

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

Å

CİLT
VOLUME
BAND
TOME

28

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

2

1978

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ

**REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL
ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL
REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL**



TABİİ ORMAN ZEMİNLERİNİN TAŞIMA KABİLİYETİNİN ZEMİN MEKANİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ VE BUNUN ORMAN ÜRÜNLERİ TAŞIMACILIĞINDAKİ ÖNEMİ¹

Dr. Orhan ERDAŞ -

Kısa Özet

Bu çalışmada, tabii orman zeminleri üzerinde motorlu vasıtalarla yapılacak taşımacılık zemin mekaniği yönünden ele alınmakta ve özellikle zeminin taşıma kabiliyetinin taşımacılığa olan etkileri üzerinde durulmaktadır.

1. GİRİŞ

İşçi ücretlerinin gittikçe artması, mekanizasyonun hızla gelişmesi ve bunun ormancılığa uygulanması, orman ürünleri taşımacılığını, bugün Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, yakın gelecekte Türkiye'de de tamamen motorlu vasıtalarla yaptırmaya zorlayacaktır. Taşımacılığın orman içinde yol ve tabii zeminler üzerinde tamamen motorlu vasıtalarla yapılması ormanları işletmeye açan genel yol, makina yolları ve sürütme yolları planlarını etkileyecektir.

Doğal olarak motorlu vasitanın kullanılmasına imkan vermeyen şartlar hariç, orman ürünleri taşımacılığının tabii zeminler üzerinde motorlu vasıtalar ile yapılabilmesi iki yönden yani zemin mekaniği ve motorlu vasıta mekaniği yönünden incelenebilir.

Zemin mekaniği yönünden zeminin cinsi, rutubeti, porositisi, kesme direnci ve taşıma kabiliyeti bir zemin üzerinde vasitanın kullanma imkanını tayin eder. Bunun yanında taşıt mekaniği yönünden motorlu araçların lastik tekerlekli veya paletli oluğu, lastik tekerlek büyüklüğü, tekerlek içindeki hava basıncı, palet genişliği ve yük miktarı aracın arazi üzerinde gidip gelme (sefer) sayısına tesir eder.

Burada tabii orman zeminleri üzerinde motorlu vasıta ile yapılacak taşımacılık zemin mekaniği yönünden ele alınacak ve bilhassa zeminin taşıma kabiliyetinin taşımacılığa olan etkisi izah edilecektir.

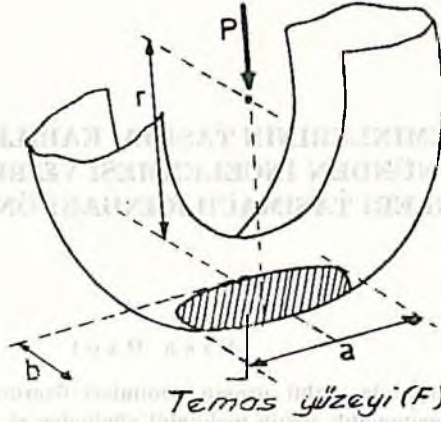
2. TABİİ ORMAN ZEMİNLERİNİN TAŞIMA KABİLİYETİ

2.1. Zeminin taşıma kabiliyetinin izahı, önemi ve ölçülmesi

Herhangi bir lastik tekerleğin zemin üzerindeki temas alanı (Şekil 1) zeminin taşıma kabiliyetine bağlıdır.

¹ Bu inceleme yazarın İsviçre'de yaptığı doktora çalışmasından bir bölümünün özetidir.

² K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.



Ş. kil 1. P yükü altındaki bir lastik tekerleğin zeminle temas yüzeyi.

Tekerleğin zemine yaptığı basınç ($p = P/F$) zeminin taşıma kabiliyetini aşılırsa zemin deforme olmaya başlar. Bu fiziksel hadise zeminin taşıma kabiliyeti ile lastik tekerleğin basıncı arasında bir denge husule gelinceye kadar sürer.

Taşıma kabiliyeti zeminin cinsi yanında zemindeki rutubet miktarı ile değişir. Bu iki faktörün orman içinde adeta her noktada değiştiği kabul edilirse taşıma kabiliyetinin de her noktada değişeceği tabiidir.

Amaca uygun olarak bir zeminin taşıma kabiliyeti «zeminin motorlu bir vasıtayı deformasyonları caiz bir sınır içinde kalmak şartıyla taşıyabilmesi» olarak tarif edilebilir.

Zeminin taşıma kabiliyeti (t) teorik olarak aşağıdaki formülle izah edilir :

$$t = c \cdot N_c + (\gamma \cdot z + q)N_q + 1/2 b \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

c = Zeminin kohezyonu (kg/cm^2)

γ = Zeminin özgül ağırlığı (kg/cm^3)

z = Zemindeki deformasyon derinliği (cm)

b = Yüklenme yüzeyinin genişliği (cm)

N_c, N_q, N_γ = Zeminin şev açısına (ϕ) bağlı olarak değişen faktörler (Şekil 2)

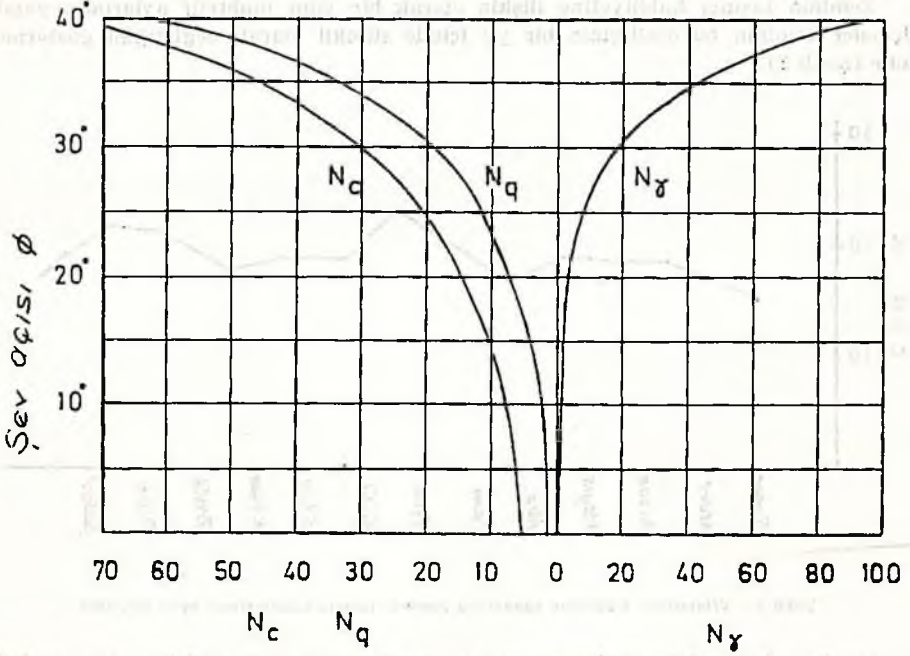
q = Zemin üzerinde yüklenmenin yanında mevcut ilave yük (eğer varsa) (kg/cm^2).

Zemin taşıma kabiliyeti yanında lastik tekerleğin taşıyabileceği caiz yük miktarı (P_c) de aynı formül yardımıyla izah edilebilir. Buna göre

$$P_c = F(N_c \cdot c + \gamma \cdot z \cdot N_q + 1/2 \gamma \cdot b \cdot N_\gamma)$$

F = Lastik tekerlekle zemin arasındaki temas yüzeyi (cm^2)

Formüllerden de anlaşılacağı gibi taşıma kabiliyeti ve lastik tekerleğe isabet eden caiz yük miktarı zeminin artan özgül ağırlığı, kohezyonu, zemin derinliği, lastik tekerleğin genişliği ve şev açısı (ϕ) ile artmaktadır.



Şekil 2. Şev açısına (ϕ) bağlı olarak zeminin taşıma kabiliyeti faktörleri.

Zeminin taşıma kabiliyeti pratikte el penetrometresi ile ve laboratuarda CBR cihazı ile CBR - değeri olarak % cinsinden ölçülmektedir.

Zeminin taşıma kabiliyetinden hareket ederek bu çalışmayla orman ürünleri taşımada bilhassa önemli olan aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır :

- 1) Zeminin taşıma kabiliyetinin taşıma hattı (sürütme yolu) boyunca değişkenliği,
- 2) Zeminin taşıma kabiliyetinin derinlik ile değişkenliği,
- 3) Zeminin taşıma kabiliyetinin rutubeti ile değişkenliği,
- 4) Zeminin taşıma kabiliyetinin yıl boyunca değişkenliği,
- 5) Zeminin taşıma kabiliyetinin orman taşımada yönünden değerlendirilmesi.

2.2. Tabii zeminlerin taşıma kabiliyetinin incelenmesi

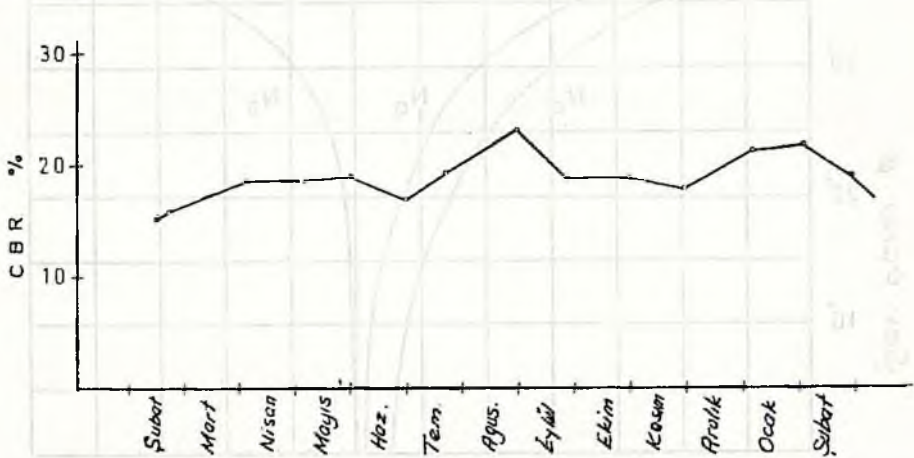
2.2.1. Arazi denemeleri

2.2.1.1. Sürütme yollarında CBR - değerleri

Orman ürünleri taşımada yapılan sürütme yollarında zeminin CBR - değerleri

her 10 m. de bir olmak üzere ölçülmüş ve her ölçü yerinde 5 noktada ölçme tekrarlanmıştır. Ölçü anında toprağın cinsi, rutubet muhtevası, plastisite özellikleri, kuru özgül ağırlığı, porosite ve doygunluk derecesi de tespit edilmiştir.

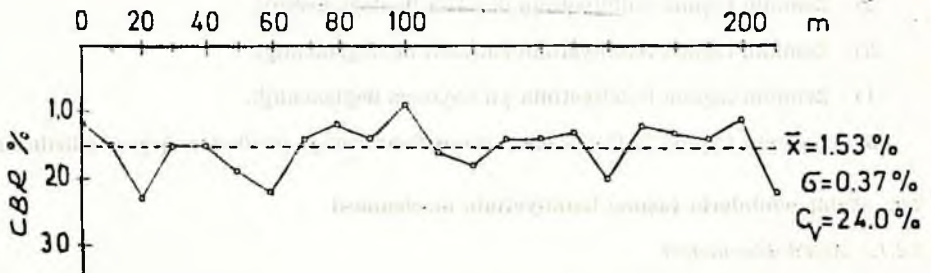
Zeminin taşıma kabiliyetine ilişkin olarak bir yılın muhtelif aylarında yapılan ölçmeler zeminin bu özelliğinin bir yıl içinde sürekli olarak değiştiğini göstermektedir (Şekil 3).



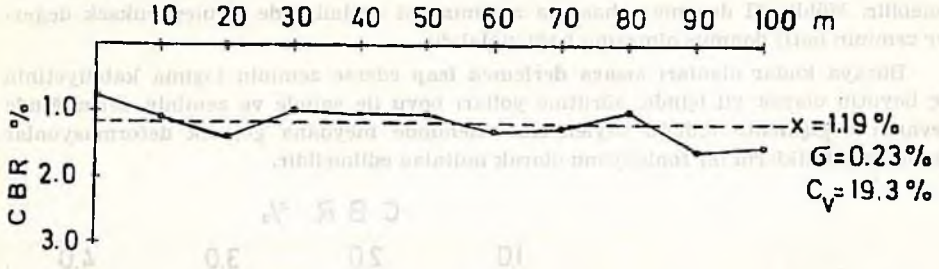
Şekil 3. Winterthur I deneme sahasında zeminin taşıma kabiliyetinin aylık değişimi.

Bu konuda yaptığımız diğer araştırmalar bu neticeleri pekiştirmekte ve hatta doymamış zeminlerde yaz aylarına nispetle kış aylarında % 50 ye varan bir düşüş göstermektedir. Yine aynı araştırmaların gösterdiği diğer bir sonuç maksimal ve minimal değerlerin bütün yıl su ile doymuş zeminlerde büyük oranda değişmemesidir.

Zeminin taşıma kabiliyetinin bir hat boyunca değişkenliği sürütme yolları boyunca ve enine profillerinde bariz olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 4 ve 5 incelenen iki sürütme yolunda ölçülen değerleri göstermektedir :



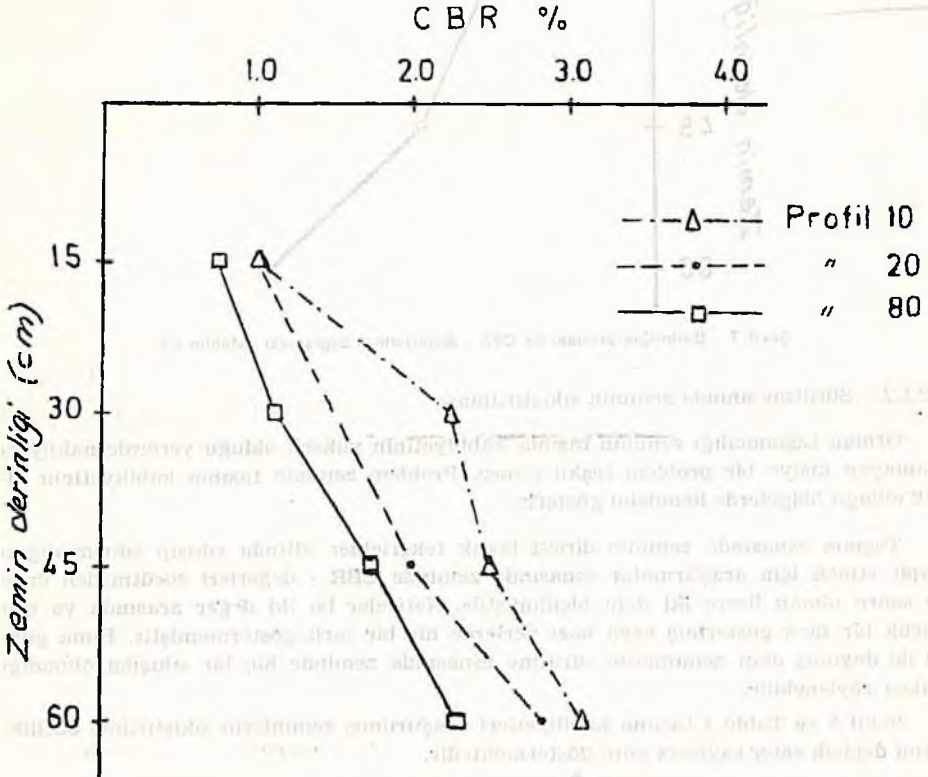
Şekil 4. Sürütme yolu üzerinde zeminin taşıma kabiliyeti değerleri (Winterthur I).



Şekil 5. Sürütme yolu üzerinde zeminin taşıma kabiliyeti değerleri (Möhl'in II).

Zeminin taşıma kabiliyetinin homojenliğinin bir sürütme yolu boyunca gerekliliği yanında zeminin bu özelliğinin toprağın derinliğine doğru aldığı değerler de oldukça önemlidir. Çünkü motorlu vasıtaların patinaj yapmaması için gerekli direnç ve zeminde açılan lastik tekerlek izleri derinliği zeminin derinliğinde ölçülen taşıma kabiliyeti değerleri ile ilgilidir.

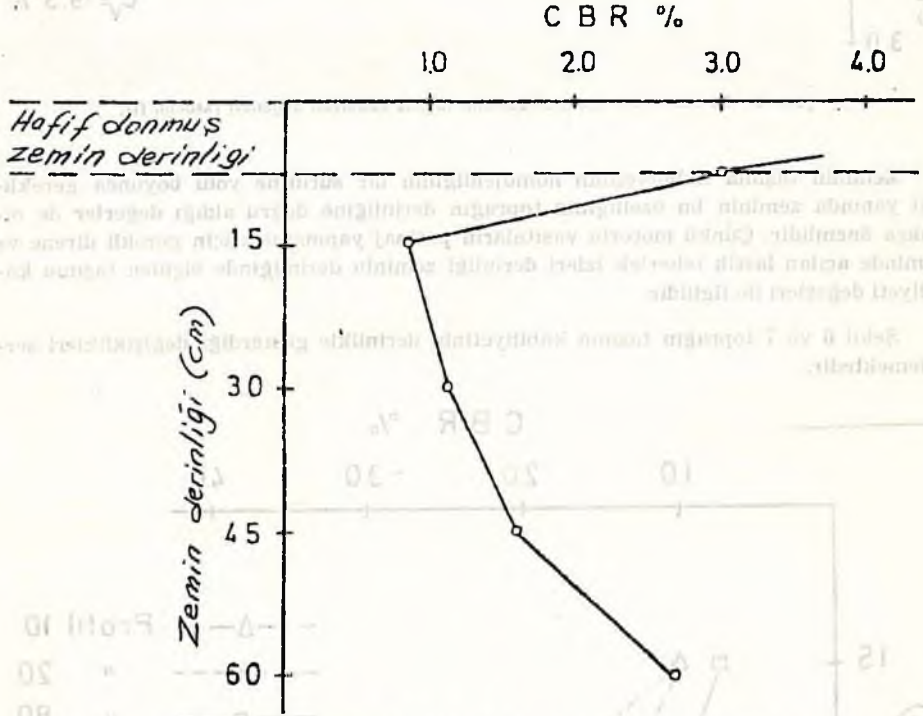
Şekil 6 ve 7 toprağın taşıma kabiliyetinin derinlikle gösterdiği değişiklikleri sergilemektedir.



Şekil 6. Derinliğin artması ile CBR - değerlerinin değişmesi (Winterthur I).

Buna göre genel olarak zeminin taşıma kabiliyetinin zeminin derinliği ile arttığı söylenebilir. Möhlün II deneme sahasında zeminin üst derinliğinde ölçülen yüksek değerler zeminin hafif donmuş olmasına bağlanmalıdır.

Buraya kadar olanları kısaca derlemek icap ederse zeminin taşıma kabiliyetinin üç boyutlu olarak yıl içinde, sürütme yolları boyu ile eninde ve zeminin derinliğinde devamlı değişmekte olduğu söylenebilir. Zeminde meydana gelecek deformasyonlar da bu değişikliklerin bir fonksiyonu olarak mütalaa edilmelidir.



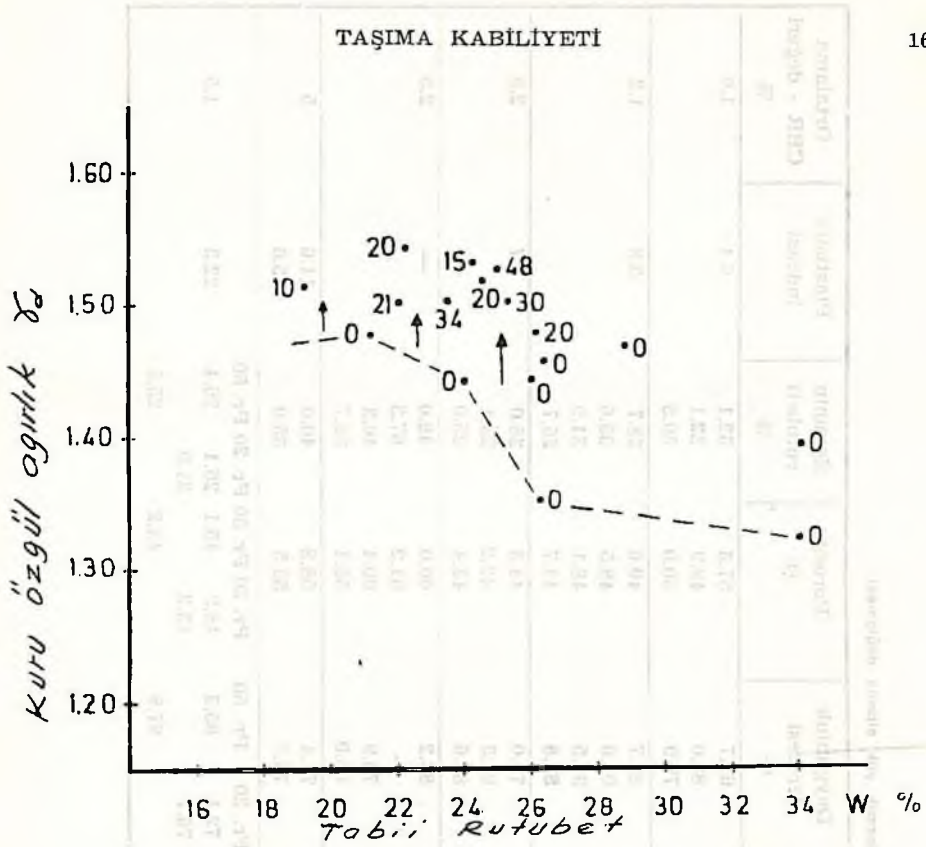
Şekil 7. Derinliğin artması ile CBR - değerlerinin değişmesi (Möhlün II).

2.2.1.2. Sürütme anında zeminin sıkıştırılması

Orman taşımacılığı zeminin taşıma kabiliyetinin yüksek olduğu yerlerde nakliyatı planlayan kişiye bir problem teşkil etmez. Problem zeminin taşıma kabiliyetinin alçak olduğu bölgelerde kendisini gösterir.

Taşıma esnasında zeminin direkt lastik tekerlekler altında sıkışıp sıkışmadığını tespit etmek için araştırmalar esnasında zeminde CBR - değerleri sürütmeden önce ve sonra olmak üzere iki defa ölçülmüştür. Neticeler bu iki değer arasında ya çok küçük bir fark göstermiş veya bazı yerlerde hiç bir fark göstermemiştir. Buna göre su ile doymuş olan zeminlerde sürütme esnasında zeminde hiç bir sıkışma olmadığı açıkça söylenebilir.

Şekil 8 ve Tablo 1 taşıma kabiliyetleri araştırılmış zeminlerin sıkıştırılma özelliklerini değişik sefer sayısına göre göstermektedir.



Şekil 8. Sürütme esnasında zeminin sıkıştırılması (Winterthur I).

(Sayılar sürütme esnasındaki sefer sayılarını göstermektedir).

Şekil 8 ve Tablo 1 den aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür :

- 1) İncelenmiş zeminlerde sefer sayısının artması ile genel olarak zeminin doygunluk derecesi ve kuru özgül ağırlığı artmaktadır.
- 2) Gerçek rutubeti laboratuarda tespit edilen optimal rutubete yakın olan zeminlerle gerçek rutubeti optimal rutubet miktarının ıslak bölgesinde olan zeminlerin sıkıştırılması birbirinden farklıdır.

Zeminin rutubet miktarı optimal rutubet miktarına yakın olan zeminlerde küçük miktarda bir sıkıştırma husule gelmektedir. Zeminin gerçek rutubeti optimal rutubetin çok üzerinde ise zemin yük altında yoğrulur.

- 3) Kuru özgül ağırlık değerlerinde de görüleceği gibi başlangıçta doygunluk dereceleri küçük olan zeminlerde sıkıştırma o kadar yüksek olmaktadır.

BLO 1. Zeminin mekanik özelliklerinin taşıma arasındaki statik ve dinamik yük altında değişmesi.

Zemin	Alınan zemin numunesi	Kuru özgül ağırlık t/m ³	Doygunluk derecesi %	Porosite %	Zeminin rutubeti %	Plastisite indeksi	Ortalama CBR - değeri %			
ML *	Sürütmeden önce	1.12	62.7	57.3	32.1	6.4	1.0			
	20. Seferden sonra	1.34	88.0	48.9	32.1					
Möhlün I	50. Seferden sonra	1.31	79.9	50.0	30.5					
CL - ML	Sürütmeden önce	1.34	82.7	49.6	28.7	5.8	1.2			
	30. Seferden sonra	1.37	94.9	48.5	33.6					
Möhlün II	42. Seferden sonra	1.38	91.5	48.1	31.9					
	46. Seferden sonra	1.47	87.8	44.7	26.7					
CL	Sürütmeden önce	1.47	70.0	44.3	26.0	9.7	2.8			
	34. Seferden sonra	1.50	81.3	43.2	23.4					
Winterthur III	48. Seferden sonra	1.52	89.6	42.4	25.0					
GM - ML	Sürütmeden önce	1.04	83.2	60.0	48.0	—	2.5			
	5. Seferden sonra	1.01	—	61.2	67.3					
Tapperswill	14. Seferden sonra	1.03	78.9	60.4	46.3					
	16. Seferden sonra	1.09	68.9	58.1	36.7					
CL - ML	Sürütmeden önce	1.05	71.4	58.8	40.0	11.6	5			
	20. Seferden sonra	1.20	78.5	53.5	35.0	15.6				
CL	Sürütmeden önce	** Pr. 20	Pr. 50	Pr. 20	Pr. 50	Pr. 20	Pr. 50	1.5		
	21. Seferden sonra	1.35	1.45	72.1	85.3	48.9	45.1		26.1	26.4
Winterthur I	30. Seferden sonra	1.50		76.1		43.2		21.9		
			1.50		87.8		43.2		25.3	

* USCS - Sınıflandırmasına göre

** Profil 20

2.2.2. Laboratuvar denemeleri

Zeminin taşıma kabiliyetinin laboratuvarda tespiti CBR - cihazı ile yapılmaktadır. Buna göre alınan zemin numuneleri laboratuvarda her tabakaya 25 darbe ile 3 tabaka halinde sıkıştırıldıktan sonra taşıma kabiliyeti ölçülmüş ve değerleri okunmuştur. Hemen sıkıştırmadan sonra okunan değer CBR₁ olarak, sıkıştırılan numunelerin 4 gün su içinde tutulmasından sonra okunan değerler ise CBR₂ olarak ifade edilmişlerdir.

Deneme neticeleri Şekil 9 ve 10 da gösterilmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere zeminin taşıma kabiliyeti ile zemindeki rutubet miktarı arasında bir ilgi bulunmaktadır. Laboratuvar incelemesinden şu hususları netice olarak çıkarmak mümkündür.

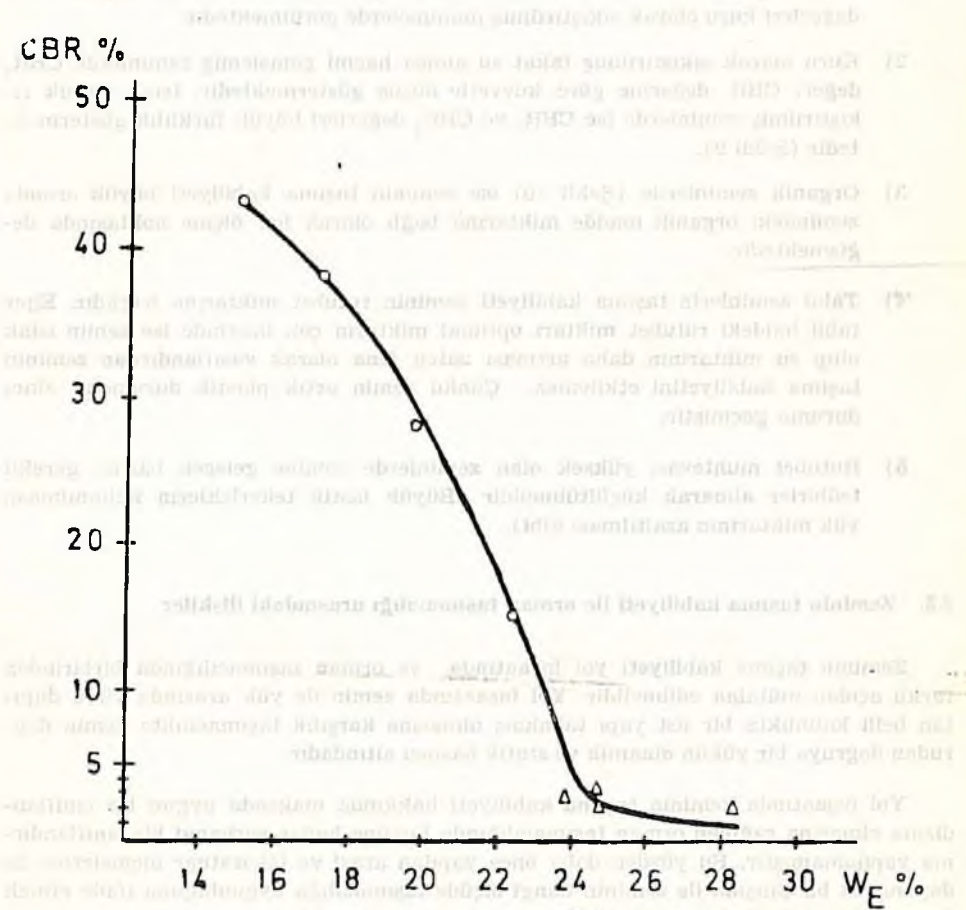
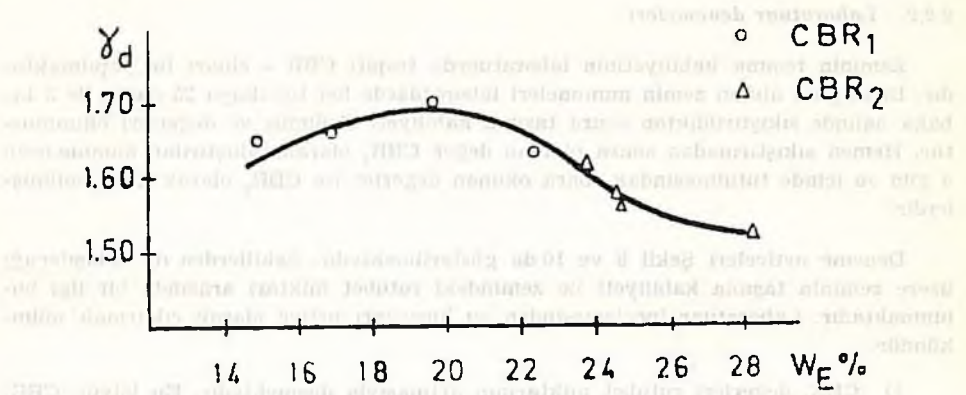
- 1) CBR, değerleri rutubet miktarının artmasıyla düşmektedir. En büyük CBR, değerleri kuru olarak sıkıştırılmış numunelerde görülmektedir.
- 2) Kuru olarak sıkıştırılmış fakat su alınca hacmi genişlemiş zeminlerde CBR₂ değeri CBR₁ değerine göre kuvvetle düşüş göstermektedir. Islak olarak sıkıştırılmış zeminlerde ise CBR₁ ve CBR₂ değerleri büyük farklılık göstermektedir (Şekil 9).
- 3) Organik zeminlerde (Şekil 10) ise zeminin taşıma kabiliyeti büyük oranda zemindeki organik madde miktarına bağlı olarak her ölçme noktasında değişmektedir.
- 4) Tabii zeminlerin taşıma kabiliyeti zeminin rutubet miktarına bağlıdır. Eğer tabii haldeki rutubet miktarı optimal miktarın çok üzerinde ise zemin ıslak olup su miktarının daha artması zaten fena olarak vasıflandırılan zeminin taşıma kabiliyetini etkilemez. Çünkü zemin artık plastik durumdan akıcı duruma geçmiştir.
- 5) Rutubet muhtevası yüksek olan zeminlerde zemine gelecek basınç gerekli tedbirler alınarak küçültülmelidir (Büyük lastik tekerleklerin kullanılması, yük miktarının azaltılması gibi).

2.3. Zeminin taşıma kabiliyeti ile orman taşımacılığı arasındaki ilişkiler

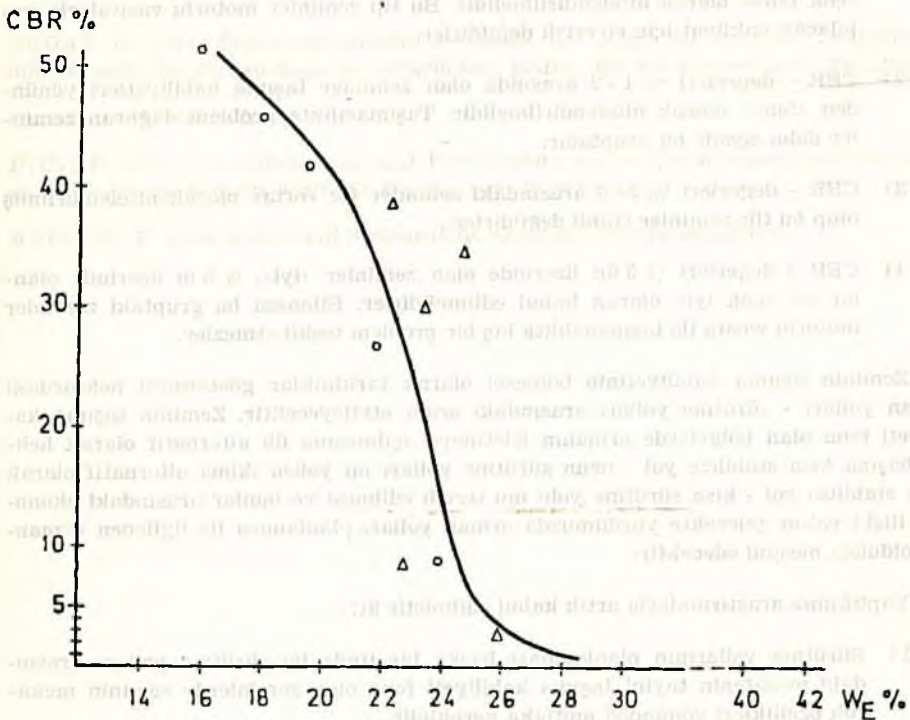
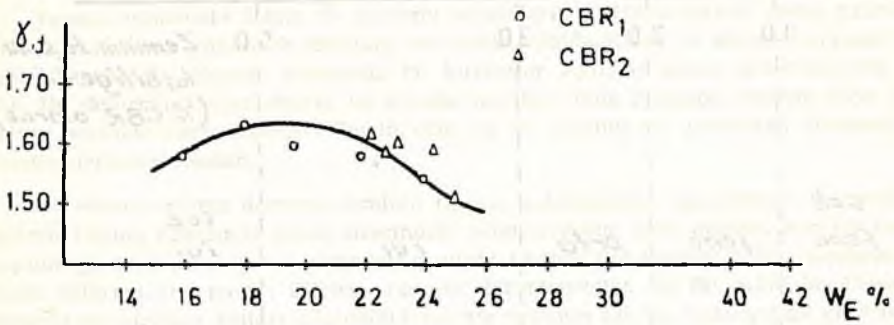
Zeminin taşıma kabiliyeti yol inşaatında ve orman taşımacılığında birbirinden farklı açıdan mütalaa edilmelidir. Yol inşaatında zemin ile yük arasında yükü dağıtan belli kalınlıkta bir üst yapı tabakası olmasına karşılık taşımacılıkta zemin doğrudan doğruya bir yükün dinamik ve statik basıncı altındadır.

Yol inşaatında zeminin taşıma kabiliyeti hakkında maksada uygun bir sınıflandırma olmasına rağmen orman taşımacılığında bugüne kadar herhangi bir sınıflandırma yapılamamıştır. Bu yüzden daha önce yapılan arazi ve laboratuvar ölçmelerine dayanarak bu çalışma ile zeminin hangi ölçüde taşımacılığa uygunluğunu ifade etmek üzere CBR - değerlerine dayalı bir gruplandırma ele alınmıştır.

Motorlu vasıta ile yapılan sürütme işleminden sonra zeminde meydana gelen deformasyonlar gözönüne alınarak yapılan bu gruplandırmaya göre (Şekil 11) :



Şekil 9. Rutubet miktarının (W_E) fonksiyonu olarak CBR - değerleri (Winterthur I).



Şekil 10. Rutubet miktarının (W_E) fonksiyonu olarak CBR - değerleri (Rapperswil).

BODENMECHANISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BODENTRAGFAEHIGKEIT UND DEREN ZUSAMMENHANG MIT DEM HOLZRÜCKEN AUF NATÜRLICHEN WALDBÖDEN

Dr. Orhan ERDAŞ

ZUSAMMENFASSUNG

Der Transport des Holzes vom Fällungsort bis zur Strasse wird als Holzbringung oder Rücken bezeichnet. Das Rücken des Holzes erfolgt häufig mit Fahrzeugen, die den natürlichen Boden befahren. Die Kenntnisse um Befahrbarkeit eines natürlichen Bodens sind somit eine wichtige Grundlage der Planung der Feinerschliessung.

Die Befahrbarkeit des natürlichen Bodens kann von mechanischen Eigenschaften des Fahrzeuges und Bodens her untersucht werden. Da die Forstwirtschaft wenig Einfluss auf die Fahrzeugkonstruktion nehmen kann, wurde um die Untersuchungen vom Boden ausgegangen. Die Bodenmechanische Probleme der Befahrbarkeit und des Holzrückens wurden danach im Felde und im Labor hinsichtlich der Bodentragfähigkeit untersucht.

Ausgehend von der Messung der Tragfähigkeit der natürlichen Böden wurden u.a. den folgenden Problemen nachgegangen :

- 1) Gleichmässigkeit der Tragfähigkeit
- 2) Veränderung mit der Tiefe
- 3) Veränderung als Funktion des Wassergehaltes
- 4) Abhängigkeit der Tragfähigkeit von der Jahreszeit
- 5) Zulässiger Minimalwert für das Holzrücken

Die Resultate dieser Untersuchungen zeigen, dass sich die Tragfähigkeit des nat. Bodens in der Rückegosse in Längs - und Querrichtung, mit der Tiefe und mit der Jahreszeit ändert.

Die Grösse der Berührungsfläche zwischen Reifen und Boden hängt u.a. von der Tragfähigkeit des Bodens ab. Übersteigt der von einem Reifen auf den Boden ausgeübte Druck die Tragfähigkeit des Bodens, so wird der Boden verformt. Der Reifen sinkt soweit in den Boden ein, bis ein Gleichgewicht zwischen Tragfähigkeit und Druck hergestellt ist.

Die Verformung in nat. Böden entsteht in Form der plastischen oder elastischen Deformation. Bei den Böden mit einem natürlichen Wassergehalt nahe dem optimalen findet mit zunehmender Anzahl der Durchgänge während des Rückens eine kleine Verdichtung statt. Nach Erreichung der optimalen Verdichtung beim vorhandenen Wassergehalt wird der Boden nicht mehr verdichtet sondern ausgequetscht. Bei den

Böden mit einem Wassergehalt weit über dem optimalen findet hingegen keine Verdichtung statt. Solche Böden werden schon von den ersten Durchgängen an ausgequetscht.

Die Tiefe der Deformationen auf den nat. Böden hängt damit von der Tragfähigkeit des Bodens, der Belastung und der Anzahl der Durchgänge auf einer Rückegasse ab.

Ob die Befahrbarkeit des zu treffenden Bodens mit einem gegebenen Fahrzeug gewährleistet ist, kann nach den entstehenden Deformationen während des Holzrückens festgestellt werden. Der Planer der Holzbringung muss die Beziehung zwischen der Bodentragfähigkeit und der Bodendeformation während des Holzrückens kennen, weil sie bei der Planung der Rückegassen entscheidend ist.

