



EROZYONUN BELİRLENMESİNDE YÜZEYSEL AKIŞ PARSELİ KULLANIMININ İRDELENMESİ

Hüseyin ŞENSOY^(*), Ömer KARA⁽¹⁾, Ahmet HIZAL⁽²⁾

⁽¹⁾ BÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü 74100 Bartın

⁽²⁾ İÜ Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü 80895 Bahçeköy/İstanbul

ÖZET

Arazi ya da laboratuvar koşullarında, yağmur altında veya yapay yağmurlama kullanılarak erozyon, toprak kaybı, yüzeysel akış veya infiltrasyon ölçümleri yapılan parseller, genel anlamda yüzeysel akış parselleri olarak adlandırılmaktadır. Yüzeysel akış parsellerinden güvenilir veri elde edebilmek için uyulması gereken birçok esas bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; yüzeysel akış parselinin arazi üzerine tesisi, parsel boyutlarının belirlenmesi, çalışma amacına uygun parsel kullanımı, veri toplama yöntemi, ölçüm süresi ve sıklığı, yüzeysel akış ve sediment örneklemesinin usulüne uygun yapılması, karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların nasıl giderileceği şeklinde sıralanabilir. Parsel çalışmalarında bu esasların çalışma amacına, yöntemine, çalışma süresine, çalışmanın laboratuvar ortamı ya da arazi üzerinde olmasına bağlı olarak oldukça değişken olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılarak, yüzeysel akış parselleri yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde ele alınmış ve irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, yüzeysel akış parseli, parsel ölçümleri, parsel kurulumu, parsel boyutu

EXAMINATION OF RUNOFF PLOT USE IN DETERMINING SOIL EROSION

ABSTRACT

The plots used for measurements of erosion, soil loss, runoff or infiltration in field or laboratory conditions under natural rain or using artificial rainfall are generally called runoff (field) plots. There are lots of principle to obey to get reliable data on runoff plots. The most important of these may be listed as construction of the plot, determine the plot sizes, using appropriate runoff plot for study aim, the method of data collection, measurement period and frequency, the accuracy of runoff and sediment sampling from runoff plot, the problems encountered and how these problems can be solved. It is observed that these principles in plot studies greatly vary depending on study aim, method, study period, whether the study is carried out in laboratory conditions or in the field. In this study, runoff plots were evaluated and examined within the framework of the principles mentioned above taking into consideration the previous studies.

Key Words: Erosion, runoff plot, plot measurements, plot construction, plot size

1. GİRİŞ

Toprak erozyonunun belirlenmesi ve ölçülebilmesi yöntemleri, çeşitli değerlendirmeler ya da başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Genel olarak erozyonun belirlenmesinde kullanılan yöntemler doğrudan, dolaylı ve tahmini ölçüm yöntemleri şeklindedir. Su erozyonunun arazide ve laboratuvar koşullarında doğrudan ölçülmesi ve tahmini yöntemler kullanılarak belirlenmesi şeklinde yapılan sınıflandırmalar da bulunmaktadır (Balcı 1996), (Stroosnijder 2005). Doğrudan ölçüm (arazide erozyon ölçümü), çeşitli yöntemler kullanılarak

* Yazışma yapılacak yazar: hüseyinSensoy61@hotmail.com

Makale metni 07.01.2011 tarihinde dergiye ulaşmış, 14.01.2011 tarihinde basım kararı alınmıştır.

gerçekleştirilebilmektedir. Yüzeysel akış parseli tesis edilerek erozyon, toprak kaybı ve yüzeysel akış ölçülmesi bu yöntemlerden biridir. Parsel kullanarak kontrollü laboratuvar ortamında veya arazi koşullarında doğal yağmur altında veya yapay yağmurlama uygulanarak erozyon ve yüzeysel akışın ölçümü gerçekleştirilmektedir. Arazi üzerinde doğal şartlar altında yapılan erozyon ve yüzeysel akış ölçümlerinde kullanılan parseller genel anlamda yüzeysel akış parselleri olarak adlandırılmaktadır. Yüzeysel akış parselleri erozyon, toprak kaybı, yüzeysel akış ve infiltrasyonun ölçülmesinde kullanılan yöntemlerin en önemlilerinden birisidir.

Genellikle uygulamaya yönelik bazı bulgu ve sonuçlar elde etmek veya erozyon olayındaki bazı temel ilişkileri ortaya koymak için, belli amaçları ve belli soruları cevaplamaya yönelik olan yüzeysel akış parselleri (Balcı 1996), başlıca üç farklı hedefin araştırılması için uygulanabilmektedir. Bunlardan ilki, bitki örtüsü ile kaplı toprak yüzeyinde gerçekleşen erozyon, çıplak toprak yüzeyinden gerçekleşenden daha azdır gibi genel bir kabulü ispatlamak amaçlıdır (Hudson 1993). İkincisi karşılaştırmalı arazi çalışmalarında kullanımıdır (Hudson 1993), (Boix-Fayos et al., 2006). Üçüncüsü ise bir eşitliğin, modelin ya da toprak kaybı ve yüzeysel akışla ilgili bir tahminin gözlemlenmesi amaçlı yüzeysel akış parseli tesisidir (Hudson 1993). Yüzeysel akış parselleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda dikkat edilmesi gereken ilk nokta, çalışma amacını sağlayabilmesidir. Toprak, eğim, yamaç uzunluğu, bakı gibi değişkenlerin yalnızca bir tanesinin farklı olması ve bu değişkenin etkisinin ortaya konulması amaçlanmalıdır (Hayward 1967). Şekil 1’de aynı yetiştirme ortamı koşullarında tesis edilmiş yüzeysel akış parselleri görülmektedir. Yan yana tesis edilen iki parselden bir tanesinin üzerinde belli bir kapalılığa sahip ağaç topluluğu yer alırken; diğeri bitki örtüsünden tamamen yoksun durumdadır.



Şekil 1. Bitki örtüsünün etkisini belirlemek için tesis edilmiş yüzeysel akış parselleri (Boix-Fayos et al. 2006).

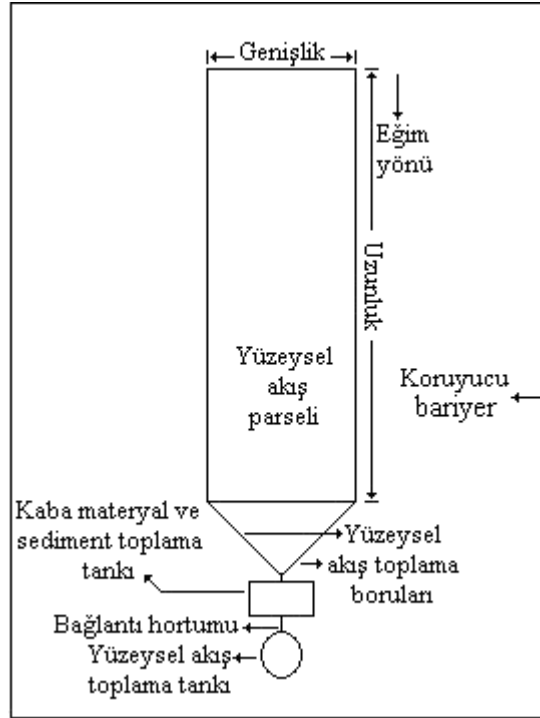
Diğer taraftan yüzeysel akış parsellerinden güvenilir veri elde edebilmek için sağlanması gereken birçok ölçüt olduğu da unutulmamalıdır. Yüzeysel akış parselinin arazi üzerine tesisi, tercih edilen boyutlar, ölçüm süresi ile ölçüm zaman aralığı, parsel çalışmalarında karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların nasıl giderileceği gibi birçok esas dikkate alınıp değerlendirilerek güvenilir veri elde edebilmek mümkündür. Bu çalışmada, yüzeysel akış parselleri yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde geniş çaplı ele alınmış ve irdelenmiştir.

2. YÜZEYSEL AKIŞ PARSELİNİN KURULUMU

Erozyonun, yüzeysel akışın ve toprak kaybının belirlenmesi çalışmalarında yüzeysel akış parseli kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi parsellerin kurulumudur. Parsel kurulumunda parseli oluşturan donanım ve kullanılacak malzemenin seçimi, parselin arazi üzerine tesisi, bağlantıların güvenilirliği gibi birçok önemli nokta bulunmaktadır. Genel olarak yüzeysel akış parselleri, yüzeysel akış toplama alanı, bağlantı düzeneği ve depolama biriminden oluşan bir sistemdir (Williams and Buckhouse 1991), (Hudson 1993),

(Chmelova and Sarapatka 2002), (Ollesch and Vacca 2002). Yüzeysel akış parsel düzeneğinde bulunması gerekli bileşenler ve düzeneğin genel görünümü Şekil 2’de gösterilmiştir.

Yüzeysel akışın ve erozyonun gerçekleşeceği arazi parçasının, çalışma amacına uygun bir şekilde sınırlandırılmış kesimi, yüzeysel akış toplama alanıdır. Yüzeysel akış toplama alanından gelen yüzeysel akış ve sedimentin, depolama birimine iletiildiği kısım bağlantı düzeneğidir. Bazı çalışmalarda bağlantı düzeneğine yerleştirilen elek, filtre ya da sediment tutucu diğer maddeler, toplama alanından gelen kaba materyali ve mümkün olduğunca sedimenti tutarak, yalnızca yüzeysel akış suyunu depolama sistemine göndermektedir (Dunjo et al., 2004), (Hayes et al., 2005). Yüzeysel akış toplama alanından gelen akış ve sedimentin depolandığı kısım ise depolama birimi olarak adlandırılır.



Şekil 2. Genel hatlarıyla yüzeysel akış parsel düzeneği.

2.1 Yüzeysel Akış Toplama Alanı

Yüzeysel akış toplama alanı, parsel dışından yüzeysel akış ve sediment gelmeyecek şekilde yalıtılmalıdır. Aynı şekilde iç kesimde oluşan yüzeysel akış ve sediment de belirlenen noktanın haricinde dışarıya çıkmamalıdır (Mirtskhoulava 1981), (Dillaha et al., 1986). Yüzeysel akış toplama alanının sınırlandırılmasında sac ya da ince metal (Dillaha et al., 1986), (Peugeot et al., 1997), (Basic et al., 2000), (Parsons et al., 2006a), galvaniz-çinko (Balcı 1958), (Navar and Synnott 2000), (Dunjo et al., 2004), (Martinez et al., 2006), tahta (Soons 1970), (Uslu 1971), (Jackson et al., 1985), (Sutherland and Ziegler 2006) ve plastik madde (Hayes et al., 2005), (Rejman and Brodowski 2005) kullanılabildiği gibi; bunun dışında beton, çimento, tuğla gibi farklı birçok maddenin de kullanılabileceği ifade edilmektedir (Hudson 1993). Toplama alanı sınırlandırılırken çelik malzemelerin de kullanıldığı ancak diğer malzemelere göre hem pahalı hem de kurulumunun zor olduğu belirtilmektedir (Blanco-Canqui et al., 2004). Arazinin uygun olması halinde doğal su ayırma hattı da parsel sınırı olarak kullanılmakta (Rochelle et al., 1986), (Gomi et al., 2008) ve bu durum çok daha yüksek temsil yeteneği göstermektedir (Mou 1981). Şekil 3’te su ayırma hattının parsel sınırı olarak belirlendiği, 328 m² alana sahip bir yüzeysel akış toplama alanı görülmektedir. Bu tür yüzeysel akış parselleri havzacık parsel veya küçük havza parsel olarak da adlandırılmaktadır (Boix-Fayos et al., 2005).

Akımın toplanacağı alan sınırlandırılırken parsel kenarlıkları ile toprak arasında boşluk kalmamalıdır (Şekil 4). Uygulamada bunu sağlamak için parsel kenarlıkları toprağa gömülür (Balcı 1958), (Uslu 1971), (Gifford 1973),

(Williams and Buckhouse 1991), (Albaladejo et al., 2000). Gömülme oranı çalışmanın durumuna göre 5 cm (Williams and Buckhouse 1991), (Joel et al., 2002), (Sharpley and Kleinman 2003), 7,5 cm (McIvor et al., 1995), 10 cm (Castillo et al., 1997), (Bagarello and Ferro 2004), (Sutherland and Ziegler 2006), (Zorn and Petan 2008), 15 cm (Balcı 1958), (Navar and Synnott 2000) ölçütlerinde olabilmektedir. Parsel kenarlıklarının toprak üstünde kalan kısmı da parsel içinde oluşacak yüzeysel akışın taşmasına izin vermeyecek oranda yüksek olmalıdır. Bu yükseklik arazinin ve çalışmanın durumuna göre 5 cm (Balcı 1958), (Williams and Buckhouse 1991), (Sharpley and Kleinman 2003), 10 cm (Castillo et al., 1997), (Bagarello and Ferro 2004), (Sutherland and Ziegler 2006), 15 cm (Navar and Synnott 2000) veya daha farklı boyutta (Krenitsky et al., 1998) olabilmektedir.



Şekil 3. Yüzeysel akış toplama alanını sırtlardan geçen su ayırma çizgilerinin sınırladığı bir yüzeysel akış parseli (Boix-Fayos et al., 2005).

Yüzeysel akış toplama alanı genellikle dikdörtgen şeklinde kurulur. Bu şekliyle, yüzeysel akış ile sediment oluşumunun gözlemlenmesi ve ölçümlerin gerçekleştirilmesi araştırmacı için daha kolay olmaktadır. Kare şeklinde tesis edilenler de olabilmektedir (Carmi and Berliner 2008). Bazı çalışmalarda toplama alanının alt kısmına üçgen şekil verilerek, toplanan yüzeysel akış ve sedimentin daha hızlı bir şekilde bağlantı düzeneğine ya da (bağlantı düzeneği olmayan sistemlerde) depolama birimine ulaşması sağlanmaktadır (Gascuel-Oudoux et al., 1996), (Parsons et al., 2006a).



A (Hudson 1993)



B (Jackson et al., 1985)

Şekil 4. Farklı arazi çalışmalarında yüzeysel akış toplama alanı tesisi.

2.2 Bağlantı Düzeneği

Bağlantı düzeneği gelen su ve sedimenti dışarıya kaçırmayacak şekilde tesis edilir (Dillaha et al., 1986), (Rejman and Brodowski 2005). Dikkat edilmesi gereken, bağlantı noktalarının sağlamlığı ve uygun monte edilmiş olmasıdır. Eğer bağlantı düzeneği toprak seviyesinin çok üzerine monte edilirse, yüzeysel akışla gelen sediment burada yığılacaktır. Aksi durumda, yani bağlantı düzeneği toprak seviyesinin çok altında monte edilirse bu kez de yerel bir toprak erozyonu görülebilecek belki de küçük bir oluk oluşabilecektir (Hudson 1993). Yüzeysel akış toplama alanından gelen materyalleri depolama sistemine iletmek için uygun çapta çinko, hortum, PVC gibi maddeler kullanılmaktadır (Uslu 1971), (Jackson et al., 1985), (Williams and Buckhouse 1991), (Navar and Synnott 2000), (Abrisqueta et al., 2007). Bağlantı düzeneğinde kullanılan boru ya da hortumlar, gelen su ve sedimenti sağlıklı şekilde depolama birimine iletebilecek kalınlıkta olmalıdır. Bazı çalışmalarda toplama alanından gelecek yüzeysel akış ve sedimenti tutmak amacıyla, parsel alt ucuna paralel olacak şekilde oluklar da tesis edilmektedir (Wilcox 1994). Bu olukların da bir ya da iki ucu depolama birimine bağlı olmaktadır. Bağlantı düzeneğinin uzunluğu arazi eğimine bağlı olarak değişebilmektedir (Jackson et al., 1985). Ancak çok uzun olması durumunda, yüzeysel akışla gelen organik kökenli materyal, tortu, toprak veya sedimentin birikmesiyle tıkanma ihtimali bulunmaktadır. Kış döneminde bağlantı düzeneğinin donması nedeniyle ölçümlerin gerçekleştirilememesi de karşılaşılan problemler arasındadır (Wilcox 1994). Bazı çalışmalarda bağlantı düzeneği tercih edilmemektedir. Yüzeysel akış toplama alanının sonlandığı noktada, gelen materyaller doğrudan depolama birimine ulaşmaktadır (Balci 1958), (Parsons et al., 2006a). Bazı çalışmalarda bağlantı düzeneği toprağın içinde bulunmaktadır. Bu tür bağlantı düzenekleri belirli aralıklarla kontrol edilmeli; ek noktalarında sızdırma olmadığından veya bağlantı düzeneğinin delinmesi ya da kırılması neticesinde toprak içine kaçak olmadığından emin olunmalıdır (Hudson 1993). Şekil 5'te üzerinde bitki örtüsü bulunan yüzeysel akış toplama alanı ile toprak içine yerleştirilmiş olan depolama birimi arasındaki bağlantı düzeneği görülmektedir.



Şekil 5. Bir yüzeysel akış parselinde bağlantı düzeneği (Hudson 1993).

2.3 Depolama Birimi

Depolama birimi, oluşan yüzeysel akışı ve yüzeysel akışla birlikte taşınan sedimenti depolayacağından yeterli kapasiteye sahip olmalıdır (Hudson 1993). Bir yağmurun oluşturabileceği en yüksek yüzeysel akış miktarını depolayabilmelidir. Depolama kapasitesinin belirlenmesinde çalışmanın gerçekleştirildiği alana düşen yağış miktarı (Sheng 1990), (Hudson 1993) ve yüzeysel akış parselinin alanı dikkate alınmalıdır (Hudson 1993). Buna rağmen bazı olağan dışı durumlar da oluşabilmektedir. Yüz yıllık en yüksek yağış miktarı ve oluşabilecek azami yüzeysel akış göz önüne alınarak tesis edilen depolama biriminin bile kapasitesini aşan yüzeysel akışlar gerçekleşebilmektedir (Lal 2001). Depolama için tek bir depolama tankı kullanılabileceği gibi (Castillo et al., 1997), (Lundekvam and Skoien 1998) birden çok depolama tankı da kullanılabilir (Wilcox 1994), (Peugeot et al., 1997), (Albaladejo et al., 2000), (Navar and Synnott 2000), (Vacca et al., 2000), (Duan et al., 2002), (Ollesch and Vacca 2002), (Parsons et al., 2006a). Depolama birimi, yüzeysel akış parselinin eğim yönünde en alt kısmında toprak üstüne (Rochelle et al., 1986) ya da toprağın içine (Balci 1958), (Jackson et al., 1985), (Romero-Diaz et al., 1999), (Vacca et al., 2000), (Parsons et al., 2006a) uygun bir şekilde yerleştirilir. Depolama için kullanılacak tank sağlam ve sızdırmaz bir maddeden yapılmış olmalıdır. Çalışmalarda plastik (Uslu 1971), (Zorn and Petan 2008) ya da metal depolayıcılar (Liu et al., 2001) tercih edilebilmektedir. İçinde toplanan yüzeysel

akış miktarının kolay ve hızlı ölçülebilir olması önemlidir (Bagarello and Ferro 1998). Bunun için mekanik sayaçlar ve seviye ölçüm cihazları (Dillaha et al., 1986), (Castillo et al., 1997), (Lundekvam and Skoien 1998) veya taksimatlı depolama tankları kullanılabilir (Zobisch et al., 1996), (Fang et al., 2008). Bunun yanı sıra ölçekli kova yardımıyla manüel ölçüm de gerçekleştirilebilir (Zobisch et al., 1996), (Albaladejo et al., 2000). Bazı çalışmalarda yağmurdan sonra oluşan yüzeysel akış ve sediment ölçümleri, sınır değerler belirlenerek bu değerlere göre gruplandırılabilir (Huang et al., 2001). Belirli bir çalışma süresi içinde şiddetli yağış sayısı çok fazla olmadığından; bazı araştırmacılar küçük ve büyük kapasiteli iki tank (Şekil 6) kullanılmasını önermektedir (Hudson 1993). Düşük şiddetli yağışların çoğunda sadece küçük depolama tankı yeterli olmakta ve bu durum ölçüm kolaylığı sağlamaktadır. Bazı şiddetli yağışların meydana getireceği yüksek miktarda yüzeysel akış olduğunda, yüzeysel akış öncelikle küçük tankı doldurmaktadır. Yüzeysel akış küçük tankın belirli bir seviyesine ulaştığında veya tamamını doldurduğunda, taşarak ya da bir bağlantı ile büyük tanka aktarılmakta ve kalan miktar depolanabilmektedir (Şekil 6). Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta yaz döneminde buharlaşma nedeniyle veya dağlık sahalarda ulaşım zorluğundan meydana gelebilecek kayıpların önlenmesidir. Bu tür sakıncaları gidermek için mekanik kaydedici seviye ölçerler kullanılabilir (Jackson et al., 1985), (Joel et al., 2002); bazı çalışmalarda ise buharlaşmayla kaybı önlemek için depolama biriminin üzeri uygun bir maddeyle örtülebilmektedir (Wilcox 1994). Ancak su seviyesini ölçmek için kullanılan donanımlı cihazların arazi koşullarında bozulabileceği, hızlı bir şekilde tamiratının ya da yenilenmesinin mümkün olmaması halinde ölçümlerde eksiklik, hata ve veri kaybı oluşacağı; dolayısıyla çalışma öncesinde bu duruma dikkat edilmesi gerekmektedir (Sheng 1990).



Şekil 6. Yüzeysel akışın depolanması ve ölçülmesinde iki ayrı tank kullanılması (Hudson 1993).

Depolama biriminde su ve taşınan katı materyal aynı tankta toplanabildiği gibi, (Jackson et al., 1985), (Castillo et al., 1997) ayrı tanklarda da toplanabilmektedir (Sheng 1990). Su ve taşınan katı materyalin bir tankta toplanması durumunda, sediment örneği almak için tank iyice karıştırılmaktadır (Uslu 1971), (Zobisch et al., 1996), (Albaladejo et al., 2000), (Bagarello and Ferro 2004). Burada amaç tek tankta toplanan kaba ve ince toprak materyalinden alınan örneğin temsil yeteneğinin, taşınan toplam miktar içindeki oranı yansıtabilmesidir. Sediment örneği, depolama tankının dikey bir hattından ve farklı derinlik seviyelerinden alınmaktadır (Mou 1981), (Bagarello and Ferro 2004). Beş eşit parçaya bölünmüş bir litrelik sediment örneğinin, dört eşit kısmının farklı derinliklerden, beşincisinin ise tank boşaltılırken alınması önerilmektedir (Castillo et al., 1997). Bazı çalışmalarda sediment örneği almak için filtre kağıtları da kullanılmaktadır (Krenitsky et al., 1998).

3. YÜZEYSEL AKIŞ PARSELİNİN BOYUTLARI

Erozyon ve yüzeysel akış ölçümlerinde kullanılacak parsellerin boyutları farklılık gösterebilmektedir. Birçok araştırmacı toprak kaybı ve yüzeysel akış ölçümlerinde değişik boyutlarda parseller kullanmıştır. Birleşik Amerika'da ilk olarak kullanılan yüzeysel akış parselleri 1,8 ile 6,7 metre arasında değişen genişlikte ve 21,3 ile 30,5 metre arasında değişen uzunlukta tesis edilmiştir (Smith 1958). Günümüze kadar gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan parsel boyutları üzerinden bir genelleme yapılırsa, parsellerin genişliği genellikle 2 ile 7 metre arasında, uzunluğu ise 10 ile 200 metre arasında değişebilmektedir (Presbitero 2003). Genel değerlendirmeler erozyon ölçümünde kullanılacak parsellerin, amaca göre belirlenen boyutlarda seçilmesi gerektiği şeklindedir (Hudson 1993), (Stroosnijder 2005). Oluk erozyonunun dik eğimli ve bitki örtüsünden yoksun toprak üzerinde belirli bir alanda çok hızlı gelişmesi mümkünken; parmak erozyonu bitki ile kaplı hafif eğimli yamaçlar üzerinde ve oldukça geniş arazi parçasında görülebilmektedir (Poesen et al., 1996). Bu yüzden parsel boyutları belirlenirken erozyon türünün göz önünde bulundurulması önemlidir. Toprak kaybı, yüzeysel akış ve erozyon ölçümü ile ilgili birçok çalışmada USLE erozyon tahmin modelinde kullanılan (22,13x1,87m) parsel boyutları tercih edilmiştir (Basic et al., 2000), (Chmelova and Sarapatka 2002). Ancak bazı çalışmalarda USLE parselinin uzunluğu aynen alınırken, parsel genişliği farklı değerlerde alınmıştır (Zhang et al., 1996), (Nearing et al., 1999), (Romero-Diaz et al., 1999), (Abrisqueta et al., 2007). Yine de özellikle Akdeniz kesiminde erozyon ölçümü, toprak kaybı tahmini çalışmalarında USLE yüzeysel akış parsel boyutlarının kullanılabilir olduğu belirtilmektedir (Bagarello and Ferro 2004).

Araştırmalarda USLE erozyon tahmin modelinde kullanılan farklı boyutlara sahip parseller de kullanılmıştır (Devaurs and Gifford 1984), (Aydın et al. 2001), (Navar and Synnott 2000), (Shi and Yu 2001), (Sutherland and Ziegler 2006), (Carmi and Berliner 2008), (Gomi et al., 2008). Bazı araştırmalarda ise çalışma amacı doğrultusunda farklı boyutlara sahip birden çok parsel birlikte kullanılmıştır (Duan et al., 2002), Calvo-Cases et al., 2003), (Bagarello and Ferro 2004), (Boix-Fayos et al., 2005), (Colson et al., 2005). Genel olarak laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ya da yapay yağmurlama yöntemi uygulanan çalışmalarda (Greene and Sawtell 1992), (Rieke-Zapp and Nearing 2005), (Boix-Fayos et al., 2005), arazi üzerinde doğal yağmur altında gerçekleştirilen çalışmalara oranla (Carter et al., 1968), (Gifford 1973), (Rochelle et al., 1986), (Liu et al., 2001), (Carmi and Berliner 2008) daha küçük boyutlu parseller kullanılmaktadır. Doğal koşullar altında gerçekleştirilen çalışmalarda genelde boyutu (alanı) büyük parseller, oluk erozyonunun belirlenmesi için yapılan çalışmalarda boyu uzun parseller, parsel kenarlıklarının etkisinin en aza indirilmesinin gözetildiği çalışmalarda ise genişliği fazla olan parsellerin tercih edildiği belirtilmektedir (Boix-Fayos et al., 2006). Diğer taraftan uygulamalı arazi çalışmalarında farklı boyutlardaki parsellerden elde edilen verilerin erozyon sürecinde kullanılabilmesi için, bir ölçekten diğerine doğru bir şekilde dönüştürülebilmesinin de önem taşıdığı belirtilmektedir (Poesen et al., 1996).



Şekil 7. Orman içine tesis edilmiş bir mikro yüzeysel akış parseli (Zorn and Petan 2008).

Araştırmalar parsel boyutuna bağlı olarak meydana gelen erozyon tipinin de farklılaştığını göstermektedir. (Bagarello and Ferro 2004). Özellikle geniş boyuta sahip ($>100 \text{ m}^2$) yüzeyel akış parselleri oluk ve tabaka erozyonu için önerilirken (Bagarello and Ferro 2004), (Stroosnijder 2005), daha küçük boyutlu parseller yalnız tabaka erozyonu için önerilmektedir (Bagarello and Ferro 2004). Belirli bir uzunluğa sahip yüzeyel akış parselinde, uzunluğa bağlı olarak parsel alt kısmında belirgin bir depolama alanı görülebilmektedir (Rejman and Brodowski 2005). Oluk erozyonunda parsel uzunluğunun etkisi daha da belirgin görülmektedir (Chisci 1981). Bu etki parsel içindeki oluk miktarı ya da birim alandaki oluk enine kesitinin alanı üzerinde olmamakta ancak oluk genişliğinin ve azami oluk derinliğinin artması şeklinde olmaktadır (Rejman and Brodowski 2005). Bochet et al., (2006) farklı bir yaklaşımla bir metrekaleden küçük alana sahip (mikro) parsellerde (Şekil 7), doğal yağmur altında gerçekleşen erozyon miktarı üzerinde; parsel ebatlarının büyük bir etkisinin olup olmadığını sorgulamaktadır. Bu noktada Wischmeier ve Smith (1978) tarafından kullanılan ve standart USLE yüzeyel akış parseli olarak tanımlanan parsel boyutlarının, bitki örtüsü altında tabaka erozyonu oluşumu için gerekli yüzeyel akış enerjisini üretemediği şeklinde görüşler dahi ileri sürülmüştür (Baboulet et al., 1994). Wainwright et al., (2000) ise bir metrekaleden küçük parsellerde, parsel kenarlıklarının, parselin iç kesimine düşmesi muhtemel yağmur damlasını engelleyebileceğini ve bu engellemenin kenarlık yüksekliğine göre tüm parselin %20'sine kadar ulaşabileceğini belirtmektedir. Genişliği çok dar parsellerde kenarlık etkisinin göz ardı edilemeyeceği de ifade edilen bir başka husustur (Sheng 1990). Yüzeyel akış parsel boyutları ile ilgili genel bir değerlendirme yapıldığında parsel uzunluğu, yüzeyel akışın oluşturduğu enerjiye dolayısıyla taşınan sediment miktarına etki etmektedir (Sheng 1990), (Chaplot and Le Bissonnais 2000), (Boix-Fayos et al., 2006).

4. YÜZEYSEL AKIŞ PARSELİNDE ÇALIŞMA SÜRESİ ve ÖLÇÜM ARALIĞI

Yüzeyel akış parsellerinde gerçekleştirilecek arazi ölçümlerinin ne kadar süreyle devam ettirilmesi gerektiği de önemlidir. Doğal yağış koşullarında, toprak kaybı ölçümlerinin ancak uzun soluklu çalışmalarda güvenilir olacağı ifade edilmektedir (Chisci 1981). Ölçüm süresi taşınan materyal miktarını etkilediğinden, söz konusu durum elde edilen ölçüm sonuçlarına yansımaktadır (Agassi and Bradford 1999). Yüzeyel akış parsellerinde altı yıllık ölçüm periyodundan sonra, arazi üzerinde oluşan gerçek erozyon değerinden daha düşük değerler elde edilmektedir (Ollesch and Vacca 2002). Parsellerin üzerinde taşınacak materyalin azalması bunun en önemli nedeni olarak gösterilmektedir. Öte yandan aynı araştırmacılar parsel denemelerinden elde edilen ölçüm verilerinin güvenilir olabilmesi için, parsellerin en az üç yıl arazi üzerinde kalması gerektiğini de belirtmektedir. Uzun gözlemlene gerektiren çalışmalarda, üst kısmı kapalı yüzeyel akış parselleri yerine, üst kısmı kapatılmamış parsellerin tercih edilmesinin daha uygun olacağı gündeme gelmiştir (Romero-Diaz et al., 1999), (Boix-Fayos et al. 2006). Ancak üst kısmı açık parsellerden toplanan yüzeyel akış ve sedimentin kaynağının; hedef parsel (alan) olup olmadığının belirlenmesi mümkün olamamaktadır (Stroosnijder 2005).

Doğal yağmur altında gerçekleştirilen çalışmalar, yağmurlama simülatörlerinin kullanıldığı çalışmalara oranla uzun zaman dilimine yayılmakta ve doğal olarak uzun vadeli ölçümler gerektirmektedir. Doğal koşullar altında tesis edilen yüzeyel akış parsellerinde, yüzeyel akış ve sediment ölçümleri günlük (Castillo et al., 1997), haftalık (Balci 1958), (Zorn and Petan 2008), aylık (Soons 1970), (Ollesch and Vacca 2002) ya da her yağış sonrası (McIvor et al., 1995), (Le Bissonnais et al., 1998), (Duan et al., 2002), (Martinez et al., 2006), (Abrisqueta et al., 2007) yapılabilmektedir. Birbirini takip eden yağışlar arasında çok kısa aralıklar olması durumunda, belli bir yağış serisi sonrasında da ölçüm gerçekleştirilmektedir (Bagarello and Ferro 2004).

5. YÜZEYSEL AKIŞ PARSEL ÇALIŞMALARINDA KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Temsil yeteneği eksikliği, arazi ve hava koşullarından kaynaklanan sorunlar, standardizasyon eksikliği, ekonomik olumsuzluklar, personel yetersizliği, çalışma süresince duvar, tel örgü, çit vb. kullanılarak parsel güvenliğinin sağlanamaması, kurulum ve yöntem hataları gibi sorunlar; yüzeyel akış parselleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda en sık görülen problemlerdir. Striffler (1965) ve Chaplot and Le Bissonnais (2000) yüzeyel akış parselleriyle gerçekleştirilen çalışmalarda en büyük olumsuzluğun havza koşullarının bütün yönleriyle yansıtılamaması olduğunu belirtmektedir. Buna neden olarak bir havzanın ya da alt havzanın arazi yapısı bakımından heterojenliğinin, bir yüzeyel akış parselinden her zaman yüksek olması gösterilmektedir

(Chaplot and Le Bissonnais 2000). Yüzeysel akış parselleri çoğunlukla tarım toprakları üzerine kurulduğundan elde edilen veriler makro porların yok olduğu ve çeşitli işleme tekniklerinden arta kalan etkilerin özelliklerini yansıtmakta; dolayısıyla homojen bir toprak yapısının özelliklerini tam olarak ortaya koyamamaktadır (Bryan 2000). Diğer taraftan yüzeysel akış parseli kurulan bölgenin, güvenliğinin sağlanacak şekilde (Şekil 8) koruma altına alınması da ihmal edilmemelidir.



Şekil 8. Tel örgü ile çevrilerek korunmaya alınmış yüzeysel akış parselleri (Valmis et al., 2005).

Hava koşullarından, uygulama eksikliklerinden oluşabilecek hatalar ile (Stroosnijder 2005) yapay yağmurlama çalışmalarında, yağmurlama sistemlerinin bir standardizasyonu olmamasından kaynaklanan hatalar da görülebilmektedir (Agassi and Bradford 1999). Hudson (1993) yüzeysel akış parsel tesisinin pahalı olduğunu ve tesisin her aşamasında çok miktarda işgücü gerektiğini belirtmektedir. Yağışlı periyodun uzun veya sık olduğu ya da tropikal bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda veri almanın biktırıcı olduğu, bu bakımdan bu tür çalışmalarda bol personel gerektiği de (Sheng 1990) dikkate alınması gereken bir değerlendirmedir. Parsel tesisi, uygun mekan, iyi eğitilmiş personel ve maliyet gerektirmektedir (Smith 1958), (Zobisch et al., 1996). Uygulayıcı için yüzeysel akış parsellerinde toprak ve bitki türü seçiminin çok zor olmadığı; esas tartışmanın parsel boyutları, yamaç seçimi, tekrar sayısı gibi yöntem problemlerinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Sheng 1990). Bu durumu destekleyici mahiyette parsellerin boyut, yüzeysel akış ve sediment toplama sistemi gibi yönleri kastedilerek bir standardının olmadığı ve sonuçların sıklıkla uygulanan tekniği yansıttığı ifade edilmektedir (Lal 2001). Aynı koşullardaki yüzeysel akış parsellerinden elde edilen verilerin açıklanamayan farklılıklar içerdiği (Wendt et al., 1986), (Gomez et al., 2001), hatta veri toplama yönteminin bölgeden bölgeye büyük farklar gösterdiği (Sheng 1990) belirtilen sakıncalardan bir diğeridir. Toplam erozyon ölçümünün, sediment ölçümünden daha problemli olduğu (Parsons et al., 2006b) da değerlendirilmesi gereken noktalar arasındadır. Benzer çalışmalardan elde edilen ve erozyon tahmin modellerinin arka planını oluşturan verilerin, açıklanamayan farklılıklar içermesine rağmen bu haliyle birçok erozyon tahmin modelinde geçerli veri olarak kullanılmış olduğu belirtilmektedir (Nearing et al., 1999). Metodoloji problemi olarak adlandırılan bu farklılıklar, temelde üç sınıfta değerlendirilmiştir. Bunlar materyal ve yöntemden, sonuçların sunumundan ve toprak veya suyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanlış yansıtılmasından kaynaklanan farklılıklardır (Agassi and Bradford 1999).

6. SONUÇLAR

Yüzeysel akış parsellerine dayalı araştırmalar ve erozyon ölçümlerinde sağlıklı veri elde edebilmek için dikkate alınması gereken birçok etken bulunmaktadır. Bu nedenle araştırmanın özelliğine bağlı olarak çalışma öncesinde oldukça ayrıntılı bir planlama yapılması zorunludur. Tercih edilecek parsel boyutları ile depolama ünitelerinin kapasiteleri; çalışmanın amacı, hedef erozyon tipi, yağış şiddeti ve miktarı ve yüzeysel akış miktarı gibi faktörlere göre belirlenmelidir. Ayrıca çalışmanın doğal yağmur koşullarında ya da yapay yağmurlama altında yapılma durumu da parsel boyutunun belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. Doğal yağmur altında gerçekleştirilen

araştırmalarda yüzeysel akış parselinin araziye tesisinin yanında çalışma süresi, örnekleme sıklığı, ulaşım, arazi yapısı ve personel durumu gibi konular da irdelenmelidir. Olası aksaklıkların nasıl giderileceğine ilişkin alternatif seçenekler de çalışma başlangıcında belirlenmelidir. Parsel çalışmalarında veri kaybı olmaması ve çalışma süresince istenilen doğrulukta ölçüm yapılabilmesi için, araştırmacılar parsel düzeneklerinin periyodik bakımlarını yapmalı ve bu düzeneklerdeki (kenarlık, bağlantılar, depolama tankları vb.) muhtemel arıza ve sorunlar konusunda da deneyim sahibi olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abrisqueta, J.M., Plana, V., Mounzer, O.H., Mendez, J. and Ruiz-Sanchez, M.C. 2007 Effects of soil tillage on runoff generation in a Mediterranean apricot orchard. *Agricultural Water Management* 93, 11-18.
- Agassi, M. and Bradford, J.M. 1999 Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil Tillage Research* 49, 277-287.
- Albaladejo, J., Castillo, V. and Diaz, E. 2000 Soil loss and runoff on semiarid land as amended with urban solid refuse. *Land Degradation Development* 11, 363-373.
- Aydın, M., Celik, I. and Berkman, A. 2001 Use of some natural plant species for erosion control in southern Turkey. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) *Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*, p 452-458.
- Baboule, B.Z., Aziem, B.B. and Roose, E. 1994 Erosion impact on crop productivity on sandy soils of northern Cameroon. 8th ISCO Conference, New Delhi, India, p 80-89.
- Bagarello, V. and Ferro, V. 1998 Calibrating storage tanks for soil erosion measurement from plots. *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 1151-1170.
- Bagarello, V. and Ferro, V. 2004 Plot-scale measurement of soil erosion at the experimental area of Sparacia (southern Italy). *Hydrological Processes* 18, 141-157.
- Balcı, A.N. 1958 Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkânları ve Vejetasyon-Su Düzeni Münasebetleri Üzerinde Araştırmalar, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 105 s, İstanbul.
- Balcı, A.N. 1996 Toprak Koruması. İ.Ü. Yay. No. 3947, İstanbul.
- Basic, F., Kisic, I., Nestroy, O., Butorac, A. and Mesic, M. 2000 Water erosion in different crop development stages and tillage practices on Luvic Stagnosol of Central Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 1(1), 26-40.
- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Thompson, A.L. 2004 Soil berms as an alternative to steel plate borders for runoff plots. *Soil Science Society of America Journal* 68, 1689-1694.
- Bochet, E., Poesen, J. and Rubio, J.L. 2006 Runoff and soil loss under individual plants of a semi-arid Mediterranean shrubland: influence of plant morphology and rainfall intensity. *Earth Surface Processes and Landforms* 31, 536-549.
- Boix-Fayos, C., Martinez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Castillo, V. and Albaladejo, J. 2005 Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia): erosion rates and progress of knowledge from the 1980s. *Land Degradation Development* 16, 517-528.
- Boix-Fayos, C., Martinez-Mena, M., Arnau-Rosalen, E., Calvo-Cases, A., Castillo, V. and Albaladejo, J. 2006 Measuring soil erosion by field plots: understanding the sources of variation. *Earth-Sciences Reviews* 78, 267-285.
- Bryan, R.B. 2000 Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology* 32, 385-415.
- Calvo-Cases, A., Boix-Fayos, C. and Imeson, A.C. 2003 Runoff generation, sediment movement and soil water behaviour on calcareous (limestone) slopes of some Mediterranean environments in southeast Spain. *Geomorphology* 50, 269-291.
- Carmi, G. and Berliner, P. 2008 The effect of soil crust on the generation of runoff on small plots in an arid environment. *Catena* 74, 37-42.
- Carter, C.E., Doty, C.W. and Carroll, B.R. 1968 Runoff and erosion characteristics of the Brown loam soils. *Agricultural Engineering* 49(5) 296.
- Castillo, V.M., Martinez-Mena, M. and Albaladejo, J. 1997 Runoff and soil loss response to removal in a semiarid environment. *Soil Science Society of America Journal* 61, 1116-1121.
- Chaplot, V.A.M. and Le Bissonnais, Y. 2000 Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes. *Earth Surf. Processes Landforms* 25, 145-153.

- Chisci, G. 1981 Upland erosion: evaluation and measurement. Erosion and sediment transport measurement. Proceedings of the Florence Symposium, June 1981. IAHS Publ. No. 133, pp 331-349.
- Chmelova, R. and Sarapatka, B. 2002 Soil erosion by water: contemporary research methods and their use. *Geographica* 37, 23-30.
- Colson, A., Brooks, K., Wyse, D., Johnson, G. and Sheaffer, C. 2005 Runoff and sediment from woody and herbaceous perennial crops and an annual crop. Moving Agroforestry into the Mainstream, The Ninth North American Agroforestry Conference, June 12-15, Rochester, MN, pp 1-10.
- Devaurs, M. and Gifford, G.F. 1984 Variability of infiltration within large runoff plots on rangelands. *Journal of Range Management* 37(6), 523-528.
- Dillaha, T.A., Sherrard, J.H., Lee, D., Shanholtz, V.O., Mostaghimi, S. and Magette, W.L. 1986 Use of Vegetative Filter Strips to Minimize Sediment and Phosphorus Losses from Feedlots: Phase I. Experimental Plot Studies. Virginia Water Resources Research Center Bulletin 151. Blacksburg, VA: Virginia Tech.
- Duan, S., Zhou, Y., Li, W. and Li, Y. 2002 Monitoring system for soil erosion in Shixia Pilot small watershed in Beijing. 12th ISCO Conference, Beijing, p 49-54.
- Dunjo, G., Pardini, G. and Gispert, M. 2004 The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at a microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments* 57, 99-116.
- Fang, H.Y., Cai, Q.G., Chen, H. and Li, Q.Y. 2008 Effect of rainfall regime and slope on runoff in a gullied loess region on the Loess Plateau in China. *Environmental Management* 42, 402-411.
- Gascuel Odoux, C., Cros-Cayot, S. and Durand, P. 1996 Spatial variations of sheet flow and sediment transport on an agricultural field. *Earth Surface Processes and Landforms* 21, 843-851.
- Gifford, G.F. 1973 Runoff and sediment yields from runoff plots on chained pinyon-juniper sites in Utah. *Journal of Range Management* 26(6), 440-443.
- Gomez, J.A., Nearing, M.A., Giraldez, J.V. and Alberts, E.E. 2001 Analysis of sources of variability of runoff volume in a 40 plot experiment using a numerical model. *Journal of Hydrology* 248, 183-197.
- Gomi, T., Sidle, R.C., Ueno, M., Miyata, S. and Kosugi, K. 2008 Characteristics of overland flow generation on steep forested hillslopes of central Japan. *Journal of Hydrology* 361, 275-290.
- Greene, R.S.B. and Sawtell, G.R. 1992 A collection system for measuring runoff and soil erosion with a mobile rainfall Simulator on sealed and stoney red earth soils. *Australian Journal of Soil Research* 30, 457-463.
- Hayes, S.A., McLaughlin, R.A. and Osmond, D.L. 2005 Polyacrylamide use for erosion and turbidity control on construction sites. *Soil and Water Conservation Society* 60(4), 193-199.
- Hayward, J.A. 1967 Plots for evaluating the catchment characteristics affecting soil loss, 2-review of plot studies. *Journal of Hydrology New Zealand* 6, 120-137.
- Huang, C., Gascuel-Odoux, C. and Cros-Cayot, S. 2001 Hillslope topographic and hydrologic effects on overland flow and erosion. *Catena* 46, 177-188.
- Hudson, N.W. 1993 Field measurements of soil erosion and runoff. *FAO Soil Bulletins*, Vol 68, 139 pp, Rome.
- Jackson, W.L., Knoop, K., Szalona, J.J. and Hudson, S. 1985 A runoff and soil-loss monitoring technique using paired plots. Technical note 368. USDI Bureau of Land Management, Denver, Colorado USA.
- Joel, A., Messing, I., Seguel, O. and Casanova, M. 2002 Measurement of surface water runoff from plots of two different sizes. *Hydrological Processes* 16, 1467-1478.
- Krenitsky, E.C., Carroll, M.J., Hill, R.L. and Krouse, J.M. 1998 Runoff and sediment losses from natural and man-made erosion control materials. *Crop Sciences* 38, 1042-1046.
- Lal, R. 2001 Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development* 12, 519-539.
- Le Bissonnais, Y., Benkhadra, H., Chaplot, V., Fox, D., King, D. and Daroussin, J. 1998 Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and upscaling from m² to small catchments. *Soil Tillage Research* 46, 69-80.
- Liu, B.Y., Nearing, M.A., Shi, P.J. and Jia, Z.W. 2001 Slope length effect on soil loss for step slopes. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhart GC. (ed) *Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*, pp 784-788.
- Lundekvam, H. and Skoien, S. 1998 Soil erosion in Norway. An overview of measurements from soil loss plots. *Soil Use and Management* 14, 84-89.
- Martinez, R.A., Duran, Z.V.H. and Francia, J.R. 2006 Soil erosion and runoff response to plant cover strips on semiarid slopes (SE Spain). *Land Degradation Development* 17, 1-11.
- McIvor, J.G., Williams, J. and Gardener, J.C. 1995 Pasture management influences runoff and soil movement in the semi-arid tropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 35, 55-65.

- Mirtskhoulava, Ts. E. 1981 Land erosion, research equipment, forecasting methods and prospects for their improvement. Proceedings of the Florence Symposium, June 1981. IAHS Publ. No. 133, p 521-527.
- Mou, J. 1981 The establishment of experimental plots for studying runoff and soil loss in the rolling loess regions of China. Erosion and sediment transport measurement. Proceedings of the Florence Symposium, June 1981. IAHS Publ. No. 133, p 467-477.
- Navar, J. and Synnott, T.J. 2000 Surface runoff, soil erosion, and land use in northeastern Mexico. Terra Volumen, 18(3), 247-253.
- Nearing, M.A., Govers, G. and Norton, L.D. 1999 Variability in soil erosion data from replicated plots. Soil Science Society of America Journal 63, 1829-1835.
- Ollesch, G. and Vacca, A. 2002 Influence of time on measurement results of erosion plot studies. Soil Tillage Research 67, 23-39.
- Parsons, A.J., Brazier, R.E., Wainwright, J. and Powell, D.M. 2006a Scale relationships in hillslope runoff and erosion, Earth Surface Processes and Landforms 31, 1384-1393.
- Parsons, A.J., Wainwright, J., Brazier, R.E. and Powell, D.M. 2006b Is sediment delivery a fallacy? Earth Surface Processes and Landforms 31, 1325-1328.
- Peugeot, C., Esteves, M., Gale, S., Rajot, J.L. and Vandervaere, J.P. 1997 Runoff generation process: results and analysis of field data at the east central supersite of the HAPEX-Sahel experiment. Journal of Hydrology 188-189, 179-202.
- Poesen, J.W, Boardman, J., Wilcox, B. and Valentin, C. 1996 Water erosion monitoring and experimentation for global change studies. Journal of Soil and Water Conservation 51(5), 386-390.
- Presbitero, A.L. 2003 Soil erosion studies on step slopes of humid-tropic Philippines. PhD Thesis logged with Griffith University, Queensland, Australia.
- Rejman, J. and Brodowski, R. 2005 Rill characteristics and sediment transport as a function of slope length during a storm event on loess soil. Earth Surface Processes and Landforms 30, 231-239.
- Rieke-Zapp, D.H. and Nearing, M.A. 2005 Slope shape effects on erosion: a laboratory study. Soil Science Society of America Journal 69, 1463-1471.
- Rochelle, B.P., Parker, J. and Wigington, Jr. 1986 Surface runoff from Southeastern Oklahoma forested watersheds. Proceedings of Oklahoma Academy of Science 66, 7-13.
- Romero-Diaz, A., Cammeraat, L.H., Vacca, A. and Kosmas, C. 1999 Soil erosion at three experimental sites in the Mediterranean. Earth Surface Processes and Landforms 24, 1243-1256.
- Sharpley, A. and Kleinman, P. 2003 Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and phosphorus transport. Journal of Environmental Quality 32, 2172-2179.
- Sheng, T.C. 1990 Runoff plots and erosion phenomena on tropical steepplands. Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steepplands, Proceedings of the Fiji Symposium, IAHS-AISH Publ. No.192, p 154-161.
- Shi, X. and Yu, D. 2001 Measurement of erodibility for soils in subtropical China by simulated and natural rainfall. In Stott DE, Mohtar RE, Steinhardt GC. (ed) Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held on May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, p 803-806.
- Smith, D.D. 1958 Factors affecting rainfall erosion and their evaluation. International Association of Scientific Hydrology Publication 43, 97-107.
- Soons, J.M. 1970 Rainfall/runoff relationship at Cass, in the South Island high country. Journal of Hydrology (New Zealand) 9(2), 192-201.
- Striffler, W.D. 1965 The selection of experimental watersheds and methods in disturbed forest areas. Symposium of Budapest International Association of Surface Hydrologists, Budapest, Hungary, p 464-473.
- Stroosnijder, L. 2005 Measurement of erosion: Is it possible. Catena 64, 162-173.
- Sutherland, R.A. and Ziegler, A.D. 2006 Hillslope runoff and erosion as affected by rolled erosion control systems: a field study. Hydrological Processes 20, 2839-2855.
- Uslu, S. 1971 Muhtelif arazi kullanma şekillerinin yüzeysel akış ve erozyon üzerine tesiri. İ.Ü. Yay. No. 1643, İstanbul.
- Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R., Serra, G., Tomasi, D. and Aru, A. 2000 Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). Catena 40, 69-92.
- Valmis, S., Dimoyiannis, D. and Danalatos, N.G. 2005 Assessing interrill erosion rate from soil aggregate instability index, rainfall intensity and slope angle on cultivated soils in central Greece. Soil and Tillage Research 80, 139-147.

- Wainwright, J., Parsons, A.J. and Abrahams, A.D. 2000 Plot-scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: case studies from Arizona and New Mexico. *Hydrological Processes* 14, 2921-2943.
- Wendt, R.C., Alberts, E.E. and Hjelmfelt, A.T. Jr. 1986 Variability of runoff and soil loss from fallow experimental plots. *Soil Science Society of America Journal* 50, 730-736.
- Wilcox, B.P. 1994 Runoff and erosion in intercanopy zones of pinyon-juniper woodlands. *Journal of Range Management* 47(4), 285-295.
- Williams, J.D. and Buckhouse, J.C. 1991 Surface runoff plot design for use in watershed research. *Journal of Range Management* 44(4), 411-412.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978 Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA Agricultural Handbook 537, 58pp, U.S. Department of Agriculture. Washington DC.
- Zhang, X.C., Nearing, M.A., Risse, L.M. and McGregor, K.C. 1996 Evaluation of runoff and soil loss productions using natural runoff plot data. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 39(3) 855-863.
- Zobisch, M.A., Klingspor, P. and Odour, A.R. 1996 The accuracy of manual runoff and sediment sampling from erosion plots. *Journal of Soil and Water Conservation* 51, 231-233.
- Zorn, M. and Petan, S. 2008 Interrill soil erosion on flysch soil under different land use in Slovene Istria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 4.