

ARTVİN ve YÖRESİNDE TEL DİREKLERİNDEKİ KUSUR ve TAHRİBATLARIN TESBİTİ

Engin Derya GEZER¹, Ali TEMİZ¹, Turan YÜKSEK²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
²Riize Üniversitesi, Paraz Meslek Yüksekokulu, Rize

ÖZET

TEDAŞ Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre; ülkemizde yaklaşık 10.000.000 adet direk bulunmakta ve bunların 5.000.000 adedi ağaç tel direğidir. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre ise; sadece Trabzon ilinde 208.000, Rize ilinde 180.000 ve Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl empenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır. Ağaç tel direklerinin çeşitli kimyasal maddeler ile empenye edilerek kullanım süreleri 40-50 yıla kadar çıkartılabilmektedir. Bununla birlikte, özellikle Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin kullanım ömrü sadece 10-15 yıl ile sınırlıdır. Bu çalışma kapsamında, Artvin ve yöresinde kullanılan tel direklerindeki kusur ve tahribatlar belirlenerek, tel direklerinin hizmet ömürlerinin artırılması için gerekli öneriler ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, tel direklerinin kullanım sürelerini etkileyen en önemli faktörler; mantar ve böcek tahribatları, empenye işlemlerinin yetersiz olması ve tel direklerinde bulunan derin çatlak ve yarıklar olduğu tesbit edilmiştir.

DETERIORATION and DEGRADATION on UTILITY POLES in ARTVIN VICINITY

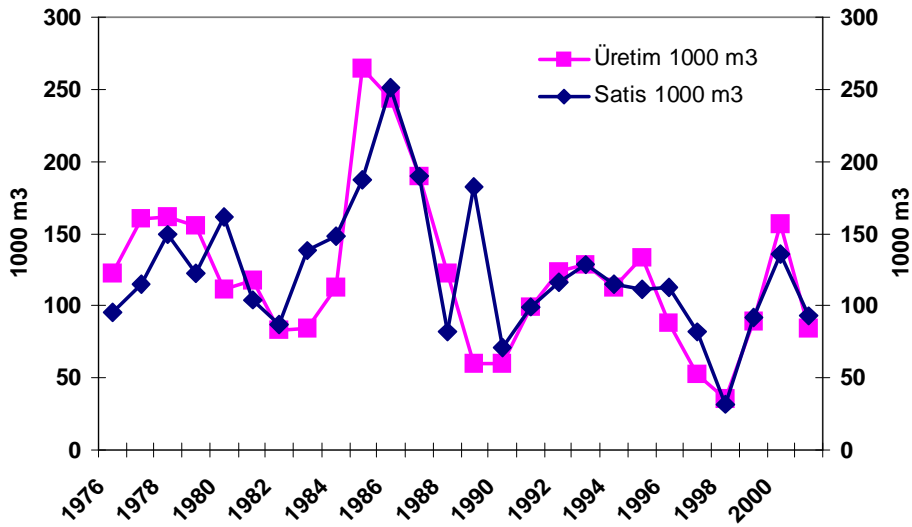
ABSTRACT

According to TEDAŞ's statistical data; there are about 10.000.000 utility poles and of which half of them are made of wood. According to TEDAŞ Trabzon Local Directorship's statistical data; there are 208.000 utility poles in Trabzon, 180.000 utility poles in Rize and 180.000 utility poles in Artvin. Every year, 17.000 new utility poles are placed in these three cities. The average lifetime of a treated-wood utility pole is typically 40 to 50 years. However, the average lifetime of a treated-wood utility pole at the Eastern Blacksea Region is only about 10-15 years. In this study, the suggestions for enhancing the lifetime of treated-wood utility poles in Artvin vicinity were listed by determining the deteriorations and degradations at the utility poles. According to the results of this study, The most important factors affect the lifetime of utility poles were the fungi, insects, insufficient impregnation and the deep cracks and splits.

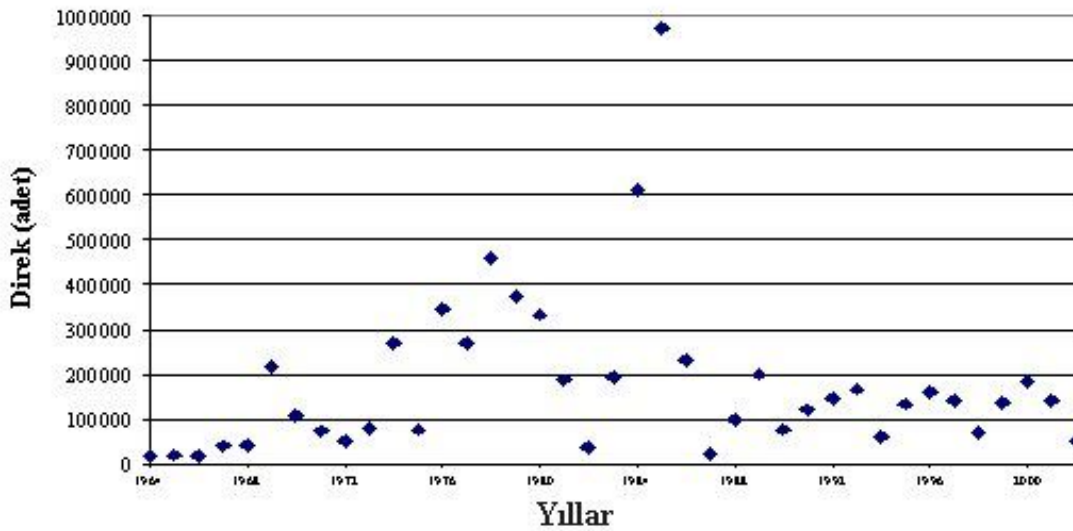
GİRİŞ

Son yıllarda ağaç malzemeye olan talebin artması, buna karşın ormanların hızlıca yok edilmesi ağaç malzemenin empenye edilerek kullanım süresinin artırılmasını zorunlu kılmıştır. Ülkemizde her ne kadar ağaç malzemenin empenyesi ile ilgili standartlara uyma mecburiyetinin olmamasına ve empenye işlemlerinin Bayındırlık İskan Bakanlığının hazırladığı şartnamelere girmemiş olmasına rağmen, yaklaşık yılda 400.000 m³ iğne yapraklı türlerden üretilen tel direkleri ve 30.000 m³ yapraklı ve iğne yapraklı türlerden üretilen traversler empenye edilmektedir (Bozkurt vd, 1993). TEDAŞ Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre, ülkemizde toplam yaklaşık 10.000.000 adet direk bulunmakta ve bunların yaklaşık 5.000.000 adedi ağaç tel direğidir. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü'nün verilerine göre, sadece Trabzon ilinde 208.000, Rize ilinde 180.000 ve

Artvin ilinde 121.000 adet dikili tel direği bulunmakta ve bu üç ilde ortalama her yıl empenye edilmiş 17.000 adet tel direği kullanılmaktadır (Gezer, 2003). Orman Genel Müdürlüğü tarafından üretilen ve satılan tel direklerinin yıllara göre dağılımı Şekil 1'de verilmektedir (Gezer, 2003). Ağaç tel direkleri çeşitli empenye maddeleriyle empenye edilerek kullanım süreleri 40-50 yıla kadar çıkartılabilmektedir. Bununla birlikte, özellikle Karadeniz Bölgesinin sahil kesimlerinde tel direklerinin ömrü sadece 10-15 yıl kadardır. Ülkemizde atıl hale gelen tel direklerine ait istatistik verileri bulunmamakla birlikte, TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964 yılında günümüze kadar kullanılan tel direği miktarları Şekil 2 de verilmektedir (Gezer, 2003).



Şekil 1: Orman Genel Müdürlüğü'nün yıllara göre tel direği üretimi ve satışı.



Şekil 2. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 1964-2002 yılları arasında kullanılan tel direk miktarı

Ağaç tel direklerinin kullanım süresinin beklenenden çok kısa olması, gerek hammadde kaybı, gerek maliyelerin artması gerekse atıl hale gelen emprenyeli ağaç tel direklerinin bertaraf edilmesi ve/veya geri dönüşümü problemleri nedeniyle büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle tel direklerinin kullanım sürelerine etki eden faktörlerin ve tel direklerindeki tahribatların belirlenmesi bu sorunun çözümü için oldukça önemlidir. Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar oldukça az ve sınırlıdır. Bu nedenle, bu çalışma ile Artvin ve yöresindeki tel direklerindeki tahribatların belirlenmesi araştırılmıştır. Bu araştırmanın amaçları:

- Tel direklerinde yaygın olarak görülen çürüklük tiplerinin belirlenmesi,
- Tel direklerinde yaygın olarak görülen tahribatların belirlenmesi.

2. YÖNTEM

2.1. Tel Direklerindeki Tahribatların Tespiti

Kullanımda bulunan ve gerekse atıl haldeki depolarda bekletilen direklerde yaygın olarak görülen tahribatların tespiti AWPA M13-01 (2001) numaralı kullanımda bulunan tel direklerin fiziksel olarak denetlenmesi için rehber standardına göre yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir:

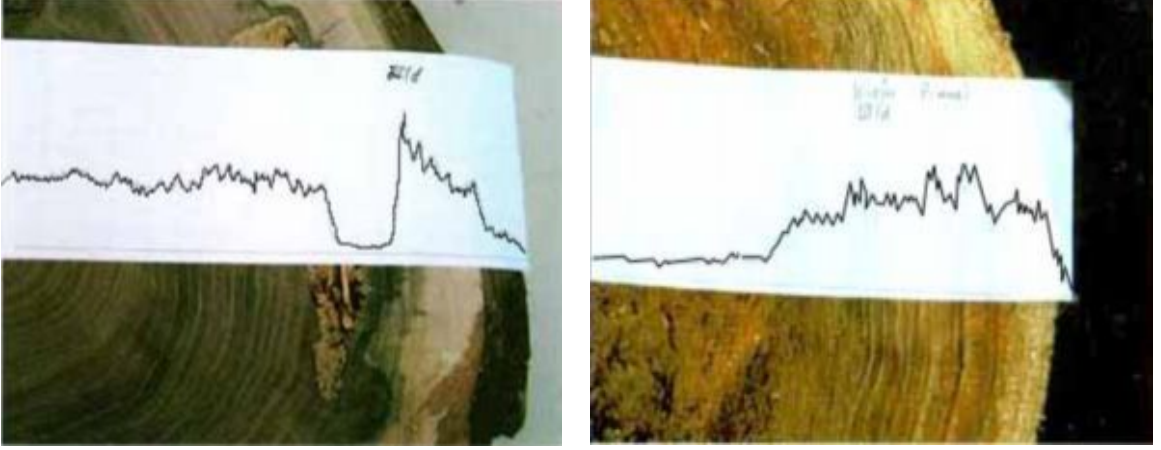
- A. Ağaç türü
 - Emprenye maddesi
 - Direğin yaşı
- B. Tahribatın tipi ve direğin hangi bölgesinde olduğu
 - Direğin yüzeyindeki kusurlar
 - a. Kusurun bölgesi
 - b. Kusurun maksimum derinliği
 - Direğin iç kısımlarındaki kusurlar
 - a. Kusurun bölgesi

2.2. Tel Direklerin İç Kısımlarındaki Tahribatların Tespiti

Arazide kullanımda olan tel direklerinin iç kısımlarında çürüklük olup olmadığı da büyük önem arz etmektedir. Özellikle çürüklüğün ilk aşamalarında ağaç malzeme dışarıdan bakıldığında tamamen sağlam görünmek ve iç kısımlarda çürüklük oluşup olmadığı tesbit edilememektedir. Bu amaçla tel direklerinin iç kısımlarındaki çürüklük ve tahribatlar resistograph cihazı ile belirlenmiştir. Bu sayede direkler içerisinde oluşan bölgesel çürüklükler belirlenerek neden olan faktörlerin tespit edilmesine çalışılmıştır.

Tel direklerinin dıştan gözlemlenerek yapılan denetlemeler her zaman doğru sonucu vermeyebilir. Bazı durumlarda çürüme direklerin iç kısımlarında başlayarak ilerler ve çürüklüğün ilk aşamalarında bunu dışarıdan tespit etmek oldukça zordur. Tel direklerinin iç kısımlarının çürümesiyle ciddi hasarlara neden olmaktadır. Bu amaçla, resistograph cihazıyla tel direklerinin iç kısımlarındaki çürüklük zonları ve boşluk (derin çatlaklardan dolayı) alanları ve direğin dış kısımdan ne kadar mesafe de oldukları belirlenmeye çalışılmıştır. Resistograph cihazının çalışma ilkesi; milin odun içerisinde ilerleme hızının gelişmiş elektronik ve mekanik sensörler sayesinde grafiğe aktarılmasıdır. Bir başka ifade ile, odunun özgül ağırlığının yüksek olduğu kısımlarda milin ilerlemesi yavaş olacağından yüksek dirence maruz kalmakta ve yüksek pik vermektedir. Çürüklük

zonlarında ve boşluk bölgelerinde odunun özgül ağırlığı düşük olduğundan milin ilerlemesi ve karşılaşmış olduğu direnç daha düşük olmaktadır ve daha düşük pik vermektedir (Şekil 3). Ayrıca 45° lik açı aparatıyla tel direklerinin toprakla temas eden kısımlarının da incelenmesi mümkün olmaktadır (Şekil 4).



Şekil 3. Resistograph cihazı ile tel direklerinin iç kısımlarındaki çürüklük ve boşluk alanlarının belirlenmesi



Şekil 4. 45° lik açı aparatıyla tel direklerinin toprakla temas eden kısımlarının da incelenmesi

3. BULGULAR

3.1. Tel Direklerindeki Tahribatların Tespiti

3.1.1 Artvin-Pamukçular ve Murgul yöresindeki tel direklerine ait bulgular

Tel direklerindeki tahribatların tespiti AWPA M13-01 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Bu bölgelerde seçilen deneme alanlarında bulunan 150 adet tel direği

incelenmiş bunlardan 30 adedinde ayrıca resistograph cihazı ile tel direklerinin iç kısımlarında çürüklük olup olmadığı belirlenmiştir. Bu incelemeler sonucunda Pamukçular bölgesinde direklerin %90'nı 1992-1993 yıllarına ait olduğu, bir başka ifade ile yaklaşık 16-17 yıldır kullanımda oldukları tespit edilmiştir. Bu yöredeki tel direkleri sarıçam odununda elde edildiği ve tel direklerin emprenyesinde kreozot, Tanalith-C (CCA-C) ve K-33 kullanıldığı belirlenmiştir. İncelenen tel direklerinin %95'inde derin çatlaklar belirlenmiştir. Tel direklerinin güneş alan yüzeylerinde (güney bakı) yoğun bir renk (koyu kahverengi) değişimi olduğu gözlemlenmiştir. Tel direklerinde çürüklükler tespit edilmesine rağmen, böcek tahribatı çok az olduğu belirlenmiştir. Murgul bölgesindeki tel direklerinin büyük çoğunluğu metal veya beton direkler olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle ancak 80 adet tel direği incelenmiş ve bunlardan 30 adedinde resistograph cihazıyla incelemelerde bulunulmuştur.

Odunun çürümeye neden olan mantarlar meydana getirdikleri çürüklük tiplerine göre sınıflandırılabilir. Çürüklük tipleri hücre yoğunlukla çeperi bileşenlerindeki bozuşmaya göre tanımlanmaktadır. Beyaz çürüklük mantarları tüm odun bileşenlerini tahrip ve metabolize etme yeteneğine sahiptir. Araştırmalara göre, enzimatik kapasiteleri değişiklik gösteren farklı beyaz çürüklük mantarları hücre çeperi bileşenlerini değişik oranda degrade etmektedir. II. Tip beyaz çürüklük mantarları tüm bileşenleri aynı oranda tahrip ederken, I. tipte olanlar öncelikle lignini daha hızlı biçimde bozundurmaktadır. Geriye kalan odun beyaz renkte ve lifli bir hal almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli tamamen misellerle sarılmış tel direğinde tespit edilen beyaz çürüklük.

Esmer çürüklük mantarları öncelikle hücre çeperi karbonhidratlarını degradesyona uğratmaktadır. Geriye modifiye edilmiş lignin kalmaktadır. Çürüklüğün erken aşamasında hemiselülozlar selülozdan daha hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Esmer çürüklük, çürümenin daha erken aşamalarında sekonder çeperdeki karbonhidratların yoğun bir şekilde tahrip edilmesiyle beyaz çürüklükten farklılaşmaktadır (Şekil 6).

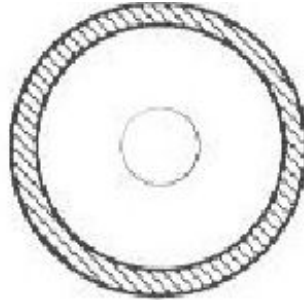


Şekil 6. TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda CCA ile emprenyeli sarıçam tel direklerinin toprak zonunda tespit edilen esmer çürüklük

Yumuşak çürüklük mantarlarının hücre çeperi bileşenlerinde yaptığı tahribat dikkate değer ölçüde bir çeşitlilik göstermektedir. Birçok yumuşak çürüklük mantarının temel hedefi odun karbonhidratlarıdır. Lignin sınırlı miktarda tahrip edilir ve bu anlamda esmer çürüklük tahribatını andırırlar. Fakat diğer bazı yumuşak çürüklük mantarları beyaz çürüklük mantarlarına benzer şekilde, iğne yapraklı ağaçlardaki lignini karbonhidratlardan daha fazla miktarda tahrip etmektedir. Yumuşak çürüklük mantarlarının birçoğu birkaç istisna olmakla birlikte, selüloz birimlerini hemiselüloz birimlerinden daha hızlı bir oranda bozundurmaktadır. Yumuşak çürüklük mantarı ise selülozun kristal zonunu degrade edebilme yeteneğine sahiptir. Sekonder çeperin S₂ tabakasında meydana getirilen karakteristik oyuklar bunun göstergesidir. Yumuşak çürüklüğün geniş bir tanımı, hücre çeperi bileşenlerinin mikro mantarlar tarafından degradasyonuna uğratılması olarak kabul edilmektedir. Yumuşak çürüklük genellikle tel direklerin yüzeyinde ve toprak zonunda tespit edilmiştir.

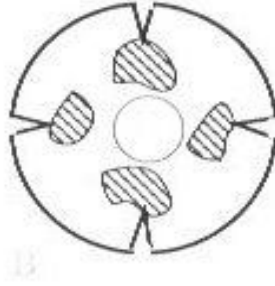
Yapılan incelemeler sonucunda tel direklerinin enine kesitinde yaygın olarak tespit edilen çürüklük modelleri aşağıda verilmektedir.

1. Yüzeysel çürüklük: Genellikle çürüklüğün yeni başladığı, ilk aşamasında görülen veya aşırı rutubete maruz kalan tel direklerinin yüzeylerinde meydana gelen yumuşak çürüklük sonucu görülen modeldir (Şekil 7).



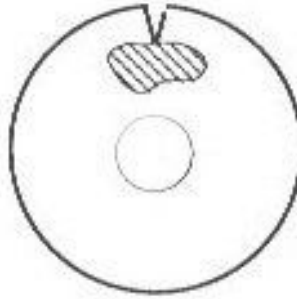
Şekil 7: Tel direklerinde tespit edilen yüzeysel çürüklük tipi

2. Küçük çürüklük zonları: Genellikle tel direklerinin yüzeylerinde bulunan çatlak ve yarıklardan mantar misellerinin direğin iç kısımlarına girmesiyle emprenyesiz kısımlarda küçük çürüklük bölgelerinin oluşturulmasıdır (Şekil 8).



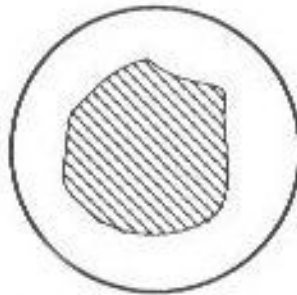
Şekil 8. Tel direklerinde tespit edilen küçük çürüklük zonları

3. Büyük çürüklük zonları: Bu tip çürüklük modelinde de mantar miselleri tel direklerinin yüzeylerinde bulunan derin çatlaklardan girerek emprenyesiz kısımlarda çürüklük bölgesi oluşturmaktadır. 2 nolu maddede açıklanan çürüklük modeli tipinin ilerlemiş aşamasıdır (Şekil 9).



Şekil 9. Tel direklerinde tespit edilen büyük çürüklük zonları

4. Oyuk tipi çürüklük: Tel direklerinin emprenye edilmesinden önce mantar misellerinin direklerin iç kısımlarına girmesi ve uygun ortam olduğunda bu iç kısımları çürütmesiyle büyük oyuklar oluşmaktadır. Diğer yandan, tel direklerinin uç kısımlarının aşırı yağış ve güneşe maruz kalmasından dolayı da bu tip çürüklük yapısına tel direklerinin uç/tepe kısımlarında da tespit edilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Tel direklerinde tespit edilen oyuk tipi çürüklük

Gerek kullanımda bulunan gerekse atıl haldeki CCA ile emprenyeli tel direklerinde tespit edilen diğer tahribat ve kusurlar aşağıdaki gibi ele alınabilmektedir.

1. Böcek tahribatı: Bu çalışma kapsamında yapılan incelemeler sonucunda kullanımda bulunan özellikle Pamukçular yöresindeki tel direklerinde böcek tahribatının yaygın olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 11). Böcek tahribatı genellikle direklerin emprenye işlemine hazırlanması sırasında dış kabuk ve kambiyum tabakasının uzaklaştırılması işleminin tam olarak yapılmadığı direklerde tespit edilmiştir. Bununla birlikte; mantar tahribatına uğramış tel direklerinde böcek tahribatının yoğun olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, atıl haldeki depolarda bekletilen tel direklerinde böcek tahribatının aşırı seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Artvin-Pamukçular ve Murgul yöresinde yoğun bir şekilde böcek tahribatına uğramış tel direği

2. Yakılma: Kullanımda bulunan tel direklerinde görülen tahribatların biriside tel direklerinin dibinde yakılan ateşten kaynaklanmaktadır. Özellikle şehir merkezi dışındaki direklerde bu tahribat gözlemlenmiştir. Yakılan ateş sonucu tel direklerinin toprak zonunda özellikle tel direklerinin emprenyeli dış kısmında büyük hasar oluşmakta buda mantar ve böcek zararlıların tel direğini tahrip etmelerini kolaylaştırmaktadır.

3. Tel direklerinde derin çatlak ve yarıklar: Kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinde belirlenen kusurlardan biriside derin çatlak ve yarıklardır. Bu çalışma kapsamında incelenen tel direklerin %95'inde derin çatlaklar tespit edilmiştir

(Şekil 12). Özellikle, toprak zonuna yakın kısımlardaki çatlaklar, tel direklerinin çürümeye en hassas olan bu kısımlarına mantar misellerinin girmesini kolaylaştırmakta ve tel direklerinin çürümelerine neden olarak beklenen kullanım süresinden daha kısa sürede atıl hale gelmelerine neden olmaktadır.



Şekil 12. Artvin-Pamukçular ve Murgul yöresindeki tel direklerinde tespit edilen çatlak ve yarıklar

Tel direklerinde tespit edilen derin çatlaklar ve yarıkların oluşmasının iki önemli nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tel direklerinin empenyesi sırasında uygulanan basıncın hızla yükseltilmesi tel direklerinde çatlaklara neden olmaktadır. Diğer neden ise, empenye işleminden sonra yüksek rutubete sahip tel direklerinin aşırı rutubet kaybetmesidir. Bu durum çatlakların oluşmasına sebep vermektedir. Ayrıca, tel direklerinin kullanım yerlerinde aşırı yağış ve güneşe maruz kalmalarının bu çatlakları oluşturduğu

düşünülmektedir. Tel direklerine insanlar tarafından verilen hasarlar da tel direklerinin kullanım sürelerinin beklenenden daha kısa olmasına neden olmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Artvin-Pamukçular ve Murgul yöresindeki tel direklerinde tespit edilen insanların neden olduğu kusurlar

4. Tel direklerinde gerçekleştirilen işlemler: TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanıma hazır CCA ile emprenyeli tel direklerinde yapılan incelemelerde, tel direklerindeki elektrik aksamalarının takılması için gerekli olan delikler açılmadığı tespit edilmiştir. Bu deliklerin emprenye işleminden sonra açılması nedeniyle, emprenyesiz kısımlar açığa çıkmaktadır. Bu açılan delikler mantar misellerinin ve böcek zararlılarının kolayca direklerin emprenyesiz iç kısımlarına ulaşmasına ve böylece tel direklerinin tahrip edilmesine neden olmaktadır.

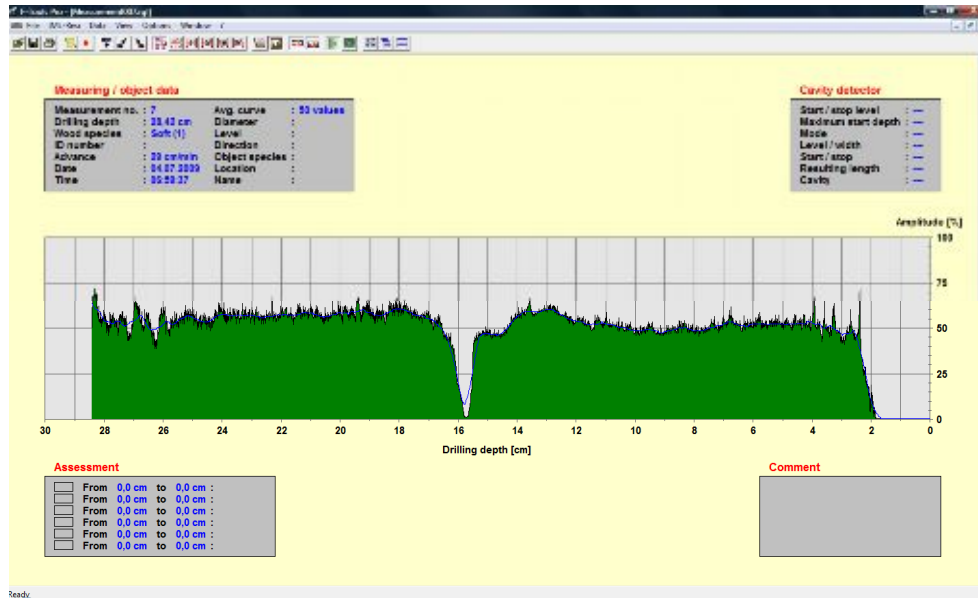
5. Emprenye maddesinin nüfuz derinliği: Gerek kullanımda bulunan CCA ile emprenyeli tel direklerinden artım burgusuyla alınan örneklerden gerekse TEDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü Arsin Deposunda kullanılmamış ve atıl haldeki tel direklerinden alınan örneklerde emprenye maddesinin nüfuz derinliği incelenmiştir. Çam tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliği 1 ile 8 cm arasında değişirken, ladin ve göknar tel direklerinden alınan örneklerde nüfuz derinliğinin 0.3-2 cm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 14).



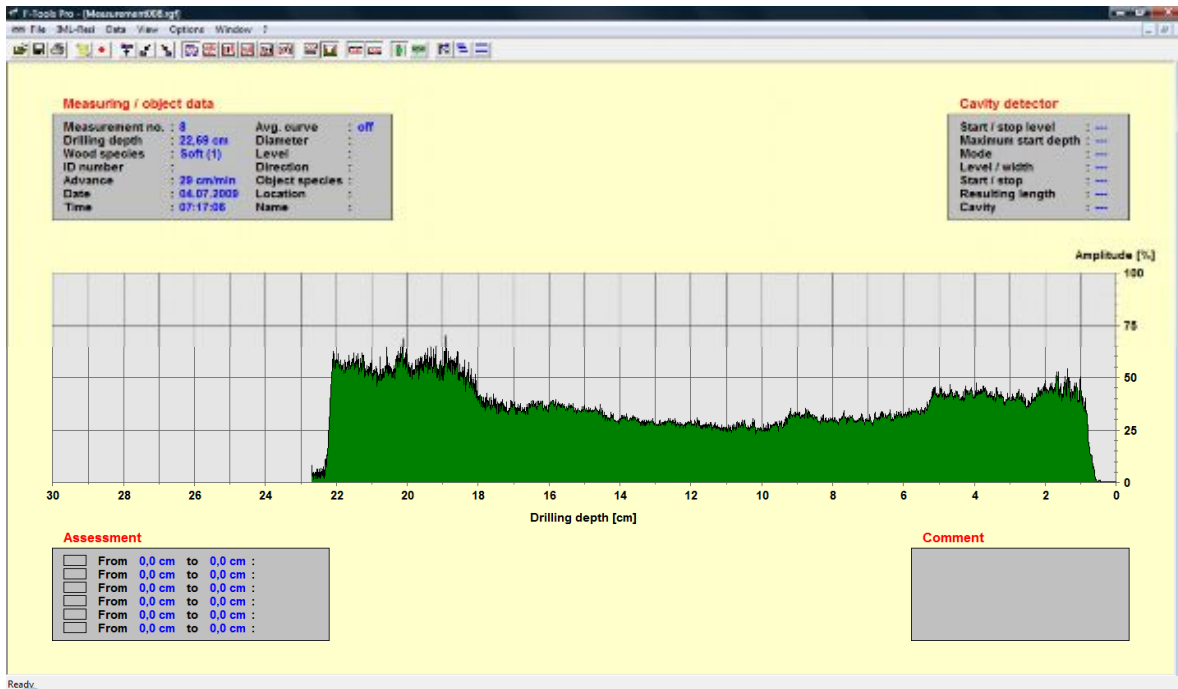
Şekil 14. Artvin-Pamukçular ve Murgul yöresindeki tel direklerinde empenye maddesinin nüfuz derinliği

2.2.2. Resistograph cihazıyla elde edilen bulgular

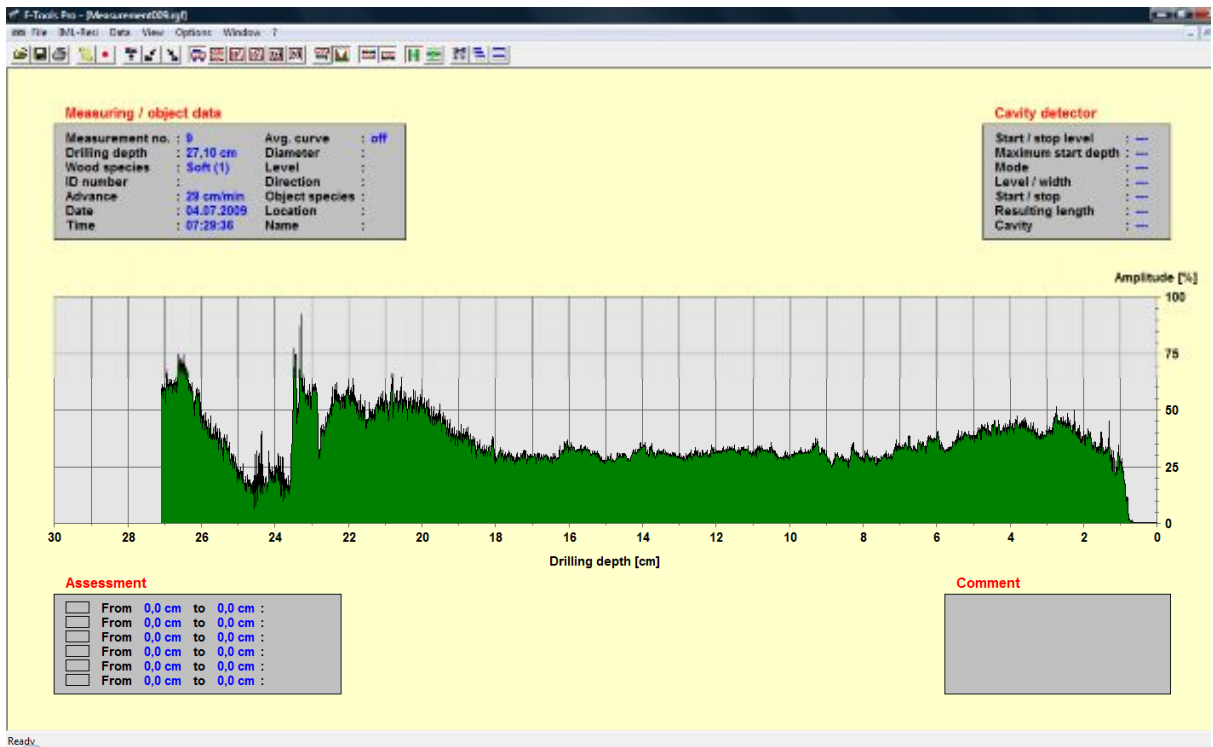
Artvin – Pamukçular ve Murgul yöresinde incelenen tel direklerinden bazılarında ait resistograph çıktıları Şekil 15’ de verilmiştir.



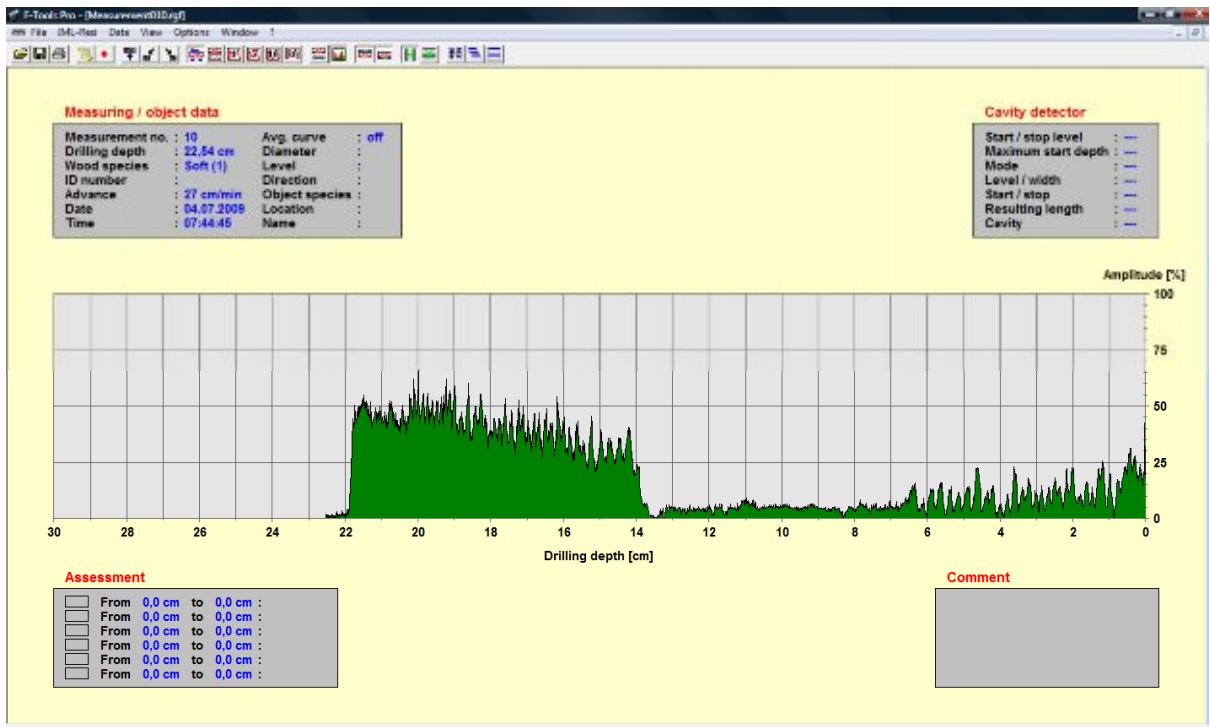
(A)



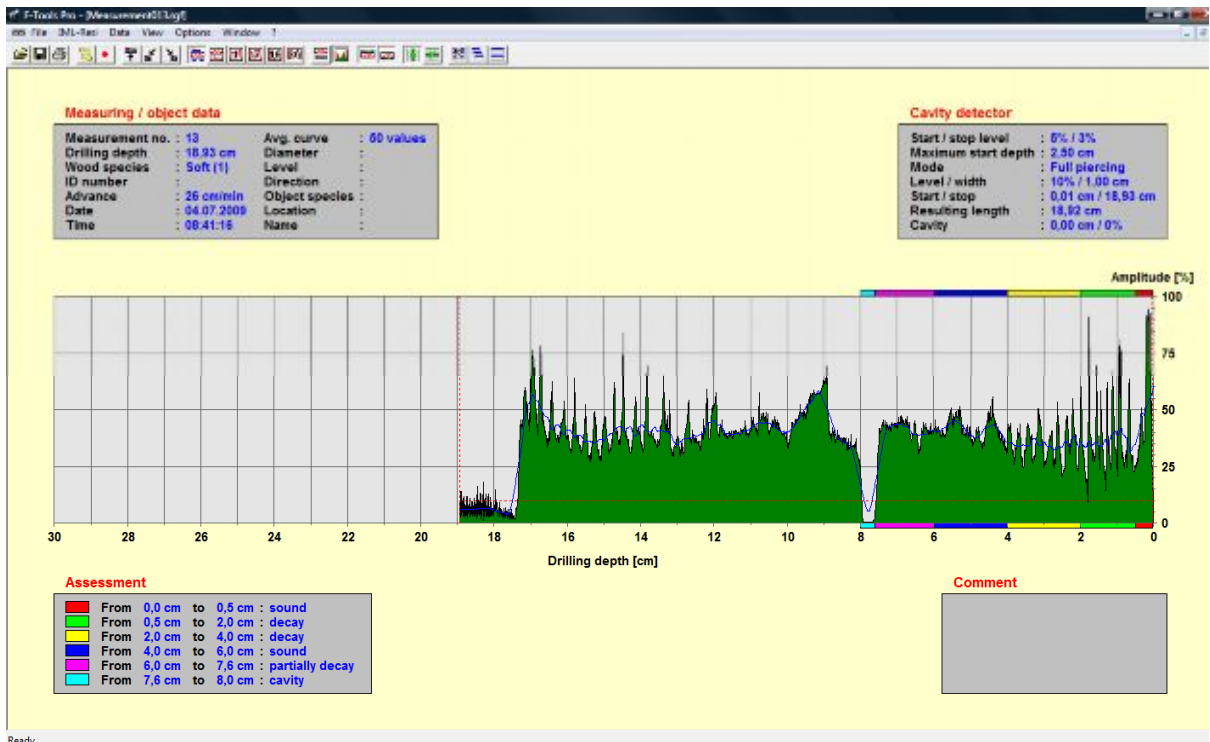
(B)



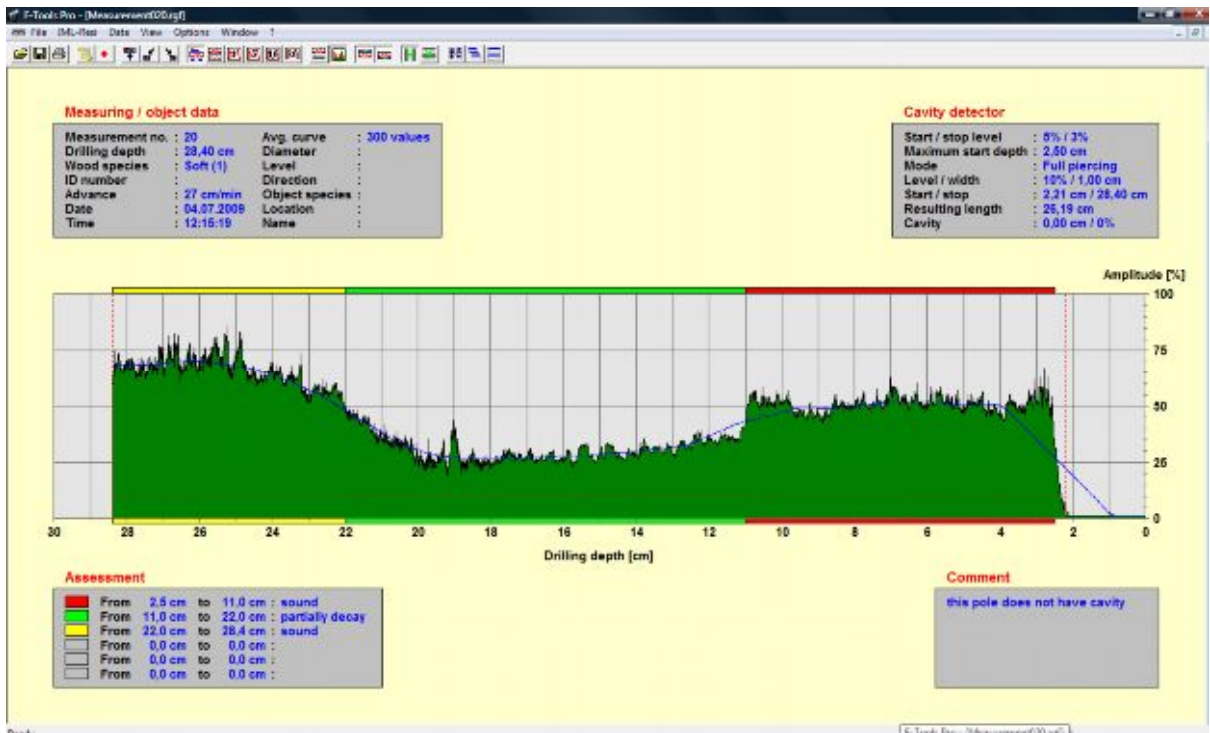
(C)



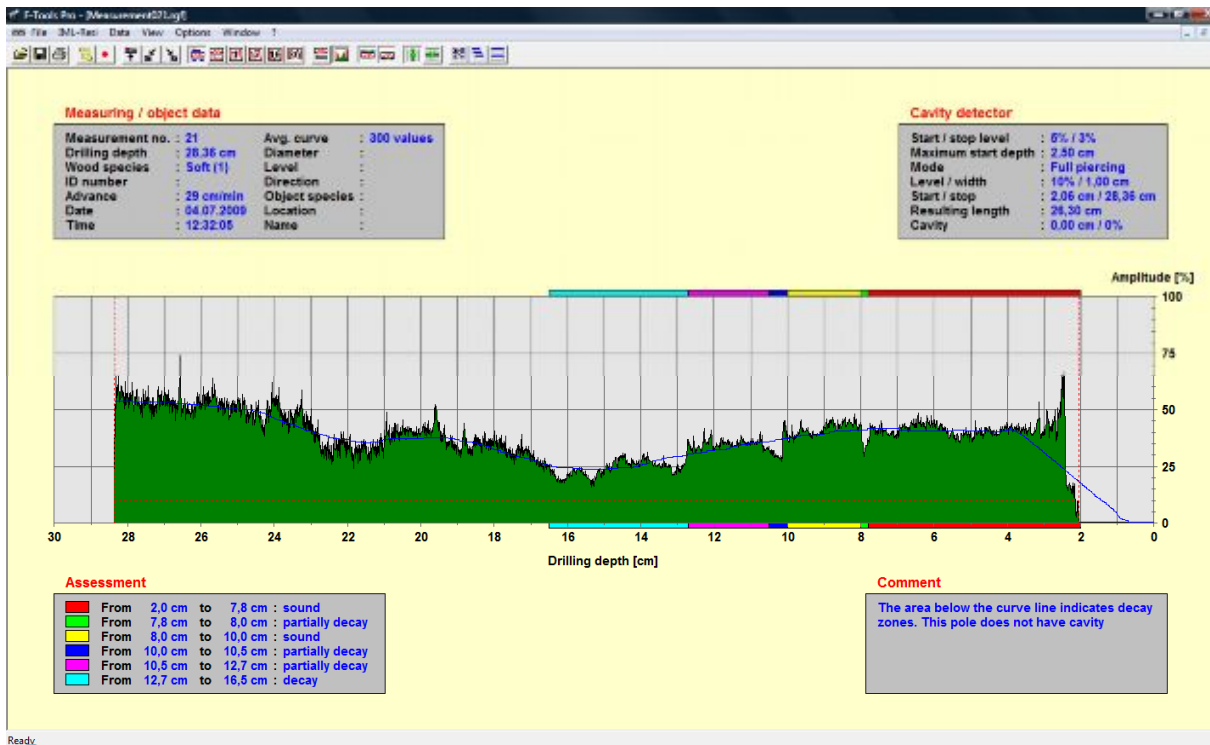
(D)



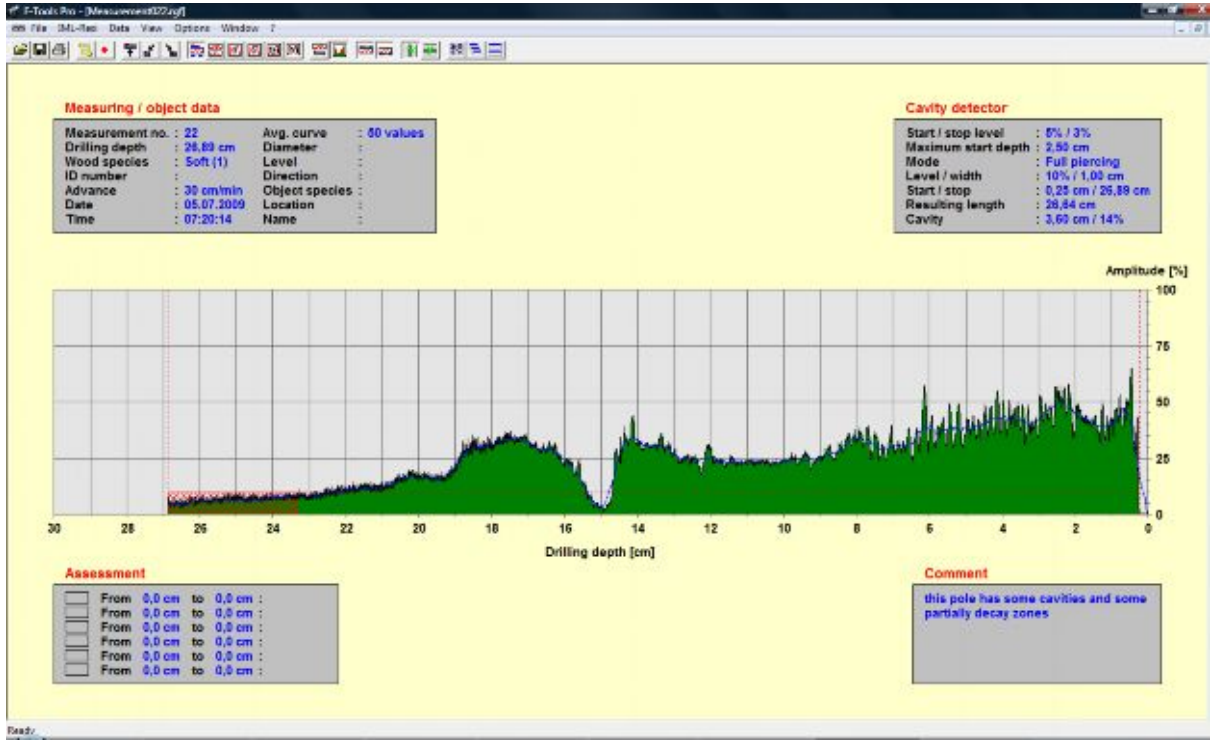
(E)



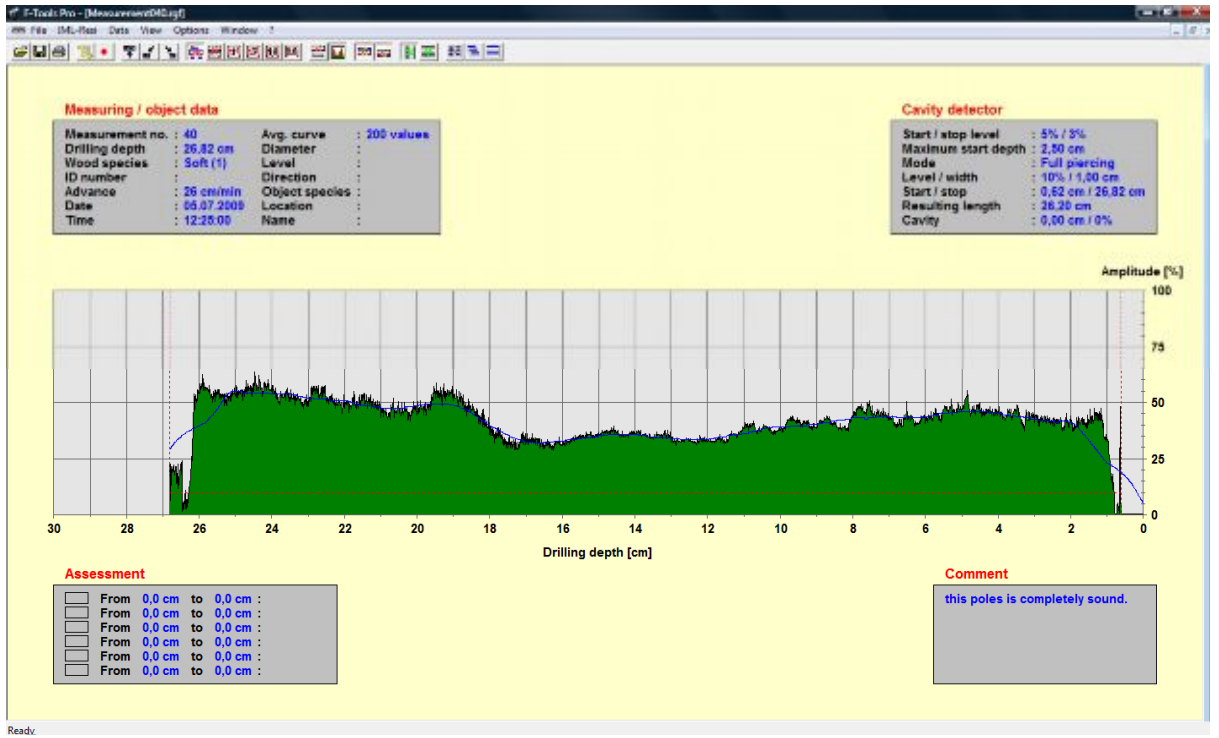
(F)



(G)



(H)



(I)

Şekil 15. Artvin – Pamukçular ve Murgul yöresinde incelenen tel direklerinden bazılarında ait resistograph çıktıları

Şekil 15 A ve E' de görüldüğü üzere, tel direklerinde herhangi bir çürüklük olmamasına rağmen direklerin iç kısmında bir boşluklar (oyuk) olduğu tespit edilmiştir. Bu oyukların direklerdeki derin çatlaklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu resistograph çıktılarından görüleceği üzere, direklerdeki derin çatlaklar ve yarıklar direklerin orta kısmına kadar uzandıkları tespit edilmiştir. Tel direkleri hernekdar emprenye edilmiş olmalarına karşın, bu yarıklar ve çatlaklardan dolayı emprenye maddesinin nüfuz etmediği kısımların (emprensiz kısımların) açığa çıkmasına ve dolayısıyla mantar ve böcek tahribatına karşı hassas hale getirmektedir. Ayrıca direklerdeki bu derin yarıklar ve çatlaklar tel direklerinin direnç özelliklerini önemli ölçüde azaltmasıyla ciddi maddi ve can kaybına neden olabilirler. Bu nedenle resistograph cihazıyla direklerin iç kısımlarındaki oyukların belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Şekil 15 C, D, E, F, G ve H' de görüldüğü üzere, tel direkleri dışarıdan sağlam görünmelerine karşın iç kısımlarında çürüklük zonları tespit edilmiştir. Resistograph cihazı sayesinde tel direklerindeki çürüklük tahribatları ilk aşamasında belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Yapılacak olan periyodik denetlemelerde kullanımda bulunan tel direklerindeki çürüklüğün ilk aşamasında tespit edilmesiyle gerekli ek önlemler (bandaj vb.) alınarak tel direklerinin hizmet süreleri arttırılabilir.

4. SONUÇ

Odun endüstrisinde yeni ürünler geliştirilmesinde; odunu tahrip eden temel etmenlerin rolleri, ne kadar sıklıkla tahribata neden olduklarına dair bilgilerin elde edilmesi çok önemlidir. Bu bilgiler ışığında kullanılacak ürünün tasarımını ve tahrip edici organizmalara karşı mücadele yapmak mümkün olmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde edilen bilgiler sayesinde, ağaç tel direklerinin kullanım sürelerinin artırılması yönünde yapılacak çalışmalara yön vermesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada Artvin yöresindeki tel direklerindeki tahribatlar ayrıntılı olarak belirlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- American Wood Preservers' Association. 2001. AWP Standard M113-01. A Guideline for the Physical Inspection of Poles in Service. AWP, Woodstock, MD, USA.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. and Erdin, N. 1993. Emprenye Tekniği. İ.Ü. yayın no:3878, Orman Fakültesi yayın no:432. İstanbul.
- Gezer, E.D. 2003. Kullanım süresini tamamlamış emprenyeli ağaç malzemelerin yeniden değerlendirilmesi olanaklarının araştırılması. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.