loading, unloading and trucking cost figures.

With this study we intended to find out these time elements in truck hauling and for this purpose we have selected a long distance sawlog and pulpwood truck transport operation in December 1965 in the northern Norway. Time studies have been carried out from loading to unloading including driving which was made within a distance of 65 to 83 kilometers of which 1.0 to 6.1 km. was on dirt or gravel surfaced forest roads and the rest was on black top two-lane public highway in winter conditions. The combination used in this operation was a Scania LS7646 truck (three-axle) with a two-axle trialer and a Hiab crane (Skogs Elefant 176) mounted on an old Mercedes truck (Figs. 1 and 2). The crew consisted of two persons, namely the truck driver and the crane operator. The former helped the latter when the loading was taking place at the landing.

Because of its close relationship with the trucking first of all we touched upon here the truck performance problems briefly and then explained the results of the time studies on transportation.

General Principles of Truck Performance

Performance means the ability of a truck to meet the operating requirements under which this load must be carried, in other words, to move the load the required distance over certain roads and grades within the specified time limits.

The performance of vehicle is effected by a group of power consuming factors, namely rolling resistance, grade resistance and air resistance which should be considered first before entering the performance formulae.

Rolling Resistance, includes all resistance impeding free rolling of wheels and covers a group of factors such as internal friction between the axle and wheels, tire flexing, and deformation of road surface. Besides, internal air pressure and tire design are also effecting factors in rolling resistance. In practice it is expressed in kgs. per ton of gross vehicle weight (or in percent) and indicates the power to pull per ton on the wheels of truck. Therefore total rolling resistance is,

$$W_r = Q \cdot w \quad (1)$$

where, W_r = Rolling resistance in kg., Q = Gross vehicle weight in kg. and w = rolling resistance coefficient in percent.

When the speed of a vehicle is V (km. per hour) the rolling resistance in horsepower would be,

$$N_r = \frac{1}{27000} \cdot W_r \cdot V$$

or,

$$N_r = \frac{1}{27000} \cdot Q \cdot w \cdot V \quad (2)$$

Rolling resistance coefficients used in practice for different type of road surfaces are given below (Hutte)

Dirt roads	Rolling Resistance	
	kg. per ton	percent
loose sand	150	15
poor earth	100	10
dry and compacted	50	5

Gravel roads

loose (not compacted)	100	10
humid (not well graded)	50	5
smooth	33	3.3

Macadam

poor	40	4
good	20	2

Asphalt

10	1
----	---

Concrete

12.5	1.25
------	------

Grade Resistance. The influence of gradient on a moving vehicle is proportional with the Sine of the angle of slope. In other words the grade resistance is,

$$W_g = Q \cdot \sin \alpha \quad (3)$$

where α is the angle of slope. Since the Sine of a small angle does not differ very much from the tangent of it and it is very easy to compute the latter, in practice grade resistance computed with the following formula,

$$W_g = Q \cdot \text{Tg } \alpha = Q \cdot p \quad (4)$$

where p is percent of slope gradient. Therefore its equivalent in horsepower at a given speed would be,

$$N_g = \frac{1}{27000} \cdot W_g \cdot V = \frac{1}{27000} \cdot Q \cdot p \cdot V \quad (5)$$

Air Resistance, indicates the resistance of air to a moving vehicle and increases proportionally with the speed. Depending upon the blowing direction, wind also has an influence on the speed. For the air resistance the following formula is recommended (Taschenbuch für Maschinenbau) :

$$W_a = 0,0047 \cdot c_w \cdot F (V \pm V_0)^2 \quad (6)$$

where V = vehicle speed in km. per hour; F = Frontal area in sq. me. = 0,9. Track width. Height of truck; and c_w = a coefficient, for trucks 0,8, busses 0,6, cars 0,3 to 0,5. At a given speed air resistance in horsepower is,

$$N_a = \frac{1}{27000} \cdot W_a \cdot V$$

or,

$$N_a = \frac{0,0047 \cdot c_w \cdot F (V \pm V_0)^2 \cdot V}{27000} \quad (7)$$

Besides the above mentioned factors the altitude also influences the performance of a truck since the air pressure decreases with the increase of elevation. Practically the effect of elevation starts from 300 me. and the horsepower produced by the engine decreases 1 percent at every 100 me. Therefore the correction factor c could be computed using the following formula :

$$c = 1 - \frac{h - 300}{10\ 000} \quad (8)$$

where h = altitude in meter.

Performance Formulae :

The performance formulae that are being used have been discussed briefly in the following way :

Horsepower - Torque Relations. Using the prony brake equation the horsepower of an engine could be computed by means of the following formula :

$$N_m = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot P_v}{4500}$$

where r = radius of the flywheel, n = engine rpm, P_v = force at the rim of the flywheel. Since $P_v \cdot r$ is the torque of the engine,

$$N_m = \frac{T \cdot n}{716,2} \quad (9)$$

where T = torque in kgm.

Therefore if the torque at an engine rpm is known the horsepower could easily be computed, or vice versa.

Speed Formula. The maximum speed that a vehicle could achieve in each transmission gear could be determined with the following formula when the maximum engine rpm, transmission and rear axle ratios and the rolling radius of the tire used is known,

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot 60}{1000 \cdot R_0} \quad \text{or} \quad V = 0,377 \cdot \frac{r \cdot n}{R_0} \quad (10)$$

where r = rolling radius (m); n = engine rpm; R_0 = overall gear reduction; V = speed (km per hour).

Gradeability formulae. The gradeability of a truck which could be defined as the maximum loads and grades could be negotiated may be computed in different ways. One of these methods depends upon the

engine torque formula and stems from the point that the tractive effort is once equal to torque to rolling radius ratio and once to total rolling resistance plus grade resistance (Fitch) i.e.,

$$T = \frac{(w + p) \cdot G \cdot r}{100 \cdot e \cdot R_0} \quad (11)$$

and from this formulae the gradeability at a given engine torque may be derived as follows,

$$p_{\max} = \frac{100 \cdot e \cdot R_0 \cdot t}{G \cdot r} - w \quad (12)$$

where e = efficiency of gears; R_0 = overall gear reduction; T = engine torque in kgm at an engine rpm; G = gross vehicle weight in kg.; r = rolling radius of the tire used in m.; w = rolling resistance coefficient.

But as it could be easily seen, the air resistance is not taken into consideration in the above formula. In the other method, it is recommended to compute the power available to negotiate with the grade by deducting the power used for rolling resistance, air resistance and power losses through the gears from the net horsepower, taking also the effect of altitude into account if necessary (Heldt). Therefore the power available to negotiate with the grade is,

$$N_g = N_m - (N_r + N_a + N_d)$$

and solving formula (5) for grade we can find the gradeability as follows :

$$p_{\max} = \frac{N_g \cdot 27000}{G \cdot V} \quad (13)$$

Although at higher speeds these two gradeability formulae give different values because of the effect of wind resistance at lower speeds the differences are negligible. In computations later in this text the second method has been applied.

The Truck Studied

Specifications. The specifications of Scania LS 7646, sixwheel truck equipped DS 11 RO1 motor and the four-wheel Maur trailer combination which has been used in this study are given below (Fig. 3) :

Truck

Engine	DS 11 RO1, 6 cylinder	Transmission gear ratios	
	225 HP DIN at 2200 rpm	1. gear	7,70 : 1
Torque	90 kgm at 1400 rpm	2.	4,35 : 1
Cylinder		3.	2,48 : 1
volume	11,0 liter	4.	1,47 : 1
Bore	127 mm	5.	1,00 : 1
Stroke	145 mm	Reverse	7,14 : 1
		Auxiliary	1,40 : 1
		Rear axle	5,13 : 1
Chasis dimensions		Weight	
Wheel base	4600 mm	Front axle	3345 kg
Boggie axle distance	1250 mm	Boggie axle	3035 kg
Chasis length	8600 mm	Total empty weight	6380 kg
Track	1900 mm	GVW	21000 kg
Height of unloaded chasis (10, 00x20 tire)	2540 mm		

The empty weight of the trailer including log bunks and side poles is 4400 kg.

The gear and speed relations of the truck is given in Table 1.

Weight and Weight Distribution. In order to apply to the performance formulae and to study the economy and safety of transport both the gross vehicle weight and weight distribution under different hauling conditions i.e. in sawlog and pulpwood transport had to be determined. Since there was no possibility to weigh the truck all of these have been computed theoretically. As a first step the empty weight distribution has been computed and conferring with the SSFF Transport Utvalget¹ it has been assumed for this purpose that two log bunks form a couple and weigh 450 kg. including the side poles, the drum of Isachsen winch which has been mounted on the truck earlier but not in use, weighs 250 kg. its center of gravity laying 2,00 m behind the front axle, the steel plate mounted on the chasis weighs 250 kg. and uniformly distributed, and finally the boggie weighs 800 kg. Taking into consideration that the boggie is not in use in empty return trips and also on steep, slippery stretches to get enough traction (adhesion) in loaded trips, the empty weight distribution for both cases have been computed and the shares of this additional weight for each are given below :

¹) Skogbrukets og skogindustrienes Forskningsforening.
Forestry and Forest Industries' Research Association - Transport committee.

Table 1. Speed - Gear Relations for Scania LS 7646

Motor rpm (max)	Gear ratios without auxiliary					Auxiliary gear ratio	Gear ratios with auxiliary				
	1. gear	2. gear	3. gear	4. gear	5. gear		1. gear	2. gear	3. gear	4. gear	5. gear
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2200	7,70	4,35	2,48	1,47	1,00	1,40	10,78	6,09	3,47	2,06	1,40

Rear axle ratio	Wheel rpm at different gears without aux.					Wheel rpm at different gears with aux.				
	1. gear	2. gear	3. gear	4. gear	5. gear	1. gear	2. gear	3. gear	4. gear	5. gear
13	14	15	15	17	18	19	20	21	22	23
5,13	56	99	173	291	429	40	70	124	208	306

Tire size	Rolling radius cm.		Rolling circumference m.	
	Empty	Loaded	Empty	Loaded
24	25	26	27	28
10.00×20	52.5	49.9	3.299	3.135

Table 1 (Continued)

TRUCK SPEEDS AT DIFFERENT GEARS WHEN AUX. NOT IN USE (in meter per minute)									
1. gear		2. gear		3. gear		4. gear		5. gear	
Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
184,7	175,6	326,6	310,4	570,7	542,4	960,0	912,3	1415,3	1344,9
(in kilometer per hour)									
11,1	10,5	19,6	18,6	34,2	32,5	57,6	54,7	84,9	80,7

TRUCK SPEEDS AT DIFFERENT GEARS WHEN AUXILIARY IN USE (in meter per minute)									
1. gear		2. gear		3. gear		4. gear		5. gear	
Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded	Empty	Loaded
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
132,0	125,4	290,3	219,5	409,1	388,7	686,2	652,1	1009,5	959,3
(in kilometer per hour)									
7,9	7,5	17,4	13,2	24,5	23,3	41,2	39,1	60,6	57,6

Empty Weight Distribution (Total weight 7980 kg.)

	With Boggie		Without Boggie	
	Front axle	Rear axle	Front axle	Rear axle
New chasis	3345	3035	3135	3245
Additional weight	193	1047	—33	1633
Total	3538	4442	3102	4878

In computing the payload weight and its distribution, sawlog and pulpwood loads are considered separately as the average weight of loads in each case have been found significantly different.

The great majority of the sawlogs were 10 half-meter in length as it is usually expressed in Norway and they were cut a few days before the transportation took place. Therefore it has been assumed that the average log length is 5 m. and the specific gravity for this green timber is 0,82 depending upon a recent research on the Norway spruce (Tamminen). Accordingly the average truck and trailer loads of 15,371 cu.me. and 14,813 cu.me. which correspond to 12,60 and 12,15 tons of payload respectively. To find out the volumes the small end diameters of logs have been measured and special volume tables for the area have been used where these studies have taken place. Assuming that the logs on the truck are extended 50 cm from the first bunk behind the cab, the distance of the centre of gravity from the front axle has been computed 4,55 m.

In case of 3-meter pulpwood hauling there were two piles on the truck and on trailer. To convert the loose volume into solid volume we have used 0,67 as coefficient (Klem and Halversen) and 0,88 for the specific gravity of pulpwood is used which were taken from the upper parts of trees, with reference to the above mentioned research work. The average heights of the front and back piles of pulpwood on truck were 2,30 and 1,80 meters, computed solid volumes were 9,759 and 7,707 cu. me. or 17,46 cu. me. altogether, and the weights were 8,59 and 6,78 tons respectively. Therefore it could easily be found out that under these conditions the place of the center of gravity of the payload is 20 cm. behind the rear axle and 233,9 cm above the ground. On the other hand the average pulpwood load on trailer is 18,29 cu. me. or 16,10 tons.

The results of all of these computations to determine the weight and weight distribution for both sawlogs and pulpwood are given below which shows that the total average weight of the combination is 37,1 tons for sawlog load and 43,9 tons for pulpwood load.

Total weight and weight distribution for truck

	with Boggie						without Boggie					
	SAWLOGS			PULPWOOD			SAWLOGS			PULPWOOD		
	Fr. Ax.	Boggie	Total	Fr. ax.	Boggie	Total	Fr Ax.	R. ax.	Total	Fr. Ax.	R. ax.	TOTAL
Empty weight	3538	4442	7980	3538	4442	7980	3102	4878	7980	3102	4878	7980
Payload	1640	10960	12600	1260	14100	15370	140	12460	12600	-670	16040	15370
TOTAL	5178	15402	20580	4798	18542	23350	3242	17338	20580	2432	20918	23350

Total weight on trailer

	SAWLOGS	PULPWOOD
Empty weight	4.40	4.40
Payload	12.15	16.10
TOTAL	16.55	20.50

According to the Highway Regulations in Norway the maximum single axle load on first class highways is 8 tons and for the boggie is 11 tons which has been extended to 12 tons in this example with a special permit. On the other hand the capacity of tires which are in use is 2080 kg which means that the load limit for single axle is 8320 kg. and for the boggie 16640 kg. Comparing these two limits with the actual loads on boggie and on the rear axle when boggie is not in use, it could be said that in all cases the load on rear axle are over the law limit, in pulpwood hauling with boggie and in pulpwood or sawlog hauling without boggie the axle loads are also over the tire capacities. In the most extreme case which is with average pulpwood load gross combination weight is 43,9 tons and without boggie the load on the rear axle was 20,9 tons which was nearly two times of what is allowed by law and 26 percent more than the tire capacity. Since this was the most critical way of loading we have used it in the further computations in this text.

Obviously in the previous discussion, weight distribution has been computed when the truck is on a level ground and not moving. But if the tractor is towing a trailer on an adverse grade at an angle α the weight distribution would be slightly different than this. If the vehicle is moving with a uniform velocity the wheels are in equilibrium and the resultant, of W_1 and R_1 must pass through the axle (Fig. 3). When the centre of gravity of payload is behind the rear axle, applying the equations of equilibrium, payload on front and on rear axles may be found as follows (Bekker) :

$$W_1 = \frac{r(R_1 + R_2) - W(x \cos \alpha + h_1 \sin \alpha) - F_h \cdot h_2}{l} \quad (14)$$

$$W_2 = \frac{W(l + x) \cos \alpha + h_1 \sin \alpha + F_h \cdot h_2 - r(R_1 + R_2)}{l} \quad (15)$$

Since the maximum adverse grade in this example was 7 percent ($\alpha = 4.00$) it has been found out that the distance of the centre of gravity from the rear axle is $x = 0.20$ m, its height $h_1 = 1.85$ m, and it is known that rolling radius $r = 0.50$ m, wheel base $l = 4.60$ m, the difference in height between the rear axle and the fastening point of the trailer to the truck $h_2 = 0.34$ m; using simply $w = 10$ kg per ton for the rolling resistance, the payloads on the front and the rear axles (without boggie) would be,

$$W_1 = - 0,96 \quad \text{ton.}$$

$$W_2 = 16,33 \quad \text{ton.}$$

which means that on 7 percent grade payload on the rear axle would be 290 kg. more than it is on a level road section, in other words the steeper the gradient the heavier the payload on the rear axle under the same loading conditions. On the other hand when $W_1 = - 3102$ kg. the front end of the truck would rise up. Therefore solving one of the above given formulae for angle α it could be computed that under these conditions this critical point is reached when α is about 25° or the gradient is 47 percent. Obviously on grades the centre of payload acts the same way as if it moves towards the rear axle. In such a case the steering would be unstable and the front tires would skid which has been observed clearly in our studies. According to a rule of thumb method the distance of the centre of gravity of payload from the rear axle should be about 1/10 of the wheel base (Fitch).

Theoretical Performance of LS 7646. The gear and speed relations of this truck are given in Table 1 which shows the maximum speeds at different gears when there is enough horsepower to do a certain work. Gradeability of this truck has also been computed using formula 13 since as previously mentioned in formula 12 the effect of air resistance is not taken into account. The effect of air resistance has an importance only in higher gears and we have found out that the difference in results of these two formulae is only 0,3 percent in the fifth gear. The air resistance at different speeds that this particular truck encounters has been computed as follows :

Speed (km/h)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Air Res. (HP)	2,01	0.01	0.08	0.30	0.71	1.28	2.38	3.72	5.64	8.04	11.0
Speed (km/h)	55	60	65	70	75	80					
Air Res. (HP)	14.67	19.05	24.22	30.25	37.21	45	16				

The computed speeds and gradeability of this truck at different gears and engine rpm where rolling resistance is assumed to be 10 kg per ton, both for sawlog and pulpwood hauling are given in Table 2.

Table 2. Maximum speed - gradeability relation in each gear for
Scania LS 7646

(I . in pulpwood hauling, GVW = 43,9 tons)

(II. in sawlog hauling, GVW = 37,2 tons)

Gears	at 1400 rpm			at 1800 rpm			at 2200 rpm		
	Max speed kph	grad. % I	grad. % II	Max Speed kph	grad. % I	grad. % II	Max Speed kph	grad. % I	grad. % II
1 st	6,7	11,2	12,1	8,6	10,8	12,9	10,5	9,3	11,2
with aux.	4,8	16,1	19,1	6,1	15,6	18,6	7,4	13,6	16,3
2 nd	11,8	5,9	7,2	15,2	5,7	6,8	18,6	4,8	5,7
with aux.	8,4	8,7	10,5	10,8	8,4	10,0	13,2	7,2	8,7
3 rd	20,7	2,9	3,6	26,6	2,8	3,3	32,5	2,3	2,9
with aux.	14,8	4,5	5,5	19,0	4,3	5,3	23,3	3,6	4,4
4 th	34,9	1,3	1,7	44,9	1,1	1,5	54,7	0,8	1,1
with aux.	24,9	2,2	2,9	32,0	2,1	2,7	39,1	1,7	2,2
5 th	51,3	0,5	0,7	66,0	0,3	0,5	80,7	0,0	0,2
with aux.	36,7	1,2	1,6	47,1	1,0	1,4	57,6	0,7	1,0

Time Studies

Conditions and Method. The transport operation has been studied completely starting from garage to driving back to the same place again. The first part of the driving has been made mainly on forest roads between the garage and three different landings. The forest roads were usually 3 to 4 m in width, some parts had gravel surfacing but all were frozen and partly covered by snow. The average distance between the garage and landings is assumed to be 5,5 km, loaded and empty speeds on these roads have been 21,3 and 26,9 kms per hour respectively.

The main part of loaded and empty driving has taken place on a well graded and maintained black top two-lane public highway on the same route within distances of 64,3 and 76,8 km for sawlogs and pulpwood. These long distances have been distributed into 13 sections depending upon the physical conditions of it. Also the stretches in the inhabited areas have been considered separately since the speed has been slowed down considerably in these sections (Table 3). Only the 6 th and the 8 th

Table 3. Truck travel times and speeds on different sections of the public highway

Section no	Distance km.	Average truck travel time (min)		Average speed km per h.		Notes
		Loaded	Empty	Loaded	Empty	
1	19,4	22,35	17,26	52,1	67,4	
2	15,7	15,14	13,57	61,2	69,2	
3	13,5	13,89	11,35	57,9	70,8	
4	1,4	2,20	1,77	38,2	47,5	Community
5	2,7	3,04	2,23	53,3	72,6	
6	1,5	6,61	1,66	13,6	54,2	7% adverse grade
7	3,4	5,43	3,86	37,6	52,8	
8	0,6	2,56	0,64	14,1	56,3	7% adverse grade
9	1,9	3,62	2,66	31,5	42,9	Sawmill entrance
10	4,3	7,67	4,78	33,6	54,0	Community
11	4,6	5,57	4,49	49,6	61,5	
12	5,2	8,30	5,76	37,6	54,2	
13	2,7	5,29	2,77	30,6	58,5	Pulpmill enter.
Total	76,8	101,67	72,80	Av.45,3	Av.63,3	

sections had 7 percent steady adverse grade for distances of 1,5 and 0,6 km respectively. On the rest of the highway adverse and favorable grades, not exceeding 5 to 6 percent, followed each other within short distances. Within the first six sections highway was new and its quality was much better than the rest of it. As it could be seen from Table 3 the lowest speed has been 13,6 km per hour on 7 percent adverse grade with load, the highest speed has been 72,6 km per hour on the 5 th section on the empty return speeds and on one section of 15,7 km the loaded speed have exceeded the limit given by the highway regulations which is 60 km per hour.

During this experimental transport, loading has been made on three different landings with different site and piling conditions. In the first two landings the piles were hand made and in the last one it was made by a front loader, the height of piles ranging from 0,50 to 0,80 meters in the first group and 1,30 to 2,00 meters in the last (Fig 4). One of the first two landings was rather too small for maneuvering and a crossing power line has caused some interruptions but the others were sufficiently wide.

Both the landings and the forest roads had a snow cover in various depth, the highway was cleared but frozen nearly for all the length during the experiments (Fig 5). Transport operation has taken place nearly between 500 meter of elevation and the sea level when the temperature was ranging between -16° to -8° C. The truck was equipped with specially built snow tires with spikes for winter use.

Driving conditions in the sawmill area was relatively unfavorable, both the curve at the entrance and the unloading point in front of the debarking device seemed to be improved. Sawlogs were unloaded by raising the outer tires of the truck and trailer driving on humps, and a huge overhead crane is used for the same purpose in the pulpmill area.

Results. Detailed time studies have been carried out for 13 full trips covering all phases of the operation including the garage preparation. The total volume hauled in these 13 trips was 425,8 cu.me. of which 211,3 cu.me. was sawlogs and 214,5 cu.me. was pulpwood. Average time consumed by each group of work is given in Table 4. In computing averages of some elements like garage preparation time and driving time we have taken into account the data both for pulpwood and sawlog hauling assuming that the type of load does not have any effect on them. But in fact because of the heavier load in pulpwood hauling the loaded truck travel time was slightly higher than the sawlog hauling. The delay times

in this study cover; equipment, personel, working, eating, fastening the load on the road and the time study keeper's loss times. All the rest are considered avoidable delay times and are not shown in the table. The necessary or unavoidable delay times as the percentages of the actual working time of each working time group are also given in Table 5.

Table 4. Average time elements in minutes per load in the Experimental Transport of Sawlogs and Pulpwood by Scania LS 7646

Data	Sawlogs	Pulpwood
1. Load		
Average truck load	30,15	35,76 cu me.
Average number of logs in a load	154	866
Average log volume	0,197	0,050 cu me.
Average distance between garage and landing	5,5	5,5 km.
Average hauling distance between garage and mill	64,8	76,8 km.
2. Garage preparation time		
Actual garage prep. time	8,74	8,74 min.
Delay time	1,04	1,04 min.
Total garage preparation time	<u>9,78</u>	<u>9,78</u> min.
3. Driving time between garage and landing		
Actual driving time between garage and landing	10,50	10,50 min.
Delay time	1,77	1,77 min.
Actual driving time between landing and garage	14,60	14,60 min.
Delay time	0,86	0,86 min.
Total driving time between garage and landing	<u>27,73</u>	<u>27,73</u> min.
4. Loading time.		
Driving to load and preparation in the landing	20,33	20,33 min.
Actual loading time	57,12	71,60 min.
Moving time	8,47	18,88 min.
Delay time in loading	6,79	9,68 min.
Total loading time	<u>92,71</u>	<u>120,49</u> min.

5. Driving time (Between garage and mill)

Actual loaded driving time to mill	74,84	101,67 min.
Delay time in loaded driving	7,77	7,77 min.
Actual empty driving time to garage	55,00	72,80 min.
Delay time in empty driving	—	—
Average fueling time	9,02	9,02 min.
Total driving time	<u>146,63</u>	<u>191,26 min.</u>

6. Unloading time

Driving time in the mill area	12,33	12,52 min.
Actual unloading time	29,24	44,64 min.
Delay time in unloading	17,68	23,32 min.
Total time for unloading	59,25	80,48 min.
Average total time for a full trip	<u>336,10</u>	<u>429,74 min.</u>

Table 5. Unavoidable delay times in percent of actual working time of each group in experimental transport

Data

1. Garage preparation time	11,9 %	11,9 %
2. Driving between garage and landing	10,5 %	10,5 %
3. Loading time	7,9 %	8,7 %
4. Driving time	12,9 %	9,3 %
5. Unloading time	42,5 %	40,8 %

Under-the-way times have been computed both for sawlogs and pulpwood dividing the total driving times by the average volume of the truck load and hauling distance as follows :

$$\text{Under-the-way time for sawlogs} = \frac{174,36}{30, 15 (64,3 + 5,5)} = 0,083 \text{ min. per cu. me. per km.}$$

$$\text{Under-the-way time for pulp wood} = \frac{218,89}{35, 76 (76,8 + 5,5)} = 0,074 \text{ min. per cu.me. per km.}$$

Undoubtedly 11 percent difference between the under-the-way times of pulpwood and sawlog hauling is essentially the result of heavier truck loads for the former.

In the same way unit terminal times in both cases have been computed dividing the loading and unloading times by volumes separately as follows :

Terminal time for sawlogs :

$$\text{Loading time} = \frac{92,71}{30,15} = 3,07 \text{ min. per cu. me.}$$

$$\text{Unloading time} = \frac{59,25}{30,15} = 1,97 \text{ min. per cu. me.}$$

$$\text{Total terminal time} = 5,05 \text{ min. per cu. me.}$$

Terminal time for pulpwood :

$$\text{Loading time} = \frac{120,49}{35,76} = 3,37 \text{ min. per cu. me.}$$

$$\text{Unloading time} = \frac{80,48}{35,76} = 2,25 \text{ min per cu. me.}$$

$$\text{Total terminal time} = 5,62 \text{ min per cu. me}$$

Therefore the total terminal time for pulpwood is 11 percent more than it is for sawlogs.

Finally if we consider that the truck loads were as it is limited by the highway regulations in Norway the total payload would have been only,

$$33\ 000 - (7\ 980 + 4\ 400) = 20\ 620 \text{ kgs.}$$

which corresponds to 25,1 cu.me. of sawlogs or 23,4 cu.me. of pulpwood instead of 30,15 and 35,76 cu.me. respectively. Therefore in such a case under-the-way times would have been 0,100 min. per cu.me. per km. for sawlogs and 0,114 min per cu.me. per km. for pulpwood. This means that if the state law restrictions on gross combination weight of trucks have been applied the driving time per unit of volume per kilometer would have been 20 percent more for the sawlogs and 54,1 percent more for the pulpwood than those given above.

Comparisons. In the summer period of 1966 we have carried out a series of loading and unloading time studies with the tree-length logging

in the Eastern Norway with Isachsen loading device to compare it with the method previously studied. It should be noted here that there was no possibility to make these studies at the same time, at the same place and under the same conditions with the first ones. On the other hand since the road conditions were different we have studied here only loading and unloading operations.

In this logging operation the logs were skidded by Timberjack (Fig. 6). Pulling from the small ends, down to the road side in tree length and then hauled by a 16,2 ton Magirus truck equipped with a single axle trailer and Isachsen loading device (Fig. 7). The Timberjack did not arrange the piles at the road side landing, therefore all the logs were not parallel to the road centre line and in some cases butt ends were 3 to 4 meters in or out of the pile (Fig. 8). Consequently, in such cases instead of 2 to 3 logs only one log could have been loaded in each time. After the loading has been completed the driver had to cut the ends of the long logs so as not to exceed 24 to 25 meters (Fig. 9).

The total operation was being done continuously so that the cutting, skidding, loading and hauling followed each other and there was not enough logs for a truck load at the landing all the time. Therefore sometimes the truck had to wait for a new load of Timberjack or the loading was interrupted by it.

Although this is usually a two-man operation in some cases the driver had to work alone and he had to change his place 6 to 7 times for each bundle. Since one truck load consisted of about 30 bundles we have estimated that he walked about 2,5 kilometers in order to complete the load.

Unloading at the sawmill has been done by a front loader only pushing the load from one side after the truck was ready and it was done in a relatively short time.

The truck has been weighed in each trip at the scale mounted by the Norwegian Forest Research Institute and it has been found out that the payloads were ranging between 12,6 and 14,3 tons. The average payload has been 13,7 tons and the average gross combination weight has been 19,4 tons. Therefore the former was 29 percent and the latter was 20 percent more than the weight limits given by the highway regulations. In the most extreme case payload has been 39 percent and the total weight 26 percent more than the limits.

The average loading time for a two-man crew has been 73,34 minutes and the unloading time 12,65 minutes for the truck load. Which covers only the actual unloading time without any delay time. On the other hand using the volume of logs of two truck loads we have found out that the specific gravity of the timber is about 700 kg. per cu.me. which seems reasonable since the work has been done in summer and the weather was warm and dry. Consequently average truck load has been about 19,5 cu.me. Therefore average loading and unloading time per unit volume has been 3,76 min per. cu.me., and 0,65 min per cu.me. respectively.

When we compare the terminal times it could easily be seen that the loading time per unit volume in this case is longer than the method previously explained. But undoubtedly there is no piling problem at the landing in tree length logs where Isachsen loading device is used. On the other hand the unloading time for tree length logs is significantly shorter than short sawlogs and pulpwood.

FAYDALANILAN ESERLER

1. **Bekker, M. G.** : Theory of Land Locomotion
Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1962
2. **Fitch, J. W.** : Motor Vehicle Engineering Guide
Arrow Lithographing Co. Chicago 1953
3. **Heje, K. K.** : Lomme - Almanakk for Skogbrukere Oslo 1960
4. **Heldt, P. M.** : Automotive Chasis
P. M. Heldt Nyack N. Y. 1952
5. **Klem, G. G. and Halversen, B.** : Målemetoder for bestemmelse av fastmasseprosjenter i
kubblag
Methods of Measuring the Solid Volume
Percentage in Piled Pulpwood in Standard
Lengths
Meddelelser fra Det Norske Skogforsöksvesen Nr. 66 Vol-
lebekk 1963
6. **Pope, C. L.** : Predicting Truck performance for given
Distance
The Timberman Vol. LV No. 1 Nov. 1953
7. **Rose, L. B.** : Appraisal of Long Distance Truck Hauling
Plup an Paper Magazine of Canada Feb. 1961
8. **Saal, C. C.** : An Evaluation of Factos Used to Compute
Truck Performance
Truck Transportation Engineering, CPPA
Montreal 1945
9. **Tamminen** : Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och
Bark II Gran
Moisture Content, Density and Other Properties of Wood
and Bark II Norway Spruce
Stockholm 1964