

Isıl İşlemli Kontrplaklarda Mekanik Özellikler

Mechanical Properties of Heat-Treated Plywood

 Cengiz GÜLER¹,  Ramazan YEŞİLDAĞ¹

Özet

Kontrplak üretiminde yaygın olarak kullanılan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Titrek Kavak (*Populus tremula*) odunlarından elde edilen 1.2 mm kalınlıktaki soyma kaplama levhalarına ısıtma işlemi uygulandıktan sonra 3 tabakalı kontrplak üretilmiştir. İki ağaç türü ve iki farklı tutkal kullanılarak üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir Aynı koşullarda üretilmiş kontrol örneklerine göre değişim miktarları belirlenmiştir. Genel olarak ısıtma işlemi uygulanmış kontrplakların direnç özelliklerinde bir azalma meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kontrplak, Isıl İşlem, Kayın, Kavak, Tutkal

Abstract

In this study, 1.2 mm thick peeling veneer boards were produced from Eastern Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Poplar (*Populus tremula*) woods. These veneers underwent a heat treatment process before being used to manufacture three-layer plywood. The mechanical properties investigated for these heat-treated plywood panels included tensile-shear strength, bending strength, and modulus of elasticity. The panels were produced using two types of wood species and two different adhesives, and the results were statistically analyzed and compared with control samples produced under identical conditions. Overall, a reduction in strength was noted in the heat-treated plywood.

Keywords: Plywood, Heat Treatment, Beech, Poplar, Adhesive

1. Giriş

Orman ürünleri sektörü, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve çevresel dengenin korunması açısından dünya ekonomisinde stratejik bir öneme sahiptir. Sektörün en önemli ürünlerinden biri olan kontrplak, tabakalı ağaç malzemeler arasında yer alır ve çok katmanlı yapısıyla yüksek mukavemet, dayanıklılık ve esneklik sunar. Günümüzde kontrplak, mobilya üretiminden inşaat sektörüne, otomotivden denizcilik endüstrisine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Hafifliği ve kolay işlenebilirliği sayesinde, özellikle prefabrik yapılar ve hızlı montaj gerektiren uygulamalarda tercih edilir. Ayrıca, kontrplak yangına ve neme karşı dirençli özel türleriyle de dikkat çeker. Sektörün sürdürülebilir büyümesi, teknolojik yenilikler ve çevresel duyarlılıkla doğru orantılıdır.

Soyma, kesme ve biçme yöntemi ile en fazla 7 mm'ye kadar elde edilen ahşap levhalar kaplama levha olarak tanımlanmaktadır. Kontrplak; daha çok soyma kaplama yöntemi ile elde edilirler. Kontrplak; kaplama levhaların lif yönü birbirine dik gelecek şekilde tek sayıda olmak üzere en az üç tabakadan oluşan levhalardır. Kontrplak üretiminde kullanılan ağaç ve tutkal türü levhanın performans özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Son zamanlarda thermowood oduna ilgi arttığı görülmektedir. Boonstra (2008)'a göre bunun nedeni, ahşap malzemenin korunmasında zehirli kimyasal kullanımını sınırlayan düzenlemeler, kaliteli ahşap malzeme üretimine olan ihtiyaç ve ormanların azalması sonucu hammaddeye olan talebin artmasıdır.

Isıl işlemin amacı, odunun rutubet alış verişini azaltmak, boyutsal stabilizasyon kazandırmak, mantar ve böcek gibi organizmalara karşı biyolojik dayanıklılığını artırmak ve denge rutubet miktarını düşürmektir. Isıl işlem sürecinde odun renginde değişimler görülür. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzeme, farklı rutubet ortamlarında normal odundan daha kararlı ve termal iletkenliği daha iyidir. Odun yeterli sıcaklıklarda muamele edilirse ağaç malzemenin çürümeye karşı direnci belli oranlarda artmaktadır. Isıl işlem sayesinde biyolojik direnç ve kararlılık artarken 200°C'den sonra ağaç malzemenin direnç özelliklerinde önemli düşüşler meydana gelebilmektedir (Karakas 2008).

Ahşapta ısıl işlem konusunda ilk çalışmalar 1930 ve 1940'lı yıllarda Almanya ve ABD'de başlamıştır. Daha sonra 1990'lı yıllarda Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da yürütülen modern araştırmalarla devam etmiştir (Mayes and Oksanen, 2002). Fakat ilk endüstriyel teknoloji Thermowood 1997 yılında Finlandiya'da ortaya çıkmıştır. Ahşap hammaddelerinin termal modifikasyonuna yönelik teknolojinin genel unsuru, 150 ile 280 °C sıcaklık aralığında çeşitli ortamlarda ısıtılmasıdır. Ahşabın kazandığı en önemli faktör mantar ve böcek larvalarının

biyolojik etkilerine karşı dayanıklılığının artmasıdır. Ahşap kaplamanın yüksek sıcaklıkta işlenmesi ile higroskopisitede bir azalma, kaplama levhanın renk, yoğunluk, ve hücrel yapısında değişikliğe yol açtığı tespit edilmiştir.

Isıl işlemle modifiye edilmiş kayın vb. kaplamalar kullanılarak üretilen kontrplakların, bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar, ısıl işlem uygulanan kaplama levhalardan elde edilen kontrplakların performansının değerlendirilmesi üzerine yapılmıştır (Krivorotova ve ark, 2021, Matthew ve ark 2014, Bertrand ve ark, 2022, Grinins ve ark 2016).

Krivorotova ve ark, (2021)'de yaptıkları çalışmada ahşap kaplamalarda rasyonel ısıl işlem sıcaklığı 190 ila 210 °C aralığında olduğu belirtilmektedir. Chotikhun ve ark (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, kauçuk ağacı (rubberwood) kaplamalar farklı sıcaklıklarda (160, 170, 180 ve 180 °C) ısıl işlemle muamele edildikten sonra 5 katlı kontrplakları melamin üre formaldehit (MÜF) reçinesi ile üreterek teknolojik özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışmada; ısıl işlem uygulanmış kayın ve kavak kaplamalardan elde edilmiş kontrplakların bazı teknolojik özellikleri incelenmiştir. Bu kapsamda iki ağaç ve iki tutkal türü kullanılarak üretilen kontrplakların bazı mekanik özellikleri, ilgili standartlara göre belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Düzce Orman İşletme Müdürlüğünden temin edilen Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Titrek Kavak (*Populus tiremula*) tomrukları bir firmada taze halde kaplama soyma makinası ile 1.2 mm kalınlıklarda soyulmuştur. 60x60 cm ölçülerinde boyutlandırılan kaplama levhalara, 2 m³ kapasiteli buhar sistemi ile çalışan ısıl işlen fırınında “Thermowood” koşullarına uygun olarak yüksek sıcaklıkta 190 °C’de 1.5 saat süre ile ısıl işlem uygulanmıştır. Kontrol ve ısıl işlem görmüş kaplama levhalarından 3 tabakalı kontrplak üretilmiştir. Kontrplakların üretim faktörleri ve pres şartları Çizelge 1 ve 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Kontrplakların üretim faktörleri.

Kont Tipi	Ön İşlem	Kontrplak		Tutkal Cinsi	1 kg tutkala	
		Ağaç Türü	Levha Kal. mm		Katkı Mad. (%)	Sertleştirici (%)
A	Kontrol	Kayın	1.2	ÜF	-30	10
B	“	Kayın	“	FF	“	-
C	“	Kavak	“	ÜF	“	10
D	“	Kavak	“	FF	“	-
G	Isıl İşlem	Kayın	“	ÜF	“	10
H	“	Kayın	“	FF	“	-
I	“	Kavak	“	ÜF	“	10

Kont	Ön	Kontrplak		Tutkal	1 kg tutkala	
Tipi	İşlem	Ağaç Türü	Levha Kal. mm	Cinsi	Katkı Mad. (%)	Sertleştirici (%)
K	“	Kavak	“	FF	-	-

Çizelge 2. Kontrplak üretim şartları.

Kontrplak	Tutkal	Tutkal	Kaplama	Sıcak Pres		
Tipi	Cinsi	Miktarı (g/m ²)	Sıcaklığı (°C)	Basınç (kg/cm ²)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)
A, C, G, I	ÜF	160	20	12-14	130	6
B, D, H, K	FF	160	20	12-14	150	8

Kontrplakların üretiminde %47'lik fenol formaldehit ve %65'lik üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır (Çizelge 3). Her iki tutkal kaplamaların tek yüzüne 160 g/m² olarak uygulanmıştır. Sertleştirici madde olarak amonyum klorürün (NH₄Cl) %10'luk sulu çözeltisi kullanılmıştır. Fenol Formaldehit tutkalında ise herhangi bir sertleştirici kullanılmamıştır. Kontrplakların üretiminde katkı maddesi olarak tüm levhalarda tutkala %30 oranında katkı maddesi olarak buğday unu kullanılmıştır.

Çizelge 3. Üre formaldehit (ÜF) ve fenol formaldehit (FF) tutkalının özellikleri.

Özellikler	ÜF	FF
Görünüş	Yarı saydam	Kırmızı kahverengi
Katı madde oranı (%)	65±1	47±1
Viskozite (cPs, 20°C)	280	300-500
Akma zamanı (sn, FC4, 20°C)	95	50-90
pH (20°C)	8.3-8.5	10.5-13
Yoğunluk (kg/m ³)	1280	1195-1205
Serbest formaldehit oranı (%)	Max 0.2	Max 1.0
Jelleşme süresi (sn)	45-49	10-20
Depolama süresi (gün)	45	45



Şekil 1. Levha taslaklarının preslenmesi.

Deneyde kullanılacak levhalar laboratuvarında ortalama 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem koşullarında TS 642 ISO 554 (1997) standardına uygun olarak iklimlendirme odasında örnekler değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek klimatize edilmiştir.

Üre ve fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üç tabakalı ve her gruptan 2'şer adet kontrplak üretimi gerçekleştirilmiştir. Çekme makaslama direnci deneyi için TS EN 314-1 (1999) de belirtilen esaslara göre, eğilme direnci ve elastikiyet modülü, TS EN 310 (1999)'da belirtilen esaslara göre yapılmış olup SPSS programı ile istatistik olarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Deneme levhalarının eğilme direnci, elastikiyet modülü ve çekme-makaslama direnci, özelliklerine ait istatistik sonuçlar Çizelge 4, 5 ve 6'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Eğilme direncine göre ısı işlem uygulama, tutkal türü ve ağaç türü sonuçlarının analizi.

Değişken türü	n	Ortalama değer	Standart sapma	t hesap	Önem düzeyi
Isıl işlem görmemiş	24	140,13	21,13	3,07	0,004
Isıl işlem görmüş	24	120,57	23,05		
Üre formaldehit	24	120,74	18,35	-3,000	0,005
Fenol Formaldehit	24	139,95	25,45		
Kayın	24	124,68	17,45	-1,667	0,104
Kavak	24	136,01	28,38		

Çizelge 5. Elastikiyet modülüne göre ısı işlem uygulama, tutkal türü ve ağaç türü sonuçlarının analizi.

Değişken türü	n	Ortalama değer	Standart sapma	t hesap	Önem düzeyi
Isıl işlem görmemiş	24	14609,05	1673,11	-0,561	0,578
Isıl işlem görmüş	24	14878,71	1659,93		
Üre formaldehit	24	14040,52	1338,42	-3,227	0,002
Fenol Formaldehit	24	15447,23	1663,97		
Kayın	24	14158,92	1304,05	-2,595	0,013
Kavak	24	15328,84	1782,68		

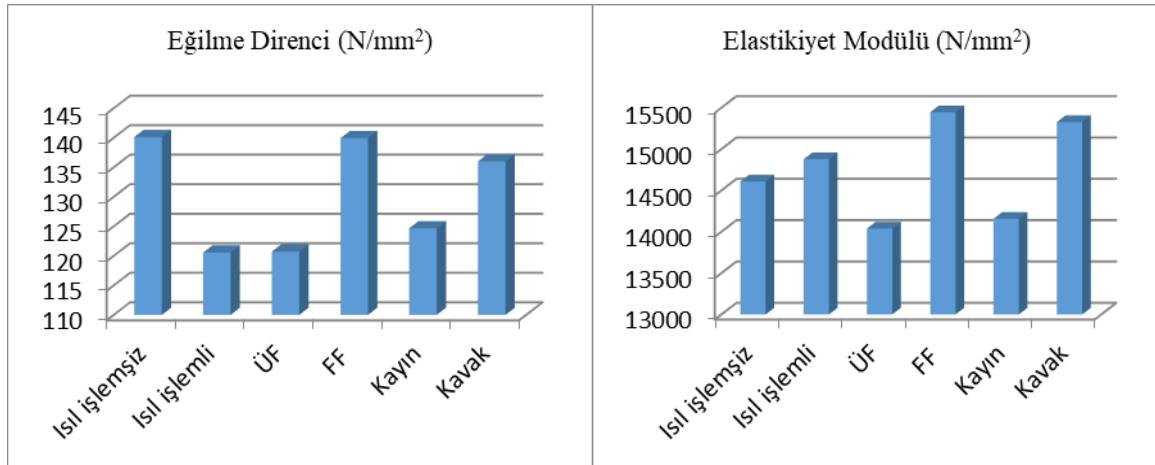
Çizelge 6. Çekme direncine göre ısı işlem uygulama, tutkal türü ve ağaç türü sonuçlarının analizi.

Değişken türü	n	Ortalama değer	Standart sapma	t hesap	Önem düzeyi
Isıl işlem görmemiş	24	2,19	0,606	2,037	0,047
Isıl işlem görmüş	24	1,87	0,488		
Üre formaldehit	24	1,85	0,598	-2,252	0,029
Fenol Formaldehit	24	2,21	0,486		
Kayın	24	2,46	0,442	7,892	0,000
Kavak	24	1,60	0,291		

Eğilme direncinde ön işlemler, tutkal türü ve ağaç türü etkisini belirlemek için karşılaştırılan kontrplakların deney sonuçlarına ilişkin t testi sonuçları Çizelge 4'de gösterilmiştir. Eğilme direncinde ön işlem ve tutkal türü etkisi 0.001 yanılma ihtimali ile önemli, ağaç türünün eğilme direnci üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Elastikiyet

modülünde ise ısı işlemin etkisi önemsiz tutkal türü ve ağaç türünün önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 5). Fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş kontrplaklarda, üre formaldehit ile yapıştırılmış kontrplaklara göre hem eğilme direnci hem de elastikiyet modülü daha yüksektir. Isıl işlem görmüş kontrplaklarda kayın ve kavakta %13'lük bir eğilme direncinde azalma meydana gelmiştir. Yapılan bir çalışmada eğilme direnci ile çekme makaslama mukavemetindeki %8,4'lük kayıp olduğu ifade edilmiş ancak bu önemli bir kayıp olarak görülmemiştir (Chen, 2021). Ancak elastikiyet modülünde bu kayıp daha az olup ısı işlem ya da ısı işlem görmemiş kontrplaklarda önemli bir değişim görülmemiştir. Bunun nedeni, ısı işlemlili ağaç malzemenin normal masif ahşap malzemeye göre hücre çeperine bulunan bağlı su miktarının düşük olması sonucunda daha az higroskopik özellik göstermesi ve bu nedenle ağacın daha az esnek oluşundan ileri geldiği belirtilmiştir (Boonstra, 2008).

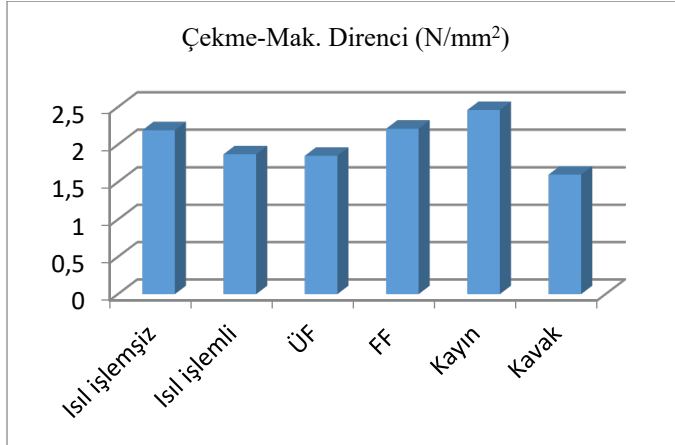
Ön işlemlerin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü.

Çizelge 6' de gösterilen istatistik sonuçlara göre, ön işlem, tutkal türü ve ağaç türünün çekme-makaslama direnci üzerine etkisi önemli olduğu görülmektedir. Bunlara göre fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklarda, üre formaldehit tutkalı ile üretilenlere göre yapışma direncinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapışma direnci, ısı işlemlisiz kaplamalardan üretilen kontrplaklarda yüksek, ısı işlem uygulanmış kaplamalardan üretilen kontrplaklarda daha düşük bulunmuştur (Şekil 3). Ayrıca her iki tutkal tipi içinde, ısı işlemlili kaplamalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci değerleri, ısı işlemlisiz kaplamalardan üretilenlere göre, daha düşüktür. Krivorotova ve ark (2021) te yaptıkları çalışmada kayın kaplamalara 160 ve 200 °C'de ısı işleme tabi tutmuşlar ve sonunda direnç özelliklerini irdelemişlerdir. 200 °C' de ısı işleme tabi tutulmuş kontrplaklarda daha düşük

eğilme direnci ve çekme makaslama direnci elde etmiş olup benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca Chotikhun ve ark (2023) yaptıkları çalışmada 180 °C'nin üzerinde ısıl işlemler kaplamalardan üretilen kontrplakların mekanik direnç özelliklerinin azaldığını belirtmişlerdir. Bunlara göre ısıl işlemler kaplamalardan üretilen kontrplakların mekanik özelliklerinde genel olarak azalma olduğu ifade edilebilir.



Şekil 3. Çekme makaslama direnci.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada iki farklı tutkal ve kontrplak üretiminde yaygın olarak kullanılan kayın ve kavak türlerinden soyma kaplama levha üretimi yöntemi ile elde edilmiş 3 tabakalı kontrplakların bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. İki ağaç türü ve iki farklı tutkal kullanılarak üretilen kontrplak levhalarının çekme-makaslama direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü özellikleri incelenerek, elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve aynı koşullarda üretilmiş kontrol örneklerine göre değişim miktarları belirlenmiştir.

Üretilen kaplamaların yarısına ısıl işlem uygulandıktan sonra 3 katlı kontrplak üretilmiştir. Isıl işlem uygulanmış kontrplaklarda eğilme direnci ve çekme makasla direnci değerlerinde %13'lük bir azalma meydana gelmiştir. Fakat elastikiyet modülünde herhangi bir direnç kaybı söz konusu değildir. Aynı koşullarda üretilen fenol formaldehit ile üretilmiş kontrplaklar, üre formaldehit tutkalına göre eğilme direnci %15 daha yüksektir.

Isıl işlem uygulanan kontrplakların mekanik direnç özelliklerinde genel bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Ancak, bu azalma birçok kullanım alanı için önemsiz olabilir ve yüksek mukavemet gerektirmeyen yerlerde tercih edilebilir. Ayrıca ısıl işlem ile muamele edilmiş kontrplakların boyutsal stabilite özellikleri ile mantar testleri yapılması önerilir.

Bu bulgular ışığında, ısıtma işlemi uygulanan kontrplakların kullanımı, özellikle iç mekan uygulamalarında ve nem oranının düşük olduğu ortamlarda avantajlı olabilir. Isıtma işlemi, kontrplakların nem direncini artırarak, boyutsal stabiliteyi iyileştirebilir ve böylece uzun vadede malzemenin performansını koruyabilir. Ayrıca, ısıtma işlemi görmüş kontrplakların estetik açıdan da tercih edilebileceği, doğal ahşap dokusunun daha belirgin hale geldiği ve renk tonunun derinleştiği gözlemlenmiştir. Bu özellikler, mobilya ve dekorasyon sektöründe kullanım için ısıtma işlemi görmüş kontrplakları cazip bir seçenek haline getirebilir.

Kaynaklar

- Boonstra, M.J. (2008). A two-stage thermal modification of wood. *Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare - Nancy 1*, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
- Chen, Y. (2021). Developing soybean-based adhesives for heat-treated plywood, Doctor of philosophy, *Department of Grain Science and Industry College of Agriculture Kansas State University*, Manhattan, Kansas-USA.
- Chotikhun, A. Kittijaruwattana, J. Lee, S.H. Salca, E.A. Arsyad, W.O.M. Hadi, Y.S. Neimsuwan, & T. Hiziroglu, S. (2023). Characterization of plywood made from heat-treated rubberwood veneers bonded with melamine urea formaldehyde resin, *Journal of Wood Science*, 69, 23.
- Grinins, J. Irbe, I. Andersons, B. Andersone, I. Meija-Feldmane, A. Janberga, A. Pavlovics, G. & Sansonetti, E. (2016). Thermo-hydro treated (THT) birch plywood with improved service properties, *International Wood Products Journal*, 7(4), 181-187.
DOI 10.1080/20426445.2016.1212963.
- Karakaş, G. (2008). Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısıtma işleminin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak.
- Krivorotova, A.I. Orlov, A.A. Korchuk, Y.A. & Popov, A.A. (2021). Research of physical and mechanical properties of plywood based on thermally modified veneer, *IOP Conference Series, Mater. Sci. Eng.*, doi:10.1088/1757-899X/1181/1/012005.
- Mayes, D. & Oksanen, O. (2002). ThermoWood Handbook, *Finnforest*, Finland.
- Matthew, D.A. Brian, K.B. & Patrick, K.D. (2014). Mechanical and Physical Properties of Thermally Modified Plywood and Oriented Strand Board Panels, *Forest Products Journal*, 64 (7-8), 281–289.

- Marcon, B. Candelier, K. Viguier, J. Pignolet, L. Gartili, A. Thévenon, M.F. Collet R. & Denaud, L. (2022). Durability of Heat Treated Massive Poplar Plywood, *Science Arts & Métiers, 10th European Conference on Wood Modification, France, 2022-04-25- Proceedings of the Tenth European Conference on Wood, Modification*<http://hdl.handle.net/10985/21880>.
- TS 642 ISO 554 (1997). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, *TSE* Ankara.
- TS EN 314-1 (1999). Determining the bonding quality of veneer plywood by shear testing. *TSE* Ankara.
- TS EN 310 (1999). Determining the modulus of elasticity in bending and the bending strength of wood-based panels, *TSE*, Ankara.