

Bursa Şehrinde Açık ve Yeşil Alanlardaki Ağaçların Rüzgâr Hasarı ve Çözüm Önerileri

Kamil ERKEN^{1*}, Salih PARLAK²

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa; ORCID: 0000-0003-3492-7683

²Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa; ORCID: 0000-0003-3808-3297
Gönderilme Tarihi: 14 Eylül 2024 Kabul Tarihi: 27 Kasım 2024

ÖZ

Coğrafi konumu nedeniyle Bursa başta olmak üzere birçok kentte, lodos ve diğer güçlü rüzgârlar ağaçların kırılmasına ve devrilmesine neden olmaktadır. Bu durum can ve mal kaybına yol açmaktadır. Ağaçlarda fiziksel ve fizyolojik zararlarının yanı sıra, bu olaylar teknik ekipleri ve belediyeleri yasal süreçlerle uğraştırmaktadır. Ancak, bu tür olaylar doğal afet olarak kabul edilse de etkili önlemler alındığında zararlar azaltılabilir. Ağaçların ayakta kalmasını sağlayan en önemli faktörler, sağlam kök sistemleri ve güçlü gövdeleridir. Ancak, kök yapısını etkileyen faktörler ve kalın dallarda oluşan sorunlar kırılmalara ve devrilmelere neden olmaktadır. Toprak koşulları, yüzeysel kök oluşumu, kök sisteminde çürümeler, hatalı budamalar, fiziksel müdahalelere bağlı çürümeler ve dengesiz taç gelişimi en sık karşılaşılan kırılma ve devrilme nedenleridir. Bu çalışma Bursa’da yaşanan güçlü lodos afeti sonrasında meydana gelen ağaç kırılmalarını ve devrilmelerini incelemekte ve sebeplerini araştırmaktadır. Çalışma sonucunda, özellikle altyapı çalışmaları için yapılan toprak kazıları, dikim, sulama ve budama gibi hataların peyzaj alanlarında ciddi sonuçlara yol açtığı belirlenmiştir. Bu olayların insan yaşamını riske attığı göz önüne alındığında, daha az zararın meydana gelmesi için alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Doğru konuma dikim, ekoloji için doğru ağaç türünün seçilmesi, yeterli kök gelişim alanı, doğru budama, sağlıklı gelişim için yeterli bakım rüzgâr hasarını azaltmak için alınacak kritik önlemlerdir.

Anahtar Kelimeler: Devrilme, kırılma, peyzaj alanları, rüzgâr zararları

Wind Damage to Trees in the Open Spaces and Green Areas of Bursa City: Solutions and Recommendations

ABSTRACT

Due to its geographical location, Bursa and many other cities are prone to strong winds, such as the "lodos", which cause trees to break and fall. This situation leads to loss of life and assets. In addition to the physical and physiological damage to the trees, these incidents also create legal issues for technical teams and municipalities. However, although such events are considered natural disasters, damages can be minimized with effective preventive measures. The most important factors that help trees stand upright are strong root systems and sturdy trunks. However, factors that affect root structure and problems occurring in thick branches can cause breakage and falling. Soil conditions, surface root formation, root decay, improper pruning, decay due to physical interventions, and imbalanced crown development are the most common causes of breakage and falling. This study examines the tree breakage that occurred after a strong lodos disaster in Bursa and investigates the reasons behind it. As a result of the study, it has been determined that mistakes such as soil excavation for infrastructure works, planting, irrigation, and pruning have serious consequences in landscape areas. Considering that these incidents put human life at risk, measures to minimize damage have been identified. Planting in the right location, choosing the right tree species for ecology, adequate root development area, correct pruning, and adequate care for healthy development are critical measures to be taken to reduce wind damage.

Keywords: Tipping over, breaking, landscape areas, wind damages

GİRİŞ

İklim değişikliğinin sonuçlarıyla beraber doğal afetler ve canlılar üzerindeki etkileri hızla artmaktadır [1, 2]. Önümüzdeki süreçlerde bu afetlerin daha da yoğunlaşması [3], oluşum şekilleri ve etkilerinin [4], maksimum rüzgâr hızının ve olası hasarların artması beklenmektedir [5, 6]. Rüzgârlar ve fırtınalar sırasında devrilen ağaçlar zarara neden olmakta,

kırsal ve kentsel mekânlarda ciddi kayıplara yol açmaktadırlar [7]. Kuvvetli rüzgârlar genellikle ağaçların sökülüp devrilmesine veya kırılmasına [7, 8], devrilme sırasında kişilerin yaralanmasına ve araçların zarar görmesine neden olabilmektedir [5]. Rüzgâr hızı arttıkça oluşturduğu zarar da artmaktadır [6, 9].

Rüzgâr ve fırtınaların sıklık ve etkilerinin artması iklim değişikliğinin doğrudan sonuçlarıdır [10]. Bu

*Sorumlu yazar / Corresponding author: kamil.erken@btu.edu.tr

tür olayların önüne geçilemez ancak zarara sebep olan kritik faktörlerin anlaşılması ile doğal afetlere karşı dirençlilik artırılabilir. Ağaçların hayatta kalmaları için ekstra özel önlemler alınabilir [11, 12, 13].

Doğal afetlerdeki zararlar kırsal alanlarda önlenemeyen doğal bir olay olarak kabul edilse de kentsel mekânlarda cezaları gerektiren insan hataları olarak algılanmaktadır. Dünya üzerinde 284 milyon dolarlık bir maliyete sahip olan bu zararların büyük bir kısmı ağaç yıkılma, devrilme ve dal kırılmalarından kaynaklı zararlardır [2]. Kanjevac vd. [2] Sırbistan'daki bir fırtınada alandaki ağaçların %86.6'sının zarar gördüğünü bildirilmektedir. Örneğin Lizbon'da ağaç yıkılması ve dal düşmesi sonucu araçlarda oluşan zarar yıllık 100.000 € civarındadır [5]. Bu olayların doğal bir afet mi yoksa insan hatası mı olduğu tartışmalı bir konudur. Bu zararlar da sebep sadece rüzgâr mıdır? Yetersiz kök bölgesi, yanlış budama, bakım ve sulama kaynaklı yıkılma ve zararlar da belediyeler ve insanlar sorumlu değil midir? Bitkilendirme yapılırken değişen iklime bağlı faktörler dikkate alınmıyor mu? Bu yıl itibarıyla dikilen bir ağaç kaynaklı zarar oluştuğunda önümüzdeki 40-50 yıl boyunca o ağaç kaynaklı zararlar da maddi ve manevi sorumlu muyuz? [14]. Bilim ve teknoloji çağında kentsel mekânlardaki ağaçların yok oluş sebeplerini, sebep oldukları can ve mal kayıplarını bilimsel olarak analiz etmek, sebeplerini ortaya koymak ve tedbirlerini almak zorundayız. Kentsel alanlardaki ağaçların, bulunduğu koşullar, tür, sağlık durumu, yaralanmaları ve stres sinyalleri analiz edilerek taşıdığı risk hesaplanabilmektedir [9]. Kentsel kamusal alanlarda yetişen ağaçların risk değerlendirmesi [15, 16], iklim değişikliği ve etkileri ile birlikte gündeme gelen bir konudur [17].

Riskin yüksek olduğu durumlarda iki olası eylem planından biri aşırı iklim olaylarının ortaya çıkmasının önlenmesidir. Diğeri ise: önleyici eylem şeklinde stabilizeyi ve direnci artırmayı amaçlayan uygulamalardır [2]. Sonuç olarak gelecek araştırmalarda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması için çok geniş araştırma alanı ve konusu mevcuttur [2]. Kentsel mekânlardaki ağaçlar için risk analizleri ve bu risklerin azaltılması çalışmaları gereken konulardan biridir.

Bursa, coğrafi konumu nedeniyle lodos rüzgârından çok fazla etkilenmektedir. Lodos rüzgârının olumsuz etkilerinden biri, şehrin peyzaj alanları, kent içindeki ağaçlara ve bitkilere olan zararlarıdır. Lodos ve kuvvetli esen rüzgârların bitkilere olumsuz etkileri; bitkide aşırı su kaybı nedeniyle taze sürgünlerde ve yapraklarda solma ve kuruma, meyve ve çiçeklerde dökülmeler, dal ve gövde kırılmaları, ağaçların kökten devrilmesi veya yan yatma şeklinde

olabilmektedir. Kalın dal kırılmaları veya devrilmeler şeklinde gerçekleşen zararlar ağaçların kısmen ya da tamamen yok olmasına yol açmaktadır. Büyük dal kırılmalarında ağacın taç bütünlüğü, görselliği ve statüğü bozulmaktadır.

Ağaçları dik ve ayakta tutan derin, sağlam kökleri ve gövdeleridir. Sağlıklı bir gövde birçok dış etkene rağmen ağacın dik pozisyonda kalmasını sağlar. Toprağın derinlerine doğru uzamış sağlıklı kazık kökler ağaçların derinlerden su bulmasını kolaylaştırırken, ağacın dik ve sağlam durmasını temin eder. Yüzeğe yakın yatay gelişen kökler ise bol besin, organik madde ve gerekli oksijenin alınmasını sağlar. Türlerin kendilerine has kök sistemleri olmasına rağmen, sağlıklı bir ağaçta 1-2 m derine giden sağlam kazık kökler ve bitkinin beslenmesinde daha etkili olan yüzeysel saçak ve kılcal köklerin yeteri derecede olması beklenir. Derine giden kökleri olmayan ağaçlar toprağa tutunması zayıf ve yıkılma ihtimali fazla olan ağaçlardır.

Zarar yapan kuvvetli rüzgârlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olunup dersler çıkarılabilir. Kuvvetli rüzgârlarda ağaçların neden yıkıldığı anlaşılabilirse, önlem almak mümkün olacak, rüzgâr kaynaklı can ve mal kayıpları azaltılabilecektir [18]. Bu çalışmada Bursa'da ciddi zararlara neden olan kuvvetli lodos rüzgârları sonrası kentsel açık ve yeşil alanlarda oluşan ağaç devrilme, yatma ve kırılma zararları tespit edilmiş, zarara uğrayan türler, zarar görme nedenleri araştırılmış ve zararların azaltılması için öneriler geliştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma Soğanlı Botanik Park'ı merkez olmak üzere, Bursa açık ve yeşil alanlarında yürütülmüştür. Soğanlı Botanik Park'ında tüm alan ve tüm bitkiler gezilerek tespit ve ölçümler yapılırken, Bursa'nın merkez ilçeleri olan Yıldırım, Osmangazi ve Nilüfer ilçe sınırlarında ise kırık, devrik gibi büyük hasar ihbarı yapılan noktalarda veri alınmıştır. Bursa açık ve yeşil alanlarında kullanılan ağaç ve ağaççık grubu bitkiler çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Diğeri bir çalışma materyali ise bitkileri ve ağaçları etkileyen rüzgâr faktörüdür. Hasar tespit çalışmaları 2023 yılı kasım ayı sonunda Bursa'da yaşanan ve çok fazla zarara yol açan doğal afet olarak nitelendirilebilecek lodos fırtınasından sonra yapılmıştır.

Metot

Çalışma, 2 yıl boyunca Bursa geneli açık ve yeşil alanlarında yapılan gözlem ve incelemeler ile 28-29 Kasım 2023 tarihlerinde meydana gelen ve saatteki

hızı 95 km'ye ulaşan doğal afet olarak nitelendirilen lodos fırtınasından sonra Soğanlı Botanik Park'ta yapılan gözlem, ölçüm, sayımlar ve Bursa geneli zarar tespit çalışmalarının incelenmesi şeklinde yürütülmüştür. Fırtına sonrası Soğanlı Botanik Park'ı merkez olmak üzere Bursa merkez ilçelerinde hasar ihbarı yapılan açık ve yeşil alanlar gezilerek ağaçlarda meydana gelen yıkılma, yan yatma, kırılma gibi hasarların hangi türlerde meydana geldiği ve sebepleri veri olarak alınmıştır. Hasarlı tüm ağaçların fotoğrafı çekilmiştir. Tespit edilen hasar sebepleri ile 2 yıl boyunca gözlemlenen tasarım, dikim ve bakım hataları eşleştirilmiş, fırtına zararları için yüksek risk taşıyan türler ve fırtına zararları için riskleri artıran tasarım, dikim ve bakım hataları ortaya konulmuştur. Bundan sonraki kuvvetli esen rüzgâr kaynaklı afetlerde benzer zararların yaşanmaması için öneriler geliştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fırtınadan sonra Bursa genelinde ekipler tarafından müdahale edilen ağaç yıkılma, kırılma olayları incelenmiş, tür bazında zarar şekilleri kaydedilmiştir. Yine Bursa'nın büyük parklarından biri olan Soğanlı Botanik Park'ındaki tüm hasarlar incelenerek kayıtlar tutulmuştur. İncelemeler sonucunda alınan veriler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Gözlemler sonucunda, hasarların sebepleri ve azaltılması ile ilgili öneriler oluşturulmuştur.

Kentsel açık ve yeşil alanlarda zarar gören ağaçlarda ilk sıralarda, *Platanus*, *Pinus*, *Cupressus* ve *Cupressocyparis* cinslerinin olduğu görülmektedir. Bu cinsler büyük taçlı veya taç biyokütlesi fazla olan cinslerdir. Bu sıralama literatürde de belirtildiği gibi beklenen bir sonuçtur. Ağaçların taç hacmi [19, 20, 21] ve taç biyokütlesi [20] arttıkça dış kuvvetlere karşı dirençlilikleri azalmaktadır. Yine Hauer vd. [22]'nin fırtınadan sonra yaptıkları çalışmada 25 park ağacı arasında en çok zarar görenlerden birinin *Platanus* cinsinin türleri olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da Bursa genelinde en fazla zarar oluşan cinsin *Platanus* cinsi olduğu tespit edilmiştir.

Bursa genelinde 238 vakadan 118 adedi yani %49.58'lik kısmı, Soğanlı Botanik Park'taki 81 vakadan 27 tanesi yani %33.33'lük kısmı kökten devrilme şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 1-a). Bu durum ağaçlarda kök sisteminin zayıflığından veya kökler için uygun olan toprak tabakasının sığ olmasından kaynaklı olabilmektedir. Bunun yanında toprağın yüksek derecede suya doymuş olması, ağaçların dış kuvvetlere karşı direncini azaltan bir faktördür.

Çizelge 1. Tür bazında Bursa genelinde tespit edilen zararlar ve zarar şekline göre dağılımları

Bitki Türü	Toplam hasar adedi	Kökten devrilme	Gövde kırığı	Yan yatma	Dal kırığı
<i>Platanus orientalis</i>	38	10	8	3	17
<i>Pinus pinea</i>	22	9	7	5	1
<i>Cupressus sempervirens</i>	21	13	7	1	
<i>Cupressocyparis leylandii</i>	18	14	1	3	
<i>Platanus occidentalis</i>	16	7	6	2	1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	16	7	2	5	2
<i>Populus nigra</i>	12	5	5	2	
<i>Acer negundo</i>	10	6	2	1	1
<i>Cupressus arizonica</i>	9	6		2	1
<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera'	7	2	1	3	1
<i>Tilia tomentosa</i>	6	3	2		1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	5	2		3	
<i>Melia azedarach</i>	5	3		1	1
<i>Pinus nigra</i>	5	4		1	
<i>Salix alba</i>	5	4			1
<i>Salix babylonica</i>	5	3	1	1	
<i>Acer sacharinum</i>	4	3			1
<i>Cedrus deodora</i>	4	1		3	
<i>Cedrus libani</i>	4	3	1		
<i>Morus alba</i>	4	1	1	1	1
<i>Ailanthus altissima</i>	3	3			
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	3	1		1	1
<i>Populus alba</i>	3	2	1		
<i>Cedrus atlantica</i>	2	1		1	
<i>Ficus carica</i>	2	1			1
<i>Juglans regia</i>	2	1			1
<i>Laurus nobilis</i>	2	1			1
<i>Quercus robur</i>	2	1	1		
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1				1
<i>Celtis australis</i>	1	1			
<i>Tamarix pentandra</i>	1				1
Toplam Zarar (adet)	238	118.00	46.00	39.00	35.00
Toplam Zarar (%)	100	49.58	19.33	16.39	14.71

Çizelge 2. Tür bazında Soğanlı Botanik Park'ta tespit edilen zararlar ve zarar şekline göre dağılımları

Bitki Türü	Toplam hasar adedi	Kökten devrilme	Gövde kırığı	Dal kırığı	Yan yatma
<i>Tamarix pentandra</i>	21	6	12	2	1
<i>Acer sacharinum</i>	13		2	11	
<i>Salix babylonica</i>	8	4	3		1
<i>Salix alba</i>	6		2	4	
<i>Cedrus libani</i>	5	3	2		
<i>Cupressus arizonica</i>	4				4
<i>Cedrus deodora</i>	3	2	1		
<i>Platanus occidentalis</i>	3		1	2	
<i>Thuja plicata</i>	3	2	1		
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	2	2			
<i>Pawlonia tomentosa</i>	2			2	
<i>Acer platanoides</i>	1	1			
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1			1	
<i>Clerodendron trichotomum</i>	1	1			
<i>Cotinus coggiari</i>	1	1			
<i>Cupressus macrocarpa</i>	1		1		
<i>Pinus pinea</i>	1	1			
<i>Pinus griffithii</i>	1			1	
<i>Prunus armeniaca</i>	1	1			
<i>Prunus cerasus</i>	1	1			
<i>Prunus pisardii-nigra</i>	1	1			
<i>Salix matsudana</i>	1	1			
Toplam Zarar (adet)	81	27	25	23	6
Toplam Zarar (%)	100	33.33	30.86	28.40	7.41

Toprak nemi köklerin toprağa tutunma kuvvetini azaltmaktadır [23, 24, 25]. Topraktaki suya doygunluk ile ağaçların rüzgâr kuvvetlerine dirençleri arasında ters bir orantı mevcuttur [25, 26]. Kış fırtınalarından önceki yağışlar zararın artmasına sebebiyet vermektedir [26]. Kuru topraklarda ölçülen kök direncinin doymuş topraklardan daha yüksek olduğunu ifade edilmektedir [27, 28]. Fan vd. [28]'nin belirttiğine göre, bir ağacın maksimum direnç momenti (TM_{max}), doygunluğa yakın toprak koşullarında daha düşüktür. *Cinnamomum camphora* ağacında maksimum direnç momenti doymuş topraklarda %35-50 daha düşük bulunmuştur [28]. Bu literatür bildirişleri doğrultusunda Soğanlı Botanik Park'ta tespit edilen %33.33'lük kökten devrilme ve %7.41'lik yan yatma zararlarının zayıf kök sistemi ve doymuş toprak faktörlerinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan incelemelerde yıkılan ağaçlarda genellikle kök derinliği az ve kök tacı çapının dar olduğu gözlenmiştir. Bu durumun kentsel mekânlarda kök yaşam alanı darlığı ve sığ sulamadan dolayı yüzeysel kök oluşumundan kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Literatüre göre de bir ağacın kazık köklerinin derinlik ve yapısı ile yüzeysel sığ köklerin yayılma alanı çapı, rüzgârın estiği yöndeki köklerin varlığı ve güçlülüğü ağaçların rüzgâr kuvvetlerine karşı direncini önemli ölçüde etkilemektedir [29, 30, 31].

NCFS [32]'de *Tilia*, *Betula*, *Ulmus*, *Magnolia*, *Acer*, *Salix*, *Populus*, *Platanus* cinslerinin çürüme direnci çok zayıf olan grupta yer aldıkları belirtilmektedir. Çalışma sonunda yoğun zarar oluşan türler listesinde *Platanus*, *Acer*, *Salix*, *Populus* cinslerine ait türlerin yer aldıkları görülmektedir.

Cupressus, *Cedrus*, *Aesculus*, *Juglans*, cinsleri ile bazı *Quercus* spp. türleri çürüme direnci çok yüksek olan ağaçlar [32] olarak sınıflandırılmasına rağmen çalışmada bu ağaçlardan da çok sayıda yıkılma zararının tespit edildiği görülmüştür. Bunun sebebinin yeterli kök yaşam alanı derinliğine ve genişliğine sahip olmayan konuma dikim, bakım yetersizliği nedeniyle yeterli miktarda ve genişlikte kök oluşturamama ve az ve sık sulama nedeniyle kök gelişimindeki zayıflıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yang vd. [33]'ne göre ağaçların şiddetli rüzgârlara direnme yeteneği ağacın kök sisteminin morfolojisi ile köklerin ve toprağın fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bursa genelinde zarar oluşan ağaçların %49.6'sı, Soğanlı Botanik Park'ta zarar oluşan ağaçların %33.3'ü kökten devrilmiştir. Bu zararın yoğunluğu, Stokes vd. [20] ile Fan vd. [28]'nin; kentsel alanlardaki sıkışmış topraklar, köklerin gelişebileceği derinlik [20] ve yakınlardaki yeraltı yapısal

bileşenleri, kaldırımlar veya sokak kenarları ağaç kök sisteminin büyümesini kısıtlayabilir ve ağacın rüzgâra karşı direncini düşürebilir [28] şeklindeki bulgusu ile örtüşmektedir.



Şekil 1. Soğanlı Botanik Park'ta tespit edilen sedirde kökten yıkılma (a), sedirde gövdeden kırılma (b) ve çınarda dal kırılması (c) zararları

Platanus orientalis, *Platanus occidentalis* taç boyutu büyük ve odun yoğunluğu fazla olan, *Pinus pinea*, *Pinus nigra*, *Pinus griffithii* türleri ise taç odun ve yaprak yoğunluğu, *Cupressus arizonica*, *Cedrus deodora*, *Cedrus libani*, *Cedrus atlantica* türleri uzun boylu, odun ve yaprak yoğunluğu fazla olan türlerdir. Bu özellikler ağaçların kökten yıkılma ve gövdeden kırılma hasarlarında etkili faktörler olarak tespit edilmiştir. Literatür bildirişlerine göre de rüzgâr zararlarını artıran faktörlerden ağaçla ilgili faktörler arasında ağaç boyutu, odun yoğunluğu, yapısal kusurlar ve yapraklar yer almaktadır [34]. Uzun ağaç boyu rüzgâr olaylarında zararları artıran faktörlerdendir [18, 35].

Luley ve Bond [36] tarafından *Acer platanoides* dirençli ağaçlar grubunda listelenmesine rağmen çalışmada bir adet kökten devrilmiş ağaç tespit edilmiştir. Bunun tür kaynaklı değil toprak koşullarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada il genelinde %19.3 ve Soğanlı Botanik Park'ta ise %30.9 oranında gövdeden kırılma şeklinde zarar oluşmuştur (Şekil 1-b). Bu zarar şeklinin fazlalığı üzerinde durulması gereken bir durumdur. Çünkü büyük oranda gövdede oluşan hastalık, zararlı, fiziki müdahale ve budama hatalarından kaynaklı bir durumdur. Ağaçların gövdeden kırılmasında etkili faktörlerden biride türdür. Bazı türler dirençsiz odun yapısına sahiptir. Luley ve Bond [36]'da ağaç devrilme ve yıkılmalarında en önemli faktörün ağaç türü

olduğunu bildirmektedir. Soğanlı Botanik Park'taki hasarlı tür listesinde ilk dört sırada, *Tamarix pentandra*, *Acer sacharinum*, *Salix babylonica*, *Salix alba* türleri yer almaktadır. Bu türler literatür bildirişine paralel olarak kısa ömürlü, gövde ve dal kırılmaları fazla, rüzgârlara toleransı düşük türler olarak bilinmektedir. Bu türlerde özellikle dal kırılmalarına çok sık ve yoğun rastlanmaktadır. Dal kırılması il genelinde %16.4, Soğanlı Botanik Park'ta %28.4 oranında tespit edilmiştir (Şekil 1-c).

•Tespit Edilen Problemler

Ağaçların yüzeysel kök oluşturmasının ve kökten devrilmesinin nedenleri;

1-Köklerin alt tabakalara uzamasını engelleyen toprakaltı geçirimsiz tabakaların olması,

2-Anakayanın yüzeye yakın olması ve sığ bitkisel toprak tabakası,

3-Toprak nemi köklerin toprağa tutunmasını etkileyen önemli faktörlerdir [23, 24, 25]. Topraktaki suya doygunluk ile ağaçların rüzgâr kuvvetlerine dirençleri arasında ters bir orantı mevcuttur [25, 27].

4-Drenaj sistemlerinin olmaması veya yetersiz olması nedeniyle taban suyu seviyesinin yüzeye yakın olması, yüksek taban suyunun kök yayılımını engellemesi. Ray ve Nicoll [37] ve Soleimani-Fard vd. [38]'nin de bildirdiklerine göre, sığ taban suyu seviyesi ile karakterize edilen alanlardaki ağaçlar derin taban suyu seviyesi olan bölgelere göre daha düşük dirence sahiptir.

5-Yapısal veya doğal bir engel nedeniyle ağacın tek taraflı kök sistemi oluşturması veya taşıyıcı köklere zarar verilmesi,

6-Yanlış sulama ve yöntemleri ile yüzeysel kök oluşturulması. Sık ve az sulama ile toprağın üst tabakasının sürekli ıslak tutulması nedeniyle, bitki sürekli ıslak olan bu kısımda kök oluşturma eğilimindedir. Yüzeysel kök sistemine sahip bitkiler kısa süreli susuzluklardan ve sıcaklıklardan kolay etkilenir ve daha hassas olurlar. Bu yüzeysel kök gelişimi nedeniyle rüzgârlara ve fiziki müdahalelere dirençleri azalmakta ve daha kolay devrilebilmektedir.

7-Kök boğazı seviyesindeki kabuk/floem tabakasının zarar görmesi nedeniyle taç ile kök arasında su ve besin maddesi iletiminin kesilmesi, ağaç köklerinin zayıflamasına ve yeterince yeni ve kuvvetli kök geliştirememesine neden olur. Bu durum bitkilerin kök sistemlerini zayıflatmakta yeni ve kuvvetli kök oluşumunu azaltarak bitkinin yeterince gelişmemesine, yeni sürgün ve çiçek oluşumunun azalmasına, rüzgârlar veya fiziki müdahalelerde kolay devrilmelerine sebep olabilmektedir.

8-Toprak kökenli hastalık veya zararlıların kök sistemindeki etkileri nedeniyle meydana gelen devrilmeler olabilmektedir.

•Ağaç Gövdelerinin Kırılmasının Sebepleri

Budama, hastalık ve zararlılardan dolayı gövdede oluşan çürümeler ve ölü dokular zamanla kovuk oluşumuna sebep olarak stabiliteyi azaltır. Hastalık ve zararlı etmenleri gövde ve köklerdeki yaralı kısımlardan bitki odun dokusuna girerek doku bütünlüğünün bozulmasına ve canlılıklarını kaybetmesine sebep olmaktadır. Clatterbuck [39] tarafından da geçmişteki ağaç yaralanmaları ve haşere sorunlarının ahşap yapıyı zayıflatarak ağacın fırtına hasarına maruz kalmasına neden olduğu belirtilmektedir.

Ağaçların gövdelerinde yapılan fiziki yaralanmalar veya kalın dal kesimleri sonucu ağacın kapatamadığı yaralardan kaynaklı oluşan gövde çürümeleri ilerleyerek gövdeyi zayıflatmaktadır. Bugün kentsel mekânlardaki gövde çürümelerinin çok büyük kısmının nedeninin büyük dal kesimleri sonucu açılan yara yerlerinden başlayan ve gövde içine doğru devam eden çürümeler olduğu tespit edilmiştir. Bir başka sebep ise açık ve yeşil alanlarda motorlu tırpan ile çim biçme sırasında bitkilerin kök boğazında oluşan misina yaralamalarıdır. Ağaçlar zamanla bu yara dokusunu kapatsa da gövde içinde kalan ölü doku kısmı ileriki yıllarda ağaç gövdesinin taşıma gücünü zayıflatmakta ve zamanla ağaçlarda toprak seviyesinden kırılmalara yol açmaktadır.

Ağacın tacındaki statik dengenin bozulması sonucu gövdedeki ağırlık merkezinin değişmesi kırılma ve devrilmelere neden olabilir. Şehir içi ağaçlandırmalarda, ağaçların bina ve diğer tesislere zarar vermemesi için eksantrik şekilde budanmaları taç stabilitelerini bozmaktadır. Yang vd. [33]'nin bildirdiğine göre, ağaçların geometrisi ve kök sistemlerinin mekânîği önemli faktörlerdir.

Her şeye rağmen ağacın dayanabileceği kuvvetten daha fazla kuvvete maruz kalmasına sebep olan aşırı sert esen ya da mekânsal yönlendirme nedeniyle belli noktalarda normalden daha fazla yıkıcı kuvvete sahip rüzgâr akımları devrilme ve kırılmalara neden olmaktadır. Özellikle taç yükünün daha fazla olduğu yapraklı dönemde veya her dem yeşil ağaçlarda kar yükünün bulunduğu dönemlerde meydana gelen aşırı rüzgârlar daha fazla kırık ve devriğe sebep olabilmektedir.

•Çözüm Önerileri

Ağaç devrilmelerini azaltmak için alınması gereken önlemler;

Ağaçların ekolojik istekleri dikkate alınarak tür seçimi yapılması ve en uygun alanlara dikilmesine özen gösterilmelidir. Ağaç dikilecek bir alanda ağacın büyüklüğü ile orantılı olarak yeteri miktarda toprak derinliği bulunmalıdır. Sığ topraklara ağaç dikilmemeli, bu tip alanlar çalı veya ağaççık grupları ile bitkilendirilmelidir.

Ağaç dikilecek bir alanda toprak dolgu yapılmadan önce beton, asfalt, sert kaplama, sıkışmış zemin gibi geçirimsiz tabakalar var ise bu tabakalar kırılıp gevşetildikten sonra toprak dolgu ve ağaç dikimi yapılmalıdır.

Kayalık veya sert zeminin olduğu alanlarda ağaç dikimi yapılacaksa makinalarla ağaç kök habitusu genişliğine yakın bir çukur açılarak toprak gevşetilip dolgu yapıldıktan sonra dikim yapılmalıdır.

Taban suyu yüksek olan yani toprak üst seviyesine yakın olan yerlerde taban suyu seviyesini düşürecek drenaj tedbirleri alındıktan sonra ağaç dikimi yapılmalıdır. Mümkün olan yerlerde kapalı drenaj yapılması tercih edilmelidir. Kış döneminde veya bol yağışlı dönemlerde ya da bol sulama yapıldığında su birikmesi olan ve uzun süre kalan alanlarda fazla suyu drene edecek drenaj sistemleri oluşturulmalıdır.

İstinat duvarı bina temeli gibi toprak altında pabuç denilen daha geniş beton ya da taş duvarı olan duvarlara yakın ağaç dikilmemelidir. Bu alanlarda bitki duvar tarafındaki alana köklerini uzatmadığı için tek taraflı kök geliştirmekte taç yükünü toprağa dengeli dağıtamamaktadır. Ayrıca duvarın pabuç çıkıntısı nedeniyle derine de kök uzatmadığı için tek taraflı ve yüzeysel kök oluşturduğundan ağacın tutunma gücü zayıflamaktadır.

Bitkilerin toprak derinliklerine inen kök oluşturmaları ve olumsuz iklim, susuzluk ve kuvvetli rüzgârlara karşı daha toleranslı olarak gelişmeleri için seyrek ve bol sulama yapılmalıdır.

Ağaçların çevresinde işlem yaparken, gövdelerinde veya kök boğazı kısımlarında kabuk yaralanmasına ve kesilmesine yol açılmamalıdır. Bu durum motorlu tırpanla çim biçimi yapılan alanlarda çok fazla görülmektedir.

Özellikle su, elektrik ve kanalizasyon çalışmaları için yapılan kazılar ağaç habitusu dışında yapılmalı, altyapı çalışmaları sırasında ağacın taşıyıcı ana köklerine zarar verilmeden çalışılmalıdır.

Ağaçların direnç momenti asimetriden büyük ölçüde etkilenir [29, 40]. Özellikle yaşlı ve anıt ağaçlarda taç dengesi çoğunlukla bozulmuş durumdadır. Bu gibi ağaçların mümkünse taç yapısı dengeli hale getirilmeli, dengesi bozuk ve direnci zayıflamış kalın dallar denge noktasından desteklenmelidir. Taç yapısı eksantrik büyüyen ağaçlarda gövde kırılması ve devrilmenin önlenmesi için taç kısmında dengeleme budaması mutlaka yapılmalıdır. Dar açılı dalların kırılması daha kolaydır. Bu nedenle budamalarda özellikle tacı oluşturan ana dallarda geniş açılı dallanma oluşturulmasına dikkat edilmelidir.

Doğal gelişmiş ağaçların altına çim tesis edilmesi veya dolgu yapılması *Armilleria* gibi çürüklüğe sebep olan mantarların çoğalmasına neden olmaktadır.

Özellikle iğne yapraklıların gövde kısımlarının toprak dolgusundan kaçınılmalıdır.

Ağaçların devrilme ihtimalinin daha fazla olduğu dönemlerde esen hakim rüzgâr yönüne rüzgâr perdeleri yaparak alanın korunması sağlanmalıdır. Koruma amaçlı rüzgâr perdeleri tercihen sistematik bir şekilde dikilmelidir.

İbre yoğunluğu fazla ağaçlarda veya her dem yeşil türlerde fazla kar yağışı alan bölgelerde taç üzerinde kalan kar yükünün azaltılması için dallarda seyreltme budaması yapılmalıdır. Budanmış ağaçlar, budanmamış ağaçlara göre daha önemli hayatta kalma oranlarına sahiptir. Grup halinde büyüyen ağaçların rüzgâr yüklerine karşı daha iyi direnç gösterme olasılığı daha yüksektir [41].

En az 5 adetlik ve rüzgâr yönüne göre birbirini destekleyecek grup halinde çeşitli türlerde, yaşlarda ve katmanlarda ağaç ve çalı gruplarının birlikte dikimi rüzgâr toleransını artırmaktadır [18].

Bazı türler rüzgâr kuvvetlerine karşı daha toleranslıdır. Rüzgârlı bölgelerde bu türlerin ağırlıklı tercih edilmesi rüzgâr zararlarını azaltacaktır. *Lagerstroemia indica*, *Magnolia grandiflora*, *Taxodium disdichum*, *Phonix canariensis* ve bazı *Quercus* taksonları rüzgâr zararlarına yüksek toleranslı, *Magnolia × soulangiana*, *Acer saccharum*, *Carpinus* spp., *Cercis* spp., *Fraxinus* spp., *Liquidambar* spp., orta derecede toleranslı taksonlardır [18].

Yaşlı ve statik dengesi bozulmuş, kök sistemi zarar görmüş, gövdesinde hastalık, zararlı etmenleri veya fiziki müdahaleler ile zarar oluşmuş ağaçlar riski azaltmak için yenilenmelidir [18].

Kuvvetli fırtınalarda yerli ağaç türlerinin toleransları daha yüksektir [18]. Rüzgâr ve fırtına zararının fazla görüldüğü bölgelerde yerli türler tercih edilmelidir.

Ağaçların gövdeden kırılmalarını azaltmak için alınacak önlemler;

Hastalık ve zararlı etmenlerin ağaçların sağlığını bozmamaları için ağaçlar iyi bakılmalı, kuvvetli tutulmalı, gövde ve köklerde gereksiz yaralar açılmamalı, budama ve makine müdahalesi ile büyük yaralar açılmışsa, yara yerinden nem ve hastalık girişini engelleyecek tedbirler alınmalıdır.

Gerek fidan dikimlerinde ve gerekse ağaçlarda kök-gövde yeşil aksam dengesine dikkat edilmelidir. Köklerin ve gövdenin besleyebileceği ve taşıyabileceği orantılı taç oluşturulmalıdır. Bu dengede ağacın tam yapraklı ve meyveli olduğu dönemdeki yaprak ve meyve yükü de dikkate alınmalıdır.

Doğal veya yapay yönlendirmeyle oluşan rüzgârın daha etkili ve yıkıcı estiği baca oluşturduğu akım noktalarında yapılacak bitkilendirmelerde daha

dikkatli davranılmalıdır. Buralara odun yapısı sağlam olmayan, çabuk yaşlanan, gövdesi kolay çürüyen, meyve, sık dal ve yaprak gibi nedenlerle taç yükü artan ağaçlar dikilmemelidir.

Birbirlerine yakın güçte iki veya daha fazla gövde oluşturmuş ağaçlar ve budama sonrası gelişmiş yan dallar her zaman için yüksek risk taşımaktadır. Bitkilere şekil verme aşamasında bu tip gelişimlere izin verilmemelidir. Budamalarda lider dallı taç şekilleri tercih edilmelidir [18]. Kentsel mekânlardaki ağaçlar için farklı yaşlardaki ve konumlardaki ağaçlar için ağaç ve konumuna özel budama programı uygulanmalıdır.

Rüzgâr zararından dolayı kırılma ihtimali olan dallar uygun ağırlık merkezlerinden desteklenmeli, çelik tellerle birbirine bağlanmalı veya gövdede yarılma ihtimali varsa kuşaklanmalıdır.

SONUÇLAR

Kentsel mekânlardaki bitkilendirmeler insan yaşamı için çok önemli faydalar sağlarken, bazı durumlarda risk oluşturmaktadır. Oluşabilecek riskleri yok etmek için bitkilendirmeden vazgeçilmesi mümkün değildir. Bu durumda tek çözüm yolu bitkilerden kaynaklı risklerin azaltılmasıdır. Bunun için hasarlara sebep olan faktörlerin bilinmesi, bu faktörlere duyarlı türlerin, hasarı artıran dikim ve bakım hatalarının yapılmaması, tasarımlarda ve bakım çalışmalarında rüzgâr zararının sürekli göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bazı türlerin rüzgârdan çok etkilendiği görülmektedir. Riskli bölgelerde direnci daha yüksek, daha küçük ve alçak taçlı, odun yapısı sağlam, taç ve yaprak yoğunluğu az türler tercih edilmelidir. Kentsel mekânlarda uzman kişiler tarafından zaman zaman taramalar yapılarak, kök ve gövde yapısı nedeniyle risk taşıyan ağaçlar incelenmeli gerekli görüldüğü takdirde veya şüphe durumlarında ağaç gövdelerinin röntgeni çekilerek iç çürümeleri tespit edilerek tehlike arz eden ağaçlar kentsel mekânlardan uzaklaştırılmalıdır. Güçlü ve destekli kök sistemi oluşturulmalı ve bu kökler için yeterli yaşam alanı bırakılmalıdır. Bitkisel tasarımlarda birbirlerini destekleyen bitki grupları oluşturulmalıdır.

Doğru konum, ekoloji için doğru ağaç türünün seçilmesi, yeterli kök gelişim alanı, doğru budama, sağlıklı gelişim için yeterli bakım sağlıklı ve daha risksiz bitkilendirme anlamına gelmektedir.

KAYNAKLAR

1. Cohen, W.B., Yang, Z., Stehman, S.V., Schroeder, T.A., Bell, D.M., Masek, J.G., Huang, C., Meigs,

- G.W. 2016. Forest disturbance across the conterminous United States from 1985-2012: the emerging dominance of forest decline. *Forest Ecol Manage.* 360:242-252. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.042>.
2. Kanjevac, B., Račić, M., Dobrosavljević, J., Martać, N. 2023. Responses at the stand and tree level to ice storm injuries in beech forests in eastern Serbia. *Reforesta* 16:16-26. doi:<https://dx.doi.org/10.21750/refor.16.02.107>.
3. Littell, J.S., McKenzie, D., Peterson, D.L. 2003. Westerling AL (2009). Climate and wildfire area burned in western U.S. ecoprovinces, 1916-2003. *Ecol. Appl.* 19:1003-1021. <https://doi.org/10.1890/07-1183.1>
4. Klopčič, M., Poljanec, A., Dolinar, M., Kastelec, D., Bončina, A. 2020. Ice-storm damage to trees in mixed Central European forests: damage patterns, predictors and susceptibility of tree species. *Forestry* 93:430-443. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz068>.
5. Lopes, A., Fragoso, M. 2003. Tree damages in Lisbon during southern windstorms. *Wind Effects on Trees*, 16:195.
6. Cole, J., Nowak, D.J., Greenfield, E.J. 2021. Potential hurricane wind risk to US rural and urban forests. *Journal of Forestry* 119(4):393-406.
7. Gliksmann, D., Averbek, P., Becker, N., Gardiner, B., Goldberg, V., Grieger, J., Handorf, D., Hausteiner, K., ... Franzke, C.L. 2023. A European perspective on wind and storm damage-from the meteorological background to index-based approaches to assess impacts. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 23(6):2171-2201.
8. Gardiner, B., Berry, P., Moulia, B. 2016. Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage, *Plant Sci.* 245:94-118, <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>.
9. Martinez, C.F., Coelho Duarte, A.P. 2023. Hazard indicators in urban trees: Case studies on *Platanus × hispanica* Mill. ex Münchh and *Morus alba* L. in Mendoza city-Argentina. *Rev. FCA UNCuyo* 2023. 55(2):152-165.
10. Ranković, N., Nedeljković, J., Zlatić, M., Stanišić, M., Nonić, D. 2016. Trends in the extent of damages from natural hazards in forests in Serbia and the influence of temperature and precipitation. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 114:201-218. <https://doi.org/10.2298/gsf1614201r>.
11. Valinger, E., Fridman, J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. *Forest Ecol. Manag.* 262:398-403. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.004>.

12. Wallentin, C., Nilsson, U. 2014. Storm and snow damage in a Norway spruce thinning experiment in southern Sweden. *Forestry* 87:229-238. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt046>.
13. Šenhofa S., Katrevičs, J., Adamovičs, A., Bičkovskis, K., Bāders, E., Donis, J., Jansons, Ā. 2020. Tree Damage by Ice Accumulation in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Stands Regarding Stand Characteristics. *Forests* 11:679. <https://doi.org/10.3390/f11060679>.
14. Norris, M. 2010. Acts of God: Urban tree management. The 11th National Street Tree Symposium 2010, Australia. Journal: Treenet, <https://treenet.org/resource/acts-of-god-urban-tree-management/>.
15. Calaza, P., Iglesias, I. 2016. El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evolución. Mundi Prensa. 526 p.
16. Coelho-Duarte, A.P., Daniluk-Mosquera G., Gravina, V., Vallejos Barra, O., Ponce-Donoso, M. 2021. Tree risk assessment: Component analysis of six visual methods applied in an urban park, Montevideo, Uruguay. *Urban Forestry & Urban Greening* 59:127005. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127005>.
17. Koeser, A.K., Hauer, R.J., Miesbauer, J.W., Peterson, W. 2016. Municipal tree risk assessment in the United States: findings from a comprehensive survey of urban forest management. *Arboricultural Journal* 38(4):218-229, doi:10.1080/03071375.2016.1221178.
18. Duryea, M.L., Kampf, E. 2017. Wind and trees: lessons learned from hurricanes. UF/IFAS Extension, University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu>.
19. Cucchi, V., Meredieu, C., Stokes, A., Berthier, S., Bert, D., Najar, M., Denis, A. 2004. Lastennet, R. Root anchorage of inner and edge trees in stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* L.) growing in different podzolic soil conditions. *Trees*, 18:460-466.
20. Stokes, A., Salin, F., Kokutse, A.D., Berthier, S., Jeannin, H., Mochan, S., Dorren, L., Kokutse, N., AbdGhani, M., Fourcaud, T. 2005. Mechanical resistance of different tree species to rockfall in the French Alps. *Plant Soil* 278:107-117.
21. Lundström, T., Jonas, T., Stöckli, V., Ammann, W. 2007. Anchorage of mature conifers: Resistive turning moment, root-soil plate geometry and root growth orientation. *Tree Physiol.* 27:1217-1227.
22. Hauer, R.J., Wang, W., Dawson, J.O. 1993. Ice storm damage to urban trees. *Journal of Arboriculture* 19:187-187.
23. Peltola, H., Ikonen, V.P., Gregow, H., Strandman, H., Kilpeläinen, A., Venäläinen, A., Kellomäki, S. 2010. Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland. *For. Ecol. Manag.* 260:833-845.
24. Kamimura, K., Kitagawa, K., Saito, S., Mizunaga, H. 2012. Root anchor age of hinoki (*Chamaecyparis obtuse* (Sieb. Et Zucc.) Endl.) under the combined loading of wind and rapidly supplied water on soil: Analyses based on tree-pulling experiments. *Eur. J. For. Res.* 131:219-227.
25. Défossez, P., Veylon, G., Yang, M., Bonnefond, J.M., Garrigou, D., Trichet, P., Danjon, F. 2021. Impact of soil water content on the overturning resistance of young *Pinus Pinaster* in sandy soil. *For. Ecol. Manag.* 480:118614.
26. Usbeck, T., Wohlgemuth, T., Dobbertin, M., Pfister, C., Bürgi, A., Rebetez, M. 2010. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Agric. For. Meteorol.* 2010(150):47-55.
27. Knappett, J., Zhang, X., Leung, A., Ciantia, M., Liang, T., Danjon, F. 2020. Small-scale modelling of root-soil interaction of trees under lateral loads. *Plant Soil* 456:289-305.
28. Fan, C.C., Li, S.C., Lu, J.Z. 2022. Modeling the effect of high soil moisture on the wind resistance of urban trees. *Forests* 13:1875. <https://doi.org/10.3390/f13111875>.
29. Coutts, M.P., Nielsen, C.C.N., Nicoll, B.C. 1998. The development of symmetry, rigidity and anchorage in the structural root systems of conifers. *Plant Soil* 217:1-15.
30. Rahardjo, H., Harnas, F.R., Indrawan, I.G.B., Leong, E.C., Tan, P.Y., Fong, Y.K., Ow, L.F. 2014. Understanding the stability of Samanea saman trees through tree pulling, analytical calculations and numerical models. *Urban For. Urban Green* 2014(13):355-364.
31. Yang, M., Défossez, P., Danjon, F., Fourcaud, T. 2018. Analyzing key factors of roots and soil contributing to tree anchorage of *Pinus* species. *Trees* 32:703-712.
32. NCFS, 2024. Storm-damaged tree assessment best management practices. North Carolina Forest Service Urban and Community Forestry, https://www.ncforestservice.gov/documents/trees&stor ms/stormdamagedtreeassessmentbmp_online.pdf.
33. Yang, M., Défossez, P., Danjon, F., Dupont, S., Fourcaud, T. 2017. Which root architectural elements contribute the best to anchorage of *Pinus* species? Insights from in silico experiments. *Plant Soil* 411:275-291.
34. Klein, R.W., Koeser, A.K., Kane, B., Landry, S.M., Shields, H., Lloyd, S., Hansen, G. 2020.

- Evaluating the likelihood of tree failure in Naples, Florida (United States) following hurricane Irma. *Forests*, 11:85.
35. Francis, J.K. 2000. Comparison of hurricane damage to several species of urban trees in San Juan, Puerto Rico. *J. Arboric* 2000(26):189-197.
36. Luley, C.J., Bond, J. 2006. Evaluation of the fate of ice storm-damaged urban maple (*Acer*) trees. *Arboriculture & Urban Forestry* 32(5):214-220.
37. Ray, D., Nicoll, B.C. 1998. The effect of soil water-table depth on root-plate development and stability of Sitka Spruce. *Forestry* 1998(71):169-182.
38. Soleimani-Fard, H., König, D., Goudarzy, M. 2021. Experimental and numerical analyses of uprising moisture in fine grained soils. *J. Geo Engin.* 16:001-014.
39. Clatterbuck, W.K. 2000. Storm-damaged residential trees: Assessment, care and prevention. University of Tennessee, Agricultural Extension Service. Tennessee/USA.
40. Sani, L., Lisci, R., Moschi, M., Sarri, D., Rimediotti, M., Vieri, M., Tofanelli, S. 2012. Preliminary experiments and verification of controlled pulling tests for tree stability assessments in Mediterranean urban areas. *Biosyst. Eng.* 112:218-226.
41. Duryea, M.L., Kampf, E., Littell, R.C., Rodríguez-Pedraza, C.D. 2007. Hurricanes and the urban forest: I&II Effects on southeastern United States coastal plain tree species. *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)* 2007(33):83-97, 98-112.