



Bazı Bitkilerin Rüzgar Erozyonuna Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi: Çankırı Örneği

Ö.B. Timur^{a*}, A.U. Özcan^a, U.P. Timur^a, H. Çelem^b, H. Perçin^b, M. Başaran^c

^a Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

^b Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

^c Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

* İletişimden sorumlu yazar (obtimur@karatekin.edu.tr)

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 9 Ağustos 2020

Kabul Tarihi : 14 Eylül 2020

*Sorumlu Yazar:

ozgurtim@hotmail.com

0000-0003-0626-3031

ÖZ

Dünyada rüzgar ile toprak partiküllerinin taşınması ve çökmesi, çevre için önemli bir işlem olmasının yanı sıra, ciddi boyutlarda çevresel problem olarak da kabul edilmektedir. Atmosferik partiküler madde olarak isimlendirilen ve boyutları 100 mikrometre (μm)'den küçük mineral (toprak kökenli) ve organik (bitki kökenli) partiküllerin atmosferdeki yoğunluğunun artması, önemli sağlık sorunlarına da neden olmaktadır. Tozun

engellenmesinde, iki ana yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi tozun ana kaynağında yok edilmesi, ikincisi de yapısal ve bitkisel yöntemlerle, rüzgar hızını azaltarak bitki yapraklarının toz tutma özelliğinden yararlanılması ile engellenmesidir.

Bu çalışma için Çankırı Karatekin Üniversitesi Uluyazı Kampüsü sınırları içerisinde yer alan alanlarda *Robinia pseudoacacia* (Yalancı akasya), *Acer negundo* (Akçaağaç), *Berberis thunbergii* (Kadıntuzluğu) ve *Ligustrum vulgare* (Kurtbağrı) türleri ile dört farklı rüzgar perdesi kurulmuştur. Her bir rüzgar perdesinin önüne ve arkasına hakim rüzgar yönüne 1 ve 30 metre mesafede toplam altışar adet BEST tuzak (Basaran ve Erpul Sediment Tutucu) yerleştirilmiştir. Ölçümler iki yıl süresince Mart-Eylül ayları arasında on beş günlük dönemlerde gerçekleştirilmiştir. Dört farklı rüzgar perdesinin de ciddi şekilde tozu azalttığı belirlenmiş olup, özellikle *Acer negundo* – *Berberis thunbergii* 'den oluşan rüzgar perdesinin 1m arkasında tozun %37'sini, 30m arkasında tozun %40'ını engellediği tespit edilerek, etkinliğinin diğerlerine göre yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, toz engelleme çalışmalarında bitki seçimi için bir başlangıç olması açısından önemlidir. Çalışma daha sonra yapılacak toz perdesi olarak kullanılabilir bitki seçimi çalışmalarında yöntem açısından kılavuz niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: BEST, rüzgar erozyonu, rüzgar perdesi, yarı kurak bölge

Determination of Effectiveness of Some Species of Plants Against Wind Erosion; Çankırı Case

ABSTRACT

Transport and precipitation of soil particles by the wind are important activities for the environment and they are also considered to be a considerable environmental problem in the world. The increase in the density of the small mineral (soil borne) and organic (phytogenetic) particles, which are called atmospheric particular matters and the sizes of which are smaller than 100 micrometer (μm), in the atmosphere cause important health problems. There are two main methods in prevention of dust. The first one is preventing the dust in its main source, for example, in the filters of the industry, and the second one is preventing it with structural and herbal methods by decreasing the wind speed and taking the advantage of the plants' dust collection qualities. For this study, four different shelterbelt was built in the structure of tree-shrub from the species of *Robinia pseudoacacia* (Black locust), *Acer negundo* (Boxelder Maple),

Bu makaleye atf:

Timur, Ö.B., Özcan, A.U., Timur, U.P., Çelem, H., Perçin, H., Başaran, M., 2020. Bazı Bitkilerin Rüzgar Erozyonuna Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi: Çankırı Örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 6(1): 39-46.

Berberis thunbergii (Japanese barberry) ve *Ligustrum vulgare* (Wild privet) on the areas located in the Uluyazı Campus of Çankırı Karatekin University. Six BESTs (Basaran and Erpul Sediment Trap) in total was established behind and in front of the shelterbelt in the direction of predominant wind on 1 and 30 meters heights. Dusts were collected every 15 days and measurements were carried out between March-September for two years. It was detected that four different shelterbelt reduced the dust successfully, and that the shelterbelt consisting of *Acer negundo* - *Berberis thunbergii* prevented 37% of the dust at 1 m behind and 40% of the dust behind 30 m, and it was found that its performance was greater than the others. The data were important for plant selection studies for the purpose of dust prevention studies. The study is a guideline in terms of method in plant selection studies that can be used as a dust prevent.

Keywords: BEST, Semi-arid area, Shelterbelt, Wind erosion.

1. Giriş

Erozyonun başlıca nedeni, toprağı koruyan bitki örtüsünün tahrip edilmesidir. Arazi eğimi, toprak yapısı, yıllık yağış miktarı, iklim faktörleri, bitki örtüsü, toprak ve bitkiye yapılan çeşitli müdahaleler, erozyonun şiddetini belirleyen öğelerdir. Dünyanın birçok yerinde önemli bir problem olarak görülen rüzgâr erozyonu ise özellikle kuru ve yarı kuru iklime sahip bölgelerde büyük bir tehlike arz etmektedir. Rüzgâr erozyonu, su erozyonu gibi geniş alanlarda etkili olabilmekte ve daha fazla toprağın taşınmasını sağlamaktadır. Dünyada rüzgar ile toprak partiküllerinin taşınması ciddi boyutlarda çevresel problem olarak da kabul edilmektedir (Niemeyer et al., 1999; Goossens and Riksen 2007).

Atmosferik partiküler madde olarak isimlendirilen ve boyutları 100 mikrometre (μm)'den küçük mineral (toprak kökenli) ve organik (bitki kökenli) partiküllerin atmosferdeki yoğunluğunun artması önemli sağlık sorunlarına da neden olmaktadır. Bunlar deri ve gözlerde tahribat ve en önemlisi de PM10 (partikül madde $< 10 \mu\text{m}$) yoğunluğundaki artışın akciğer ve deri kanseri riskini önemli oranda arttırması olarak sıralanabilir (McDuffie et al., 1989; Doelman et al., 1990; Schenker et al., 1993). Bununla beraber rüzgar erozyonu ile taşınan toprak partikülleri, beraberinde birçok tehlikeli kimyasal maddeyi kaynağından, kilometrelerce uzağı taşıyabilmektedir (Goudie and Watson, 1984; Middleton et al., 1986).

Atmosferik tozların, çöller, kuru göl yatakları, tarım alanları, açık maden ocakları, stabilize yollar ve inşaat alanları gibi farklı kaynakları olmasına rağmen, taşınması aynı mekanizma ile gerçekleşmektedir. Rüzgar gücü ile dönerek sıçrayan iri partiküllerin toprak yüzeyine çarpması sonucu, ince tozlar atmosfere yayılmakta ve rüzgar ile taşınan partiküller 1mm boyutuna kadar ulaşabilmektedir. Uzak mesafelere ise sadece $100\mu\text{m}$ 'den daha küçük partiküller taşınabilmektedir (Zobeck and Van Pelt, 2006).

Rüzgâr erozyonuna karşı alınacak kontrol önlemleri, rüzgâr gücünün etkisini azaltmaya veya toprak direncini arttırmaya ya da her ikisine yöneliktir. Bir rüzgâr perdesi, genellikle rüzgâr hızını azaltan yapı olarak tanımlanır ve yaygın

olarak rüzgâra karşı duran bariyerler ile ilişkilendirilir. Rüzgâr perdesi sadece sistemin kendisinde değil rüzgârla aynı yön ve rüzgâra karşı yönlerdeki belirli mesafelerde rüzgâr hızının etkisini, havanın akış yönünde bulunması ile azaltan tek bir element veya sistem olabilir. Rüzgar hızını ve türbülans yoğunluğunu azaltma açısından rüzgar perdelerinin etkinliğı, boşluğu, boşluk dağılımı, şekli, yüksekliğı ve genişliğı ile ilişkilidir. Ayrıca, serbest rüzgar hızı ve yüzey pürüzlülüğü de rüzgar kıranların performansını etkiler (Banzhaf et al., 1992).

Rüzgâr perdesi olarak kullanılan vejetatif sistemler rüzgârın yönünü, hızını ve şiddetini azaltarak rüzgara karşı ve rüzgarla aynı yöndeki rüzgar etkisi altındaki alanların çevresel koşullarının değışimini sağlarlar. Rüzgar perdesinin başarısı, tür seçimi, bitkilendirme tekniğı ve boşluk oranı ile ilişkilidir. Bozulmuş alanlarda yeniden bitkilendirme deseninin yapılabilmesi için kullanılan vejetasyonun, rüzgarla taşınan sediment miktarı üzerine etkisinin bilinmesine rağmen, bu konudaki çalışmalar yeterli değildir (Burri et al., 2011). Bunun nedeni ise tarla koşullarında, deneme süresi boyunca, vejetasyonun, iklim parametrelerine bağılı olarak değışime uğraması ve toprak özelliklerinden etkilenmesi nedeni ile elverişli izolasyonun sağlanamaması ve kontrollü koşulların oluşmamasıdır.

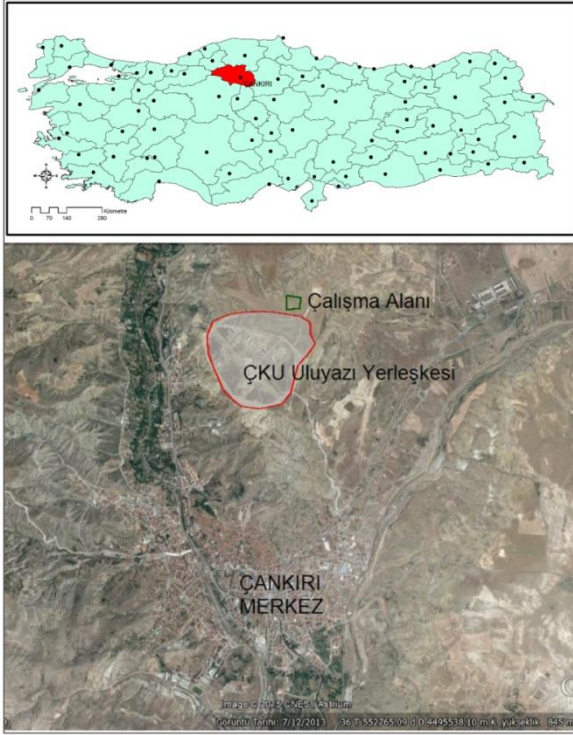
Bu çalışmanın amacı, yarı kurak bir iklime sahip Çankırı koşullarındaki alanlarda; dört farklı ağaç ve çalının farklı kombinasyonlarıyla tesis edilen aynı tip bitki perdelerinin rüzgar erozyonu üzerindeki etkilerinin BEST (Başaran Erpul Soil Trap) tuzaklar kullanılarak ortaya konulması ve kullandığımız hangi ağaç ve çalı kombinasyonunun rüzgarla taşınan toprak miktarının azaltılmasında daha etkili olduğunun belirlenmesidir.

2. Materyal - Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak, Çankırı İli Merkez İlçesinde Çankırı Karatekin Üniversitesi yerleşkesinin olduğu Uluyazı mevkiindeki alanlar kullanılmıştır (Şekil 1). Bölgenin ana kayasını jips oluşturmaktadır. Topraklar ağırlıklı olarak kumlu-

siltli ve kumlu, 7,8-8,3 pH, ortalama %10 kireç ve düşük organik maddeye sahiptir. Çankırı'nın yıllık ortalama yağışı 393,9 kg/m², hakim rüzgarın hızı ortalama 13.97 m sn⁻¹ ve rüzgarın geliş yönü kuzeybatıdır.



Şekil 1. Çalışma alanını gösterir Google Earth uydu görüntüsü.

2.2. Canlı perde desenleri

Toz perdesi olarak kullanılabilir bitkilerin bir listesi olmadığından, öncelikle tuzlu topraklara, kurak iklime, kirlı havaya dayanabilen ve rüzgar perdesi olarak kullanılan ağaç ve çalı türleri belirlenmiştir (Ürgenç, 1998). Daha sonra bu türler içerisinde İç Anadolu iklimine, toza ve kirlı havaya dayanıklı olmayan türler çıkarılmıştır. Ortama çabuk adapte olabilecek ve hızlı büyüyen türler arasından, yaprak altı daha tüylü olan 2 ağaç ve 2 çalı türü (*Acer negundo* - Akçaağaç, *Robinia pseudoacacia* - Yalancı akasya, *Ligustrum vulgare* - Kurtbağrı, *Berberis thunbergii* – Kadıntuzluğu) seçilmiştir.

Bitkilerin ne kadar toz engellediğini bulabilmek için, deneme alanında hakim rüzgar yönüne göre ağaç-çalı grubundan oluşan bitkisel perdeler dikilmiş (Şekil 2) ve 2 yıl boyunca ölçümler yapılmıştır. Oluşturulan rüzgar perdesinin boşluğu yaklaşık 0.50 m²m⁻²'dir.



Şekil 2. Bitkisel perde (Timur, 2012).

2.3. Ölçüm yöntemleri

Bitkisel çitlerin önünde ve arkasında bulunan toz miktarının ölçülmesi için sabit direkler kullanılmıştır. Sabit direk kullanılmasının nedeni, bitki perdesinin sabit bir yönden gelen rüzgarla taşınan tozu ne kadar engelleyebildiğini hesaplayabilmektir. Bitki perdelerinin uzak mesafelerde toz engelleme oranının belirlenebilmesi için, perdelerin 1m önünde ve 1m arkasında bulunan direklere ek olarak ağaç boyunun 3 metre olmasından dolayı ağaç borununun 10 katı mesafeye 30 metre önüne ve arkasına birer direk daha kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Toz ölçüm direkleri (Timur, 2012).

Sediment ölçümlerinde farklı boyutlardaki tanecikleri %90'a kadar yüksek etkinlikte tutabilen BEST (Başaran ve ark., 2011) tuzakları kullanılmıştır (Şekil 4). Tutulan toz miktarının, alındığı yükseklikle (d) çarpımının integrali ile direktten geçen gerçek toplam toz miktarı

belirlenmiştir. Araştırmada sediment kütle taşınma oranı (SKTO) (Qr , $g m^{-1}$) tuzakların yerleştirildiği farklı yükseklikler (30, 60, 90, 120, 150 ve 180 cm) için qz 'nin uyumu ile hesaplanmıştır (Eş. [1]).

$$Qr = \int_0^h q_z dz \quad [1]$$

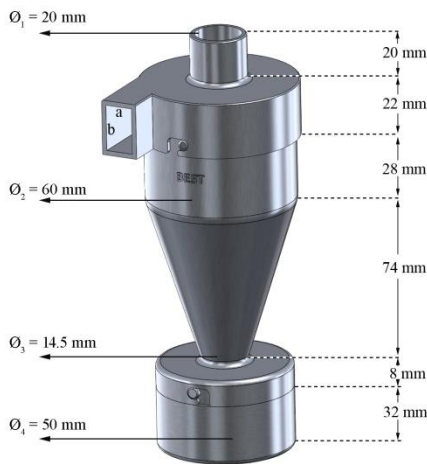
Formülde qz , z yüksekliğinde ölçülen SKTO, h ise maksimum taşınma yüksekliğini göstermektedir. Yüksekliğe göre BEST ile ölçülen birim tuzak giriş ağzındaki tanecik miktarları (qz , $g m^{-2}$) e-sayıli üstel azalan regresyon denklemleri (Eş. [2]) ile modellenmiş ve gerçek taşınan sediment miktarı trapez yöntemi veya yaklaşımı ile hesaplanmıştır.

$$q_z = q_0 e^{-\alpha z} \quad [2]$$

Eşitlikte q_0 , $z=0$ yüksekliğinde modellenen SKTO ($g m^{-2}$), α ise regresyon denkleminin eğim faktörünü göstermektedir (m^{-1}). Hesaplamalarda BEST'nin etkinliği ortalama olarak 0,80 alınmış (Basaran ve ark. 2011) ve toplam SKTO (Qt) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır ($kg m^{-1}$):

$$Qt = \left(\frac{Qr}{\eta}\right) L \quad [3]$$

Eşitlikte η , tuzak etkinliğini (0,80), L , ölçüm yapılan parsel genişliğini (her bir ölçüm direği için 1 m genişlik esas alınmıştır).



Şekil 4. BEST tuzak (Timur, 2012).

2.4. İstatistik analizleri

Deneme alanındaki bitkilerin ve tuzakların birbiriyle ilişkili olup olmadığını anlamak için istatistiksel yöntemlere başvurulmuş, bitkilerin önünden ve arkasından alınan veriler, tesadüf blokları deneme tertibinde $2 \times 2 \times 6$ faktöriyel düzende

Minitab16 programıyla Varyans analizi ile değerlendirilmiş, değerlendirme sonuçlarına MSTAT_C programı ile %1 önem düzeyinde yapılan Duncan testi uygulanmıştır.

3. Bulgular

Toz ölçüm direkleri üzerinde altı değişik yükseklikte bulunan BEST tuzaklarda yakalanan tozlar on beş gün aralıklarla toplanmış, laboratuvarında analiz edildikten sonra hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bütün rüzgar perdelerinde; perdenin önünde taşınan sediment maksimuma ulaşmaktadır. Rüzgar perdelerinin arkasında 1. metrede ortalama taşınan sediment Akçaağaç-Kurtbağrı perdesinde %38, Akçaağaç-Kadıntuzluğu perdesinde %47, Yalancı akasya - Kurtbağrı perdesinde %32 ve Yalancı akasya - Kadıntuzluğu perdesinde %37 oranında azalmıştır. Rüzgar perdelerinin 30 metre arkasında ise Akçaağaç-Kurtbağrı perdesinde %41, Akçaağaç-Kadıntuzluğu perdesinde %51, Yalancı akasya - Kurtbağrı perdesinde %37 ve Yalancı akasya-Kadıntuzluğu perdesinde %45 oranında azaldığı hesaplanmıştır (Tablo 1).

Ayrıca detaylı olarak rüzgar perdelerinin farklı yüksekliklerdeki taşınan sediment miktarı hesaplanmış ve Yalancı akasya-Kadıntuzluğu rüzgar perdesinin, Akçaağaç-Kadıntuzluğu rüzgar perdesinin, Yalancı akasya-Kurtbağrı rüzgar perdesinin ve Akçaağaç -Kurtbağrı rüzgar perdesinin önünde ve arkasında 30-60-90-120-150 ve 180cm yükseklikteki toz oranlarının değişimleri yüzdesel olarak belirlenmiştir (Tablo 2, 3, 4, 5).

Tablo 1. Farklı rüzgar perdelerinde taşınan sediment miktarı değerleri

Bitki Perdesi	Ölçüm No	Taşınan sediment miktarı ($gr m^{-2}$)		
		Ön 1 m	Arka 1 m	Arka 30 m
Akçaağaç-Kurtbağrı	1	208.33	127.60	121.53
	2	170.00	105.00	97.2
	3	218.33	136.11	131.67
	Ort	198.33	122.91	116.81
Akçaağaç Kadıntuzluğu	1	188.89	116.67	99.44
	2	165.56	77.78	77.78
	3	220.00	108.33	103.89
	Ort	191.48	100.93	93.70
Yalancı akasya Kurtbağrı	1	235.00	160.56	148.89
	2	191.67	130.00	121.11
	3	258.33	176.67	162.22
	Ort	228.33	155.74	144.07
Yalancı akasya Kadıntuzluğu	1	188.89	116.67	99.44
	2	155.00	94.44	81.11
	3	195.00	128.33	114.44
	Ort	179.63	113.15	98.33

Yalancı akasya – Kadıntuzluğu perdesinin 1m önündeki direkte 90-150 ve 180cm yüksekliklerde toz miktarında artışlar olduğu görülmektedir. 1m arkasındaki direkte 30-60-120-150-180cm yüksekliklerdeki toz miktarlarında gözle görülür azalma gözlemlenmektedir. 30m arkasındaki direkte ise toz miktarının ilk direğe göre azalma gösterdiği yükseklikler 30-120-150-180cm yüksekliklerdir (Tablo 2).

Akçaağaç – Kadıntuzluğu perdesinin 1m önündeki direkte 60-90-120-150-180cm yüksekliklerde toz miktarında artışlar olduğu görülmektedir. 1 m arkasındaki direkte 30-60-90-120-150cm yüksekliklerdeki toz miktarlarında gözle görülür azalma gözlemlenmektedir. 30m arkasındaki direkte ise toz miktarının ilk direğe göre azalma gösterdiği yükseklikler 30-90-120-150cm yüksekliklerdir (Tablo 3).

Yalancı akasya – Kurtbağrı perdesinin 1m önündeki direkte 30-60-90-120-150cm yüksekliklerde toz miktarında artışlar olduğu görülmektedir. 1m arkasındaki direkte 30-60-120-150cm yüksekliklerdeki toz miktarlarında gözle görülür azalma gözlemlenmektedir. 30m arkasındaki direkte ise toz miktarının ilk direğe göre azalma gösterdiği yükseklikler 30-120-150-180cm yüksekliklerdir (Tablo 4).

Akçaağaç – Kurtbağrı perdesinin 1m önündeki direkte 60-90-120-150-180cm yüksekliklerde toz miktarında artışlar olduğu görülmektedir. 1m arkasındaki direkte 30-60cm yüksekliklerdeki toz miktarlarında gözle görülür azalma gözlemlenmektedir. 30m arkasındaki direkte ise toz miktarının ilk direğe göre azalma gösterdiği yükseklikler 30-60-180cm yüksekliklerdir (Tablo 5).

Tablo 2. *Robinia pseudoacaccia* Yalancı akasya – *Berberis thunbergii* Kadıntuzluğu rüzgar perdesinin 1m ve 30m arkasındaki ölçüm değerlerinin değişiminin aritmetik ortalaması.

Ölçüm yüksekliği (cm)	Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ortalama (%)	
	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre
30	-4	-26	-9	-27	-6	-23	-6	-25
60	-11	-5	-13	-6	-8	-4	-10	-5
90	19	11	23	14	20	13	20	13
120	-45	-55	-39	-50	-43	-48	-43	-51
150	-36	-43	-41	-45	-32	-39	-36	-43
180	-3	-32	-4	-32	-03	-27	-4	-30
Değişim	-12	-25	-13	-25	-11	-20	-12	-24

Tablo 3. *Acer negundo* Akçaağaç – *Berberis thunbergii* Kadıntuzluğu rüzgar perdesinin 1m ve 30m arkasındaki ölçüm değerlerinin değişiminin aritmetik ortalaması.

Ölçüm yüksekliği (cm)	Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ortalama (%)	
	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre
30	-74	-48	-70	-46	-70	-52	-71	-49
60	-35	-13	-39	-17	-29	-18	-34	-16
90	-9	-38	-11	-30	-6	-31	-8	-33
120	-50	-50	-52	-43	-47	-47	-50	-47
150	-32	-55	-33	-50	-35	-50	-33	-52
180	39	-33	36	-29	0	-30	25	-31
Değişim	-37	-41	-38	-38	-38	-40	-37	-40

Tablo 4. *Robinia pseudoacaccia* Yalancı akasya – *Ligustrum vulgare* Kurtbağrı rüzgar perdesinin 1m ve 30m arkasındaki ölçüm değerlerinin değişiminin aritmetik ortalaması.

Ölçüm yüksekliği (cm)	Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ortalama (%)	
	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre
30	-15	-28	-16	-26	-12	-25	-14	-26
60	-11	-6	-10	-3	-13	-10	-11	-6
90	12	8	15	10	14	10	14	9
120	-11	-22	-5	-18	-7	-20	-7	-20
150	-18	-23	-19	-25	-14	-21	-17	-23
180	-3	-14	-9	-17	-7	-18	-6	-16
Değişim	-9	-16	-9	-15	-8	-15	-9	-15

Tablo 5. *Acer negundo* Akçaağaç – *Ligustrum vulgare* Kurtbağrı rüzgar perdesinin 1m ve 30m arkasındaki ölçüm değerlerinin değişiminin aritmetik ortalaması.

Ölçüm yüksekliliği (cm)	Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ölçüm (%)		Ortalama (%)	
	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre	1 metre	30 metre
30	-41	-30	-38	-36	-43	-34	-41	-33
60	-5	-8	-10	-13	-14	-9	-10	-10
90	-5	-19	-6	-12	-4	-20	-5	-17
120	0	-22	11	-21	0	-22	4	-22
150	-11	-22	-14	-21	-14	-23	-13	-22
180	-5	-15	-6	-12	-4	-9	-5	-12
Değişim	-16	-20	-15	-22	-18	-21	-17	-21

4. Tartışma

Genel olarak, bitki örtüsü çıplak olan alanlarda, rüzgarın etkisiyle toprak tanecikleri harekete geçer ve rüzgar hattında enerjiyi kesebilecek engelle karşılaşmazsa, belirli bir mesafeden sonra en yüksek orana ulaşmaktadır. Bitki örtüsü, taşınan taneciklerinin geçişini engellediği için, rüzgar yönünün sınırından aşağıya doğru, taşınan sediment miktarında bir azalma olur (Fryrear et al., 1998). Çalışmada tuzak orta yüksekliğinde tutulan sediment miktarının diğerlerine göre daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Bu da rüzgar perdesinin porozitesinin orta kısımlarda daha fazla olmasıyla açıklanabilir. Ama genel itibari ile Chen et al. (1995), Gash (1986), Irvine et al. (1997), Wuys et al. (2008) ve Erpul et al. (2012)'nin rüzgar perdeleri ve toprak taşınımı ile yapmış oldukları çalışmalarda ulaştıkları rüzgar yönünde yukarıya doğru olan sınırda bitki örtüsünün toprak tutma kapasitesi artmaktadır bulgusuyla çalışmamız örtüşmektedir.

Rüzgar perdelerinin etkinliği genel olarak bitki yüksekliğinin 10-20 katı olarak kabul edilmektedir (Cornelis and Gabriels, 2005). Bu çalışma ağaçların yüksekliğinin 10 katı mesafede rüzgarla toprak taşınmasında etkin bir koruma sağladığını göstermiştir.

Toz engelleyici bitkiler içinde çok fazla araştırma olmamasına rağmen yine de birkaç yakın çalışma bulunmaktadır. Prajapati and Tripathi (2006), yapmış oldukları çalışmada *Ficus religiosa* (Kutsal İncir Ağacı), *Ficus benghalensis* (Hint Banyan Ağacı), *Mangifera indica* (Hint Mangosu), *Dalbergia sissoo* (Hint Gülağacı), *Psidium guajava* (Elma Guava) ve *Dendrocalamus strictus* (Demir Bambu) türlerinin toz absorpsiyonunda önemli türler olduğunu belirlemişlerdir. Thuyet et al., (2014) iki tür rüzgar perdesinin (*A. auriculiformis* ve *C. equisetifolia*), rüzgar hızını %70 oranında

azaltmada *A. auriculiformis* türünün 135 metrede etkili olduğunu fakat *C. equisetifolia* türünün sadece 85 metrede etkili olduğunu bildirmiştir. Çin'de farklı desenlerdeki (130×300 m, 260×300 m, and 300×400 m grid) Çin Kavağı (*Populus simonii* Carr.) rüzgar perdelerinin 0-20cm'de rüzgar kontrollerinin %20-52 arasında olduğu ve rüzgar perdeleri arasındaki mesafenin artması ile birlikte rüzgarın etkinliğinin de arttığı belirlenmiştir (Bao, 2011). Araştırma Çankırı İl'inde gerçekleştirildiği için İç Anadolu bölgesi iklimine uygun türlerden tozu tutmaya en elverişli olduğu düşünülen bitkiler seçilerek denemeler gerçekleştirilmiştir.

5. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada bitki seçiminde gerekli araştırmalardan sonra İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan alanımız için, bölge iklimine uygun, rüzgar perdesi olarak kullanılacak türler belirlenmiş, bu türler arasından yaprak altı tüylerle kaplı olan bitkilerin atmosferik tozu önemli ölçüde tutması gerektiği düşünülerek kullanılacak bitki listesi oluşturulmuştur. Bitkilerin gelişme ve adaptasyon hızı da dikkate alınarak, denemeler için 2 ağaç ve 2 çalı türü seçilmiştir. *Acer negundo* (Akçaağaç), *Robinia pseudoacacia* (Yalancı akasya), *Ligustrum vulgare* (Kurtbağrı) ve *Berberis thunbergii* (Kadıntuzluğu) Çankırı koşullarında toz perdesi olarak en uygun türler olarak düşünülmüştür. Ağaç - çalı şeklinde değişik alanlarda hazırlanan toz perdelerinin önünden ve arkasından 30m ve 1m mesafelerde yapılan toz ölçümleri ile hangi ağaç - çalı grubunun tozu en fazla tuttuğu belirlenmiştir. Dört farklı rüzgar perdesinin de ciddi şekilde tozu azalttığı belirlenmiş olup, özellikle *Acer negundo* – *Berberis thunbergii*'den oluşan rüzgar perdesinin etkinliğinin diğerlerine göre yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Çalışma sonucunda Çankırı İli'nde toz engelleme çalışmalarında *Acer negundo* – *Berberis thunbergii* 'den oluşan rüzgar perdesini kullanmanın maksimum faydayı sağlayacağı belirlenmiştir. Hakim rüzgar yönüne dik istikamette ve yol kenarlarında kullanılacak rüzgar perdeleri, araç yollarından kaynaklanan tozu önemli ölçüde engelleyecektir. Tarım alanlarında da yine hakim rüzgar yönüne dik olarak belirli aralıklarla tekrarlayan rüzgar perdesi yapılması, hem tarım alanlarından kaynaklanan tozun azaltılmasını sağlarken hem de rüzgarın toprağı kurutmasını engelleyerek tarım alanlarında verimin artmasını sağlayacaktır.

Rüzgar erozyonunun engellenmesi için canlı rüzgar perdeleri önem arz etmektedir. Canlı rüzgar perdelerinin etkinliklerinin belirlenmesi ile ekonomik ve ekolojik olarak daha etkin koruma yapılacağı aşıkardır. Rüzgar perdelerinin boşluğu, boyu, genişliği ve şeklinin rüzgar ve taşınan materyal üzerindeki etkinliklerinin de bütünleşik olarak daha fazla çalışılması gerekmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenen 10B4347002 numaralı "Yerleşim Alanlarında Bitkisel Materyalle Toz Engelleme Çalışmaları: Çankırı Örneği" başlıklı proje kapsamında yapılmıştır. Makalenin bir kısmı II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu'nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar, herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Kaynaklar

Banzhaf, J., leihner, D.E., Buerkent, A., Serafini, P.G., 1992. Soil Tillage and Windbreak Effects on Millet and Cowpea: I. Wind Speed, Evaporation, and Wind Erosion. *Agronomy Journal*. 84(6), 1056-1060.

Bao, 2011. Notice of Retraction Effects of Shelterbelts on Wind Erosion Control in the Desertified Cropland of North-Western Shandong Province, China, 2011. 2011 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE), 10-12 May 2011, China.

Başaran M., Erpul G., Uzun O., Gabriels D., 2011. Comparative efficiency testing for a newly

designed cyclone type sediment trap for wind erosion measurements. *Geomorphology*. 130(3-4), 343-351.

Burri, K., Gromke, C., Lehning, M., Graf, F., 2011. Aeolian sediment transport over vegetation canopies: A wind tunnel study with live plants. *Aeolian Research*. 3(2), 205-213.

Chen, J., Franklin, J.F., Spies, T.A., 1995. Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications*. 5(1), 74-86.

Cornelis, W.M. and Gabriels, D., 2005. Optimal windbreak design for wind-erosion control. *Journal of Arid Environments*. 61, 315-332.

Çelem, H. ve Perçin, H., 1998. Ağağlandırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Yayınları 1031, Ankara. s.51

Doelman, C.J.A., Leurs, R., Oosterom, W.C., Bast, A., 1990. Mineral dust exposure and free radical-mediated lung damage. *Experimental Lung Research*. 16, 41-55.

Erpul, G., Başaran, M., Özcan, A.U., Palta, Ç., 2012. Yarı-kurak bölgelerde rüzgâr erozyonu tehlikesinin değerlendirilmesi: bölgesel ölçekte model geçerlilik çalışmaları. TUBİTAK TOVAG Proje Sonuç Raporu (1100296).

FAO, 1969. Soil erosion by wind erosion and measures for its control on agriculture lands. FAO Agriculture Development paper No: 71.

Fryrear, D.W., Saleh A., Bilbro J.D., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M., 1998. Revised Wind Erosion Equation (RWEQ), Technical Bulletin 1, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory, Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS.

Gabriels, D., Cornelis, W., Pollet, I., Van Coillie, T., Ouassar, M., 1997. The I.C.E. wind tunnel for wind and water erosion studies. *Soil Technology*. 10(1), 1-8.

Gash, J.H.C., 1986. Observations of turbulence downwind of a forest-heath interface. *Boundary-Layer Meteorology*. 36(3), 227-237.

Goossens, D. and Riksen, M.J.P.M., 2007. The role of wind and splash erosion in inland drift-sand areas in the Netherlands. *Geomorphology*. 88(1-2), 179-192.

Goudie A.S. and Watson A., 1984. Rock block monitoring of rapid salt weathering in southern Tunisia. *Eart Surface Processes and Landforms*. 9(1), 95-98.

Hagen, L.J., 1976. Windbreak design for optimal wind erosion control. In: proceedings of Symposium: Shelterbelts on the Great Plains. Denver, CO. 20-22 April, pp 31-36.

Heiser, G.M. and Dewalle, D.R. 1988. 2. Effects of windbreak structure on wind flow. *Agric. Ecosyst. Environ*. 22-23(C), 41-69.

Irvine, M.R., Gardiner, B.A., Hill, M.K., 1997. The evolution of turbulence across a forest edge. *Boundary-Layer Meteorology*. 84(3), 467-496.

- Ki-Pyo, Y. and Young-Moon, K., 2009. Effect of protection against wind according to the variation porosity of wind fence. *Environmental Geology*. 56(6), 1193-1203.
- Laird, D.J., 1997. Wind tunnel testing of shelterbelt effects on dust emissions from swine production facilities. Thesis (M.S.)—Iowa State University.
- Li, J., Okin, G.S., Alvarez, L., Epstein, H., 2007. Quantitative effects of vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grassland of southern New Mexico, USA. *Biogeochemistry*. 85, 317–332.
- Li, J., Okin, G.S., Alvarez, L., Epstein, H., 2008. Effects of wind erosion on the spatial heterogeneity of soil nutrients in two desert grassland communities. *Biogeochemistry*. 88(1), 73-88.
- McDuffie, H.H., Klaassen, D.J. and Dosman, J.A., 1989. Lung Cancer in Saskatchewan Males. In: *Guide to Healthy and Hygiene in Agricultural Work*. International Labour Office, Geneva, Switzerland, 89 p.
- Michels, K., Sivakumar, M.V., Allison, B.E., 1995. Wind erosion control using crop residue. II. Effects on millet establishment and yields. *Field Crops Research*. 40(2), 111-118.
- Middleton, N. J., Goudie, A.S. and G. L.Wells., 1986. The frequency and source areas of dust storms. In *Aeolian geomorphology*, ed. W. G. Nickling, Boston: Allen and Unwin, 237–259 p.
- Molina-Aiz, F.D., Valera, D.L., Álvarez, A.J., Madueño, A., 2006. A wind tunnel study of airflow through horticultural crops: determination of the drag coefficient. *Biosystems Engineering*. 93 (4), 447–457.
- Niemeyer, T.C., Gillette, D.A., DeLuisi, J.J., Kim, Y.J., Niemeyer, W.F., Ley, T., Gill, T.E., Ono, D., 1999. Optical depth, size distribution and flux of dust from Owens Lake, California. *Earth Surface Processes and Landforms*. 24(5), 463-479.
- Prajapati, S.K. and Tripathi, B.D., 2006. Seasonal Variation of Leaf Dust Accumulation and Pigment Content in Plant Species Exposed to Urban Particulates Pollution. *Pollution Ecology Research Lab., Dep. of Botany, Banaras Hindu Univ., Varanasi, 221005, India*
- Raine, J.K., Stevenson, D.C., 1977. Wind protection by model fences in simulated atmospheric boundary layer. *Journal of Industrial Aerodynamics*. 2, 159–180.
- Rosenberg, N.J., 1974. *Microclimate: The Biological Environment*. Wiley, New York.
- Schenker, M., McCurdy, S., Jenkins, B., John, W., Scales, D., Lawson, R. and Lischak, L.A., 1993. Exposure to amorphous silica during rice farming operations. Contract No. A032-177. Final Report to California Air Resources Board, Sacramento, CA.
- Sterk, G., Spaan, W.P., 1997. Wind erosion control with crop residues in the Sahel. *Soil Science Society of America Journal*. 61, 911-917.
- Thernelius, S.M., 1997. Wind tunnel testing of shelterbelt effects on dust emissions from swine production facilities. Thesis (M.S.)—Iowa State University.
- Thuyet, D.V., Do, T.V., Sato, T., Hung, T.T., 2014. Effects of species and shelterbelt structure on wind speed reduction in shelter. *Agroforestry Systems*. 88(2), 237-244.
- Timur, Ö.B., 2012. Yerleşim alanlarında bitkisel materyalle toz engelleme çalışmaları: Çankırı örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Ankara
- Udo, K., Kuriyama, Y., Jackson, D.W.T., 2008. Observations of wind-blown sand under various meteorological conditions at a beach. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*. 113 FO4008.
- Udo, K., Yamawaki, S., 2007. Short-term backshore processes under wave and wind actions, *J. Coastal Res.* SI50, 237–241.
- Ürgeç, S.İ., 1998. Ağaçlandırma teknikleri, İstanbul Üniv. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Wuyts, K., Verheyen, K., De Schrijver, A., Cornelis, W.M., Gabriels, D., 2008. The impact of forest edge structure on longitudinal patterns of deposition, wind speed, and turbulence. *Atmospheric Environment*, 42(37), 8651-8660.
- Zobeck, T.M., Van Pelt, R.S., 2006. Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. *J. Hazard. Mater.* 132, 26–38.