KORUMA ALTINA ALINAN DİKİLİ HALDEKİ AĞAÇLARIN İÇ KISIMLARINDA OLUŞAN ÇÜRÜME VE BOŞLUKLARIN TERMOGRAFİ İLE BELİRLENMESİ

Bilgin GÜLLER

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü/Isparta
bilginguller@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Dikili haldeki ağaçlarda iç kısımlarda oluşan çürüme ve boşlukların zamanında belirlenmesi, bu ağaçlar için gerekli koruma önlemlerinin alınabilmesi açısından önemli bir konudur. Belli bir süre sonra (özellikle öz odunu dayanıklı olmayan türlerde) mantar vb etkisi ile ağaçların iç kısımlarında çürümeler başlamakta bir süre sonra bu kısımlarda boşluklar oluşmaktadır. Bazı ağaçlarda oluşan iç boşluklar gözle görülebilir veya bazı dış göstergeler yardımıyla tahmin edilebilir olduğunda koruma önlemleri alınmakta, fakat ağaçların içinde oluşan çürük ve boşluklar dıştan fark edilmediğinde, özellikle sahip olduğu bazı niteliklerinden dolayı koruma altına alınan anıt ağaç ve meşcereler gibi çok değerli olan bu varlıkların ayakta kalabilmesi için gerekli önlemler alınamamaktadır. Literatürde dikili haldeki ağaçlarda bu kusurların belirlenebilmesine yönelik bazı çalışmalar mevcuttur. Bu bildiride dikili haldeki ağaçlarda herhangi bir tahribat yapmadan iç kısımlarındaki çürük, kovuk, boşluk vb. oluşumların belirlenmesini sağlayan tahribatsız bir muayene metodu (termografi) tanıtılmış ve dikili haldeki ağaçlarda iç kısımlarda meydana gelen kusurların belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler: Termografi, Dikili Ağaç, İç Çürük, İç Boşluk

DETERMINATION OF INTERNAL CAVITIES AND DECAYING TISSUES IN PROTECTED STANDING TREES USING THERMOGRAPHY

ABSTRACT

To take required precautions against to a sudden collapse, break etc. for standing trees, the right time determination of internal cavities and decaying tissue is very important, especially monumental trees and stands which are under protection. Depending on species and environmental effects, after a certain age some defects are formed by fungi etc. in inner part of trees which particularly have a non resistant hearth wood. It is possible to take some precautions against to undesirable circumstances of protected trees if any signs of damage are visible and noticeable on the exterior. Otherwise it is possible to suddenly lose these valuable trees. There are some non destructive methods that introduced on the determination of internal defects on standing trees. With this paper thermography which is one of the important non-destructive techniques was explained and compared other methods used same purpose.
Keywords: Thermography, Standing Tree, Internal Decay, Internal Cavity

GİRİŞ

İnfrared termografinin orijini 1800'lü yıllara dayanmaktadır. İngiliz fizikçi William Herschel termal radyasyonu keşfetmiştir. Daha sonra bu konuda çalışan bir çok araştırmacının (Macedonio Melloni, Gustav Kirchhhoff, James Clerk Maxwell, Joseph Stefan, Ludwig Boltzmann, Max Planck) çalışmalarından elde ettiği başarılı sonuçlar neticesinde termografi pek çok alanda (Tıp, tarım, çevre, termo-akışkanlar dinamiği, ormancılık, komposit materyaller vb.) kullanılan yararlı bir teknik haline gelmiştir (Bucur,2003; Meola ve Carlomagno, 2004). Dikili haldeki ağaçlarda özellikle yaşlı anıt ağaçlarda belli bir süre sonunda özellikle öz odunu dayanıklı olmayan türlerde mantar vb etkisi ile ağaçların iç kısımlarında çürümeler başlamakta, bir süre sonra bu kısımlarda boşluklar oluşmaktadır. Özellikle tarihe tanıklık eden ve koruma altına alınan anıt ağaçlarda, koruma altındaki meşcerelerde, şiddetli fırtına, kar, rüzgar vb. nedenlerle tahripler olmaktadır. Bazı ağaçlarda oluşan iç boşluklar gözle görülebilir olduğunda koruma önlemleri alınmakta (içlerinin çimento vb. destekleyici bazı maddelerle doldurulması, dıştan bazı malzemelerle desteklenmesi vb.), fakat ağaçların içinde oluşan çürük ve boşluklar dıştan fark edilmediğinde çok değerli olan bu varlıkların ayakta kalabilmesi için gerekli önlemler alınamamaktadır. Dikili ağaçlarda iç kısımlarda meydana gelen bu kusurların ağaca bir zarar vermeden belirlenmesi, hem bu ağaçların korunması için zamanında koruma önlemlerinin alınarak mevcudiyetlerinin devamlılığının sağlanması, hem de ani kırılma vb nedenlerle meydana gelebilecek olası zararların en aza indirilmesi açısından önemlidir. Bu tekniğin, dikili haldeki ağaçlarda iç kısımlardaki çürük

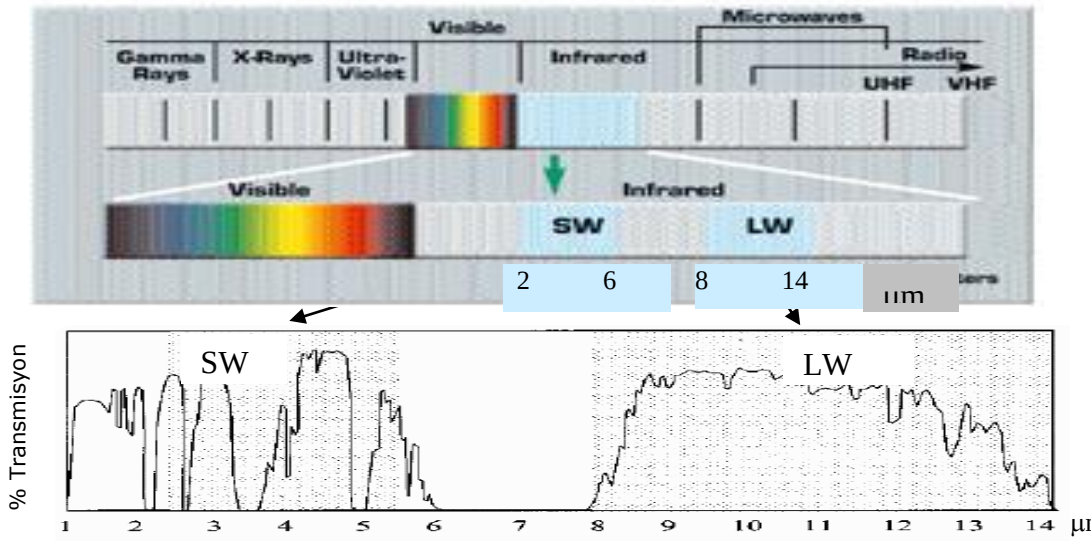
ve boşlukların belirlenmesinde, kullanılan diğer yöntemlere alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Catena ve Catena, 2000; Catena,2002-2003).

TERMOGRAFİ NEDİR?

Termografi temassız (non-contact) ve tahribatsız (non-destructive) bir test metodudur. Bu metotta bir termal kamera ile bir objenin sınırlı bir derinliğe kadar termal yapısı hakkında bilgi edinmek mümkündür. Diğer tahribatsız muayene metotları ile karşılaştırıldığında termografi, geniş alanlarda nispeten daha hızlı çalışmayı sağlayan bir yöntemdir. Bu özelliği ile termografi endüstriyel alanda kalite kontrol amaçlı kullanılmaktadır. Termografide bir termal kamera ile malzeme üzerindeki termal kontrastlar belirlenmekte, elde edilen bilgiler bilgisayara aktarılmakta ve bir yazılım (software) ile değerlendirilmektedir.

Termografide kullanılan termal kamera ile (Şekil 1) bir objeden yayılan termal enerjinin "görülebilmesi" ve "ölçülebilmesi" imkanı vardır.Termal ya da infrared enerji (IR) radyo dalgaları, x-ışınları, görülebilen ışık gibi elektro manyetik enerjinin bir şeklidir. Elektro manyetik radyasyonun tüm formları düz bir hatta ve dalga şeklinde hareket ederler. Bunların arasındaki fark, dalga boylarının farklı olmasıdır. IR nin dalga boyu çok uzun olduğu için (yaklaşık olarak 2-14 µm) insan gözü tarafından görülemeyen bir ışıktır. Elektromanyetik spectrumda infrared ışınların yeri Şekil 2 'de gösterilmiştir. Atmosferik absorbsiyon nedeniyle, IR nin hava yoluyla olan iletimi (transmisyon) kısa (2-6 µm) ve uzun (8-14 µm) olmak üzere iki dalga boyunda meydana gelir. Görülebilir ışığın aksine, IR de mutlak sıfır sıcaklığın üzerinde her şey, çok soğuk objeler bile (örn. Buz küpleri) infrared enerji yaymaktadır. Objenin sıcaklığı ne kadar yüksek olursa IR ışınımı da o kadar yüksek olmaktadır. IR insan gözü ile göremediklerimizin görülmesine sağlayan bir tekniktir (Roth vd. 1997; Hellier, 2001; Meola ve Carlomagno, 2004).

Şekil 1. Örnek bir IR kamera (FLIR Systems ThermaCAM S60)



Şekil 2. Manyetik spektrumda IR nin yeri (SW:Kısa dalga boyu; LW:Uzun dalga boyu)

Bir yüzeyden yayılan enerjinin miktarı bazı faktörlere bağlıdır ve Stefan-Boltzmann formülü (Formül 1) ile ifade edilir.

$$Q = \sigma * \epsilon * T^4 \qquad (1)$$

Q = Işıma ile transfer edilen enerji
σ = Stefan-Boltzmann sabiti ($0{,}1714*10^{-8}$ $Btu/hr*ft^2*R^4$)
Є = Yüzeyin emisivite değeri
T = Yüzeyin mutlak sıcaklığı

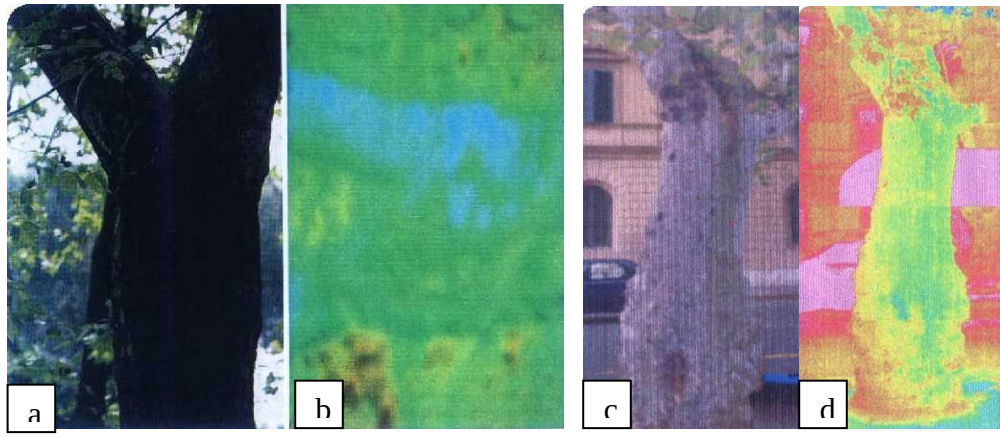
IR sistemler Stefan-Boltzmann kanunu temel alınarak geliştirilmiştir. IR dedektör (kamera) tarafından belirlenen enerji emissivite katsayısına (uzun dalga boylu radyasyonu yayma katsayısı) bağlıdır. Tekrar edilebilir, doğru ölçümlerin yapılabilmesi için bu katsayının yüksek olması gereklidir Bu katsayı bütün termografik çalışmalarda temel sınırlayıcı faktördür. Termografik çalışmalarda Є >0,50 olması tavsiye edilmektedir. İlginç olan bir nokta çatlak, yarık, oyuk ve boşlukların termal enerjiyi etraflarındaki yüzeyden farklı yaymasıdır. Aslında bu durum görülebilir ışık (visible ligth) için de aynıdır. Göz bebeği siyahtır çünkü gözün bu kısmı boşluktur ve buraya gelen ışık tamamen absorbe edilir. Gelen bütün ışık bir yüzey tarafından absorbe edildiğinde yüzey siyah görülür (Hellier, 2001).

Termografinin Dikili Haldeki Ağaçlarda Kullanılması

Bu yöntemin dikili ağaçlarda iç kısımlarda bulunan çürük, kovuk vb. oluşumların belirlenmesinde kullanılması üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlı sayıda olmasına karşılık, bu çalışmalarda oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Catena vd.,1990; Catena, 1991, 1992; Moore, 1998; Catena ve Catena 2000; Catena 2002,2003).

Catena tarafından tavsiye edilen yöntem kısaca; dikili haldeki ağaçların infrared kamera ile görüntülerinin alınması (Şekil 3) ve bu görüntülerde iç boşlukların ve boşluk olmayan alanların, çürük ve sağlam dokuların termal özellikleri (termal iletkenlik ve kapasite) farklılık göstereceği ve dolayısıyla yüzey sıcaklıklarında da farklılıklar meydana getireceği esasına dayanmaktadır.Yapılan çalışmalarda çürük ve boşlukların bulunduğu alanlarda yüzey sıcaklığı daha düşük bulunmuştur.Bu farklılıklar elde edilen termografik görüntü renkli ise kusurun bulunduğu kısımlar çevresindeki sağlam dokuya göre farklı renklerle tanımlanmıştır (Şekil 4). Siyah-beyaz görüntülerde ise kusurların bulunduğu alanlar daha koyu renklerde, gölge şeklinde görülmektedir (Catena, 2002).

Şekil 3. Termal kamera ile dikili ağaçta görüntü alınması (Catena ve Catena 2000)



Şekil 4. Dikili ağaçların fotoğrafik görüntüleri (a,c), termal görüntüleri (b,d) (Foto Catena ve Catena)

Termografi Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Yöntemin en önemli avantajı tahribatsız bir yöntem olmasıdır. İncelenen ağaca herhangi bir zarar vermesi, herhangi bir darbe yapılması veya herhangi bir şey çakılması, çevreye herhangi bir zarar verilmesi söz konusu değildir. Yöntemde, kameranın incelenen ağaçtan 20-25 metre uzaklığa kadar yerleştirilmesi sistemde herhangi bir hataya sebep olmamaktadır. Kullanılan kameraya bağlı olmakla birlikte kamera ağırlığı 2-3 kg (pil vb dahil) kadardır (Catena, 2002; FLIR system, 2005). Termal görüntüler çekilirken kamera üzerindeki monitörden izlemek, bu görüntüleri kaydetmek olanağı vardır. Bu yöntem sayesinde, ağaçların iç kısımlarında oluşan çürük, kovuk vb. oluşumların dıştan fark edilebilen herhangi bir belirtisi olmasa bile, belirlenmesi mümkündür. Ayrıca bu yöntem sayesinde ağacın iç kısımlarında meydana gelen oluşumların erken aşamalarda belirlenmesi ve gelişimlerinin takip edilmesi de mümkündür. Böylece, zamanında gerekli koruma önlemlerinin alınması olanak dahilindedir. Yöntemin öğrenilmesi için birkaç günlük kurslar yeterli olmaktadır (Catena, 2003). Bu yöntem 120 cm göğüs çapına kadar olan ağaçlarda başarı ile uygulanmıştır[1]

Yöntemin en önemli dezavantajı kullanılan kameranın oldukça pahalı olmasıdır (tüm donanım ve yazılım dahil 20.000-60.000 avro[2]). Bu yöntemin tıp, endüstri, askeri uygulamalar, yaban hayatı çalışmaları vb. geniş bir kullanım alanı vardır.Bu nedenle sistemin fiyat dezavantajı çok yönlü kullanım avantajı ile birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca yöntem yalnızca bir zararın varlığını ve gövdenin hangi kısımlarına yayıldığını tespit etmektedir, zararın niteliğini ve nedenlerini bu yöntemle tespit etmek mümkün değildir. Ayrıca yağmurlu havalarda ve ağaç yüzeyinin su ile tamamen kaplanmış olması veya tamamen güneş alması durumunda uygun termografik görüntüler elde edilememektedir.

DİKİLİ AĞAÇLARDA İÇ KISIMLARDAKİ KUSURLARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN DİĞER YÖNTEMLER

Dikili Haldeki ağaçların iç kısımlarında bulunan çürük, boşluk vb. oluşumların belirlenmesinde kullanılan en basit, eski ve yaygın uygulama bir çekiç vb. aletle gövdeye vurularak çıkan sese göre yorum yapılmasıdır. Bu basit, kolay, ucuz ve hızlı bir yöntemdir. Bu uygulamada işlemi yapan kişinin çok deneyimli olması gereklidir. Elde edilen sonuçlarının doğruluğu işlemi yapan kişiye bağlı olduğu için, bu uygulamaya bilimsel bir yöntem olarak bakmak pek doğru değildir. Ayrıca, iç kısımlarda boşluk ve çürüklük ilerlemiş bir safhada ise yapılan tahminlerin doğruluk payı artmaktadır. Başlangıç aşamalarında olan kusurların bu şekilde belirlenebilmesi ve sürekli takip edilebilmesi olanağı yoktur.

Bir diğer basit yöntem ağaçtan artım burgusu ile alınan artım kalemlerinden bir değerlendirme yapmaktır. Artım kaleminin ağaçtan alındığı yükseklikte mevcut olan kusurlar hakkında görsel bir fikir edinmek mümkündür. Ayrıca artım kalemleri üzerinde meydana gelen oluşumun etkilerini (yoğunluk, direnç kaybı vb. özel ekipmanlar yardımı ile) ölçmek mümkündür (Maeglin,1979;

[1] Dr. Giorgio Catena ile yapılan özel görüşmeden elde edilmiş bilgidir.
[2] Bu fiyat 03/12/2004 tarihinde Sentez Mühendislik Ltd. Şti. den alınmıştır

Mattheck ve Breloer, 1994; Mattheck vd., 2001). Artım kalemi kullanılarak yapılan ölçümler her ne kadar tahribatsız test yöntemleri adı altında geçse de, ağaçtan alındığı yer, ağacın yaşı, burgu kalınlığı vb. bağlı olarak ağaç açısından bazı sakıncaları söz konusudur. Ayrıca burgu alınan kısmın mantar enfeksiyonuna açık bölge oluşturması da bu yöntemin olumsuz bir özelliğidir (Maeglin,1979).

Bu amaç için kullanılan gelişmiş yöntemler; radyografi (Filler, 1972; Habermehl ve Ridder, 1993,95; Bucur, 2003), Shigometer (Ostrofsky ve Shortle, 1989), DDD (Decay Dedecting Drill) (Seaby, 1990), ultrason (Sandoz ve Lorin, 1994; Anonim, 1998; Berndt vd., 1999; Anonim, 2000; Bucur, 2003), odun dokusu içerisine yerleştirilen ince alıcı vb. ile inceleme yapan aletler; Resistograph (Rinn, 1994), vb. dir. Bu yöntemler genel olarak termografi yöntemine göre daha uzun zaman gerektirmektedir. Uygulamada birden fazla operatöre ihtiyaç duyulmaktadır.Bu aletlerin genel olarak ağaca yakın konumlandırılması gerekmektedir. Ağacın üst kısımlarına yapılacak uygulamalarda bu kısımlara bir merdiven vb. ile tırmanılması gerekmektedir. Bu yöntemlerin bazılarında ağacın iç kısımlarına 2-3 mm bile olsa delikler açılmaktadır. Bu kısımlar ne kadar küçük olursa olsun mantar vb. organizmaların bulaşma ortamını oluşturmaktadır. Bu yöntemler daha kısıtlı alanlarda kusurların belirlenmesini sağlamaktadır. Radyografik (x-ray) ölçüm yapan aletlerde ise her zaman çevre ve insan sağlığı açısından bir risk söz konusudur (Emerson et al., 1998; Catena, 2002; Shull, 2002; Bücür, 2003).

SONUÇ

Sonuç olarak termografi yönteminin dikili haldeki ağaçlarda kullanılması ile ilgili yapılan çalışmaların 5-6 yıllık bir geçmişi olmasına rağmen, uygulamada alınan sonuçlar oldukça başarılı olmuştur. Bu yöntemin diğer yöntemlere göre en önemli avantajları; kullanılan kameranın ağırlığının 2-3 kg civarında olması nedeniyle arazi çalışmalarında (özellikle araçla ulaşım güçlüğü olan yerlerde) kolaylık sağlaması, ağaca, kullanıcıya ve çevreye herhangi bir zarar olasılığının olmaması, ağacın yalnızca belli bir yüksekliğinde değil gövde boyunca inceleme olanağı vermesi, dıştan herhangi bir belirti olmadan iç kısımlarda oluşan kusurlar hakkında bilgi vermesi ve bu kusurların takip edilmesine olanak sağlayarak ilerleyen aşamalarda ağaç için gerekli koruma önlemlerinin alınabilmesidir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı fiyatının yüksek olmasıdır. Alternatif yöntemlerle karşılaştırıldığında bu konuda kullanılan ekipmanların fiyat skalası çok geniştir (çekiç vb. aletlerde fiyatlar oldukça düşük iken, artım burgusu, shigometer, resistograf, ultrason, x-ray gibi komplike cihazlara doğru fiyatlar artmakta hatta termal kameraların fiyatlarını katlamaktadır). Elbette bir aletin fiyatının yüksek olmasına rağmen, kullanım alanının çok çeşitli olması önemlidir. Termografi yöntemi ile yalnızca zararın varlığını ve gövdenin hangi kısımlarına yayıldığını tespit etmek mümkündür. Zararın niteliğini, yani bir boşluk mu yoksa çürüklük mü olduğunu ve nedenlerini bu yöntemle tespit etmek mümkün değildir. Bu yöntem, dikili ağaçlarda yalnızca zararın varlığını ve boyutunu tespit etmeye ve bunun gelişimini takip etmeye olanak sağlayan tahribatsız ve pratik bir yöntemdir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1998.rbosonic decay detector, Instruction manual, Fıjikura Europe Ltd, UK.

Anonim, 2000. Picus, Instruction manual, Institut fur Geholze and Landshaft, Germany.

Berndt, H., Schnlewind, A.P, Jonhson, G.C, 1999. High resolution ultrasonic imaging of wood, Wood Sci.and Tech33,3:185-198.

Bucur, V. 2003. Non-destructive Characterization and Imaging of Wood, Springer series in wood science, Springer Verlag, ISBN:3-54043840-8.

Catena, G., Catena, A., 2000. Termography for the evaluation of cavities and pathological tissues in trees, Agric Ricerca185:47-64.

Catena, A., 2002. A Thermograph to spot tree hazard, ATTI DELLA"FONDAZIONE GIORGIO RONCHI" Anno LVII, N3Firenze.

Catena, A., 2003. Thermography reveals hidden tree decay, Arboricultural Journal, Vol27, pp27-42.

Emerson, N.R, Pollock, D.G, Kainz, J.A, Fridley, K.J, McLean, D.L, Ross, R.J, (1998). Non-destructive evaluation techniques for timber bridges, 5th World Conference on Timber Engineering, Proceedings Vol1:670-677, August 16-17, Switzerland.

Filler, T.H, 1972.Gamma radiation detects defects in trees and logs, Phytopathology, 62,756.

Flir Systems, 2005. www.flir.com (04/05/2005).

Habermehl, A., Ridder, H.W, 1993. Anwendungen der mobilen Computer-Tomographie zur zerstörungsfreinen untersuchung des holzkörpers von stehenden Baumen (Aplication of mobile computed tomography for nondestructive investigationson wood of living trees) Holz Roh Werkst 51:1-6.

Habermehl, A., Ridder, H.W., 1995. Computerised tomographic investigations of street and park trees, Arboric J 19:419-437.

Hellier, C., 2001. Handbook of Non-destructive Evaluation, Chapter:9, Published by McGraw-Hill Co US.

Maeglin, R.R, 1979. Increment cores how to collect, handle and use them, Forest Products Lab, General Tech Report FPL 25, Madison, USA.

Mattheck, C., Breloer, H., 1994. Field guide for visual tree assesment Arboricultural Journal,18, 1-23.

Mattheck, C.,Bethge, K., Götz, K., 2001. Das FractometerII-Einfeldtaugliches Holzprüfgerat, Forschhungszentrum Karlsruhe Technic und Umwelt, Germany.

Meola, C., Carlomagno, M.G, 2004. Recent advances in the use of infrared thermography, Rewiew article, Meas Sci. Technol. 15R27-R58, Institute of Physics Puplishing, UK.

Moore, M.W.,1998.Outillage pour la detection des defauts internes des arbes, Le point de vue du praticien, La foret privee,1^{e} partie, 239,31-44; 2^{e} partie,240,23-39.

Ostrofsky, W.D, Shortle, W.C., 1989. Aplications of the Shigometer for assessing tree and forest health and wood product quality, a review, Rev Trop Pl Path, 6:39-57.

Rinn, F., 1994. Drill resistance measurement on standing trees and timber, wood quality, tree growth and decay assesment with resistograph micro drill,ings, Proceedings of IMEKO XIII World Congress, Torino, Italy.

Roth, D.J, Bodis, J.R, Bishop, C., 1997. Thermographic imaging for high-temperature composite materials- a defect detection study, Res Nondestructive Evaluation, 9:147-169, Sprinder-Verlag.

Sandoz, J.L, Lorin, P., 1994. Standing tree quality assesment using ultrasound, First European Sym On Non-destructive Testing, Sopron, Hungary, Proceedings, Vol2:493-502.

Seaby, D.A, 1990. Recent advances in the detection of wood decay, Forestry Commission Bulletin 97, SJ Hodge Ed, 168-176

Shull, P.J (Editor), 2002. Non-Destructive Evaluation: Theory, Techniques, and Applications, Pub By Marcel Dekker.