6.

TOPRAK KORUMA STRATEJİLERİ

2.1. İzin Verilebilir Toprak Kaybı

Çoğunlukla izin verilebilir toprak kayıplarının belirlenmesinde tarımsal açıdan konuya yaklaşılarak önerilerde bulunulmaktadır. Halbuki dünyanın birçok yerinde bitki besin maddeleri ve pestisidlerin kirlenme ve sedimantasyon nedeniyle hem yüzey akış suyu hem de sedimentte (toprak tanecikleri) tarım arazilerinden oluşan kayıpla olmaktadır. Özelikle azot, fosfor ve organik maddenin uzaklaştırılması önem kazanmaktadır ancak erozyon konusu içerisinde fosforun uzaklaştırılması hem çözünmüş hem de parçacık halinde olmasından dolayı daha çok önem kazanmaktadır.

Danimarka'da yapılan bir çalışmada (Kronvang 1990; Hasholt 1991), her yıl su ile taşınan fosforun % 45-82'si parçacık halinde olup 0.05-0.45 kg/ha a tekabül etmektedir. Erpul ve Çanga (2002) yaptıkları yağmurlama çalışması ile fosforun büyük oranda sedimentle taşındığını göstermişlerdir. Fazla gübre uygulamasının Azot (N), Fosfor (P) ve Potasyumun (K) hem sedimentle hem de yüzey akış ve sızan su ile kayıp miktarını arttığını göstermiştir.

Çizelge 2.1. Değişik köklenme derinliğine sahip olan topraklar için izin verilebilir toprak kaybı değerleri

Köklenme derinliği (cm)	İzin verilebilir toprak kaybı (t ha yıl^{-1})	
	Yenilenebilir toprak[1]	Yenilenemez toprak[2]
0-25	2,2	2,2
25-50	4,5	2,2
50-100	6,7	4,5
100-150	9,0	6,7
>150	11,2	11,2

1-Sürüm, gübreleme, organik madde ilavesi ve diğer amanejman uygulamaları ile yenilenebilen, uygun alt toprak koşullarına sahip topraklardır.

2-Sert veya yumuşak kaya gibi ekonomik olarak yenilenemeyen alt toprak

Toprak kaybı toleransının en iyi tahmini doğal koşullardaki erozyon oranının alınmasıdır ki bu da 1-2 t/ha/yıl dır.

2.2. Toprak Korumanın Prensipleri

Toprak koruma stratejileri erozyonun mekaniği ve yöntemleri kısmındaki tartışmalar ve toprağın parçalanması ve taşınmasında yağmur damlasının sıçratması, yüzey akış ve rüzgar esas alındığında aşağıdaki konuları kapsamalıdır;

1. Toprak yağmur damlalarından korunmalıdır
2. Yüzey akışı azaltmak için infiltrasyon kapasitesi artırılmalıdır.
3. Toprağın agregat stabilitesi geliştirilmelidir
4. Yüzey akış suyu veya rüzgarın hızını azaltmak üzere yüzey pürüzlüğü artırılmalıdır.

Çeşitli koruma teknikleri şu ana başlıklar altında incelenebilir:

1. Agronomik (tarımsal) önlemler
2. Toprak yönetimi
3. Fiziksel yöntemler

Agronomik yöntemler, toprağı erozyona karşı bitki ile korumayı, toprak yönetimi, toprakta daha iyi bitki yetiştirme ve toprak yapısını geliştirerek erozyona dayanıklı hale getirmeyi, fiziksel veya mekanik yöntemler ise, çoğunlukla topoğrafyanın değiştirilmesine yöneliktir.

Agronomik yöntemler iyi toprak yönetimi ile uygulandığında erozyonun parçalanma ve taşınma fazında etkili olmakta halbuki Fiziksel yöntemlerin daha çok taşımadaki etkinlikleri fazla olup parçalanmadaki rolleri daha azdır.

Genel olarak önceliğin her zaman için tarımsal önlemlere verilmesi gereklidir. Çünkü hem daha ucuzdur hem de doğrudan yağmur damlalarının darbe etkisi ortadan kaldırarak infiltrasyonu artırmakta ve yüzey akış hacmini azaltmakta dolayısıyla su ve rüzgarın hızını azaltmaktadır. Ayrıca her türlü tarım sistemine kolaylıkla uydurulabilmektedir.

Fiziksel yöntemler kendi başlarına erozyonu önlemede geniş anlamda etkisizdirler çünkü toprak parçalanmasını önleyemezler. Fiziksel yöntemlerin ana rolü, aşırı su ve rüzgarın akışını kontrol etmek suretiyle agronomik önlemlere yardımcı-tamamlayıcı olmaktır. Fiziksel yöntemlerin inşası yüksek maliyetli olup çoğu zaman tarımsal faaliyetler için zorluklar yaratırlar. Örneğin toprak yeterli derinlikte değilse, teraslar verimsiz alt toprağın yüzeye çıkmasına

neden olur, düzensiz eğimlerde genişlikleri farklı olduğu için alet ve makinalı tarımı zorlaştırır. Aynı zamanda şiddetli fırtınalarda her zaman bir yıkılma tehlikesi vardır. Yakılma durumunda suyun göllenmesi nedeniyle teraslanmamış araziye nazaran daha fazla zararlanma olur. Bu yüzden teraslama çiftçiler için çoğunlukla tercih edilmez.

Çizelge 2.1. Çeşitli toprak koruma uygulamalarının erozyonun parçalanma ve taşınma fazlarındaki etkileri

Uygulama	Yağmur damlası		Yüzey akışı		Rüzgar	
	P	T	P	T	P	T
Agronomik önlemler						
Toprak yüzeyinin kaplanması	*	*	*	*	*	*
Yüzey pürüzlü. artırılması	-	-	*	*	*	*
Yüzey depolamasının artırılması	+	+	*	*	-	-
İnfiltrasyonun artırılması	-	-	+	*	-	-
Toprak yönetimi						
Gübreleme, ahır gübresi	+	+	+	*	+	*
Dip kazan, drenaj	-	-	+	*	-	-
Fiziksel yöntemler						
Kontur t., karıklar	-	+	+	*	+	*
Teraslar	-	+	+	*	-	-
Rüzgar kıranlar	-	-	-	-	*	*
Su yolları	-	-	-	*	-	-

P: Parçalama, T: Taşıma.

2.3 Belirleme sırası

Toprak koruma tasarımı olayların sıralamasını takip eden bir mantık yaklaşımıdır **(Çizelge 2.1).** Bunu erozyon tehlikesinin belirlenmesinden başlayan ve mevcut ekonomik ve sosyal koşullar ile arazi sahipliliği ve üretim teknolojisini ve sürdürülebilir çevreyi sağlayacak olan, araziye en iyi uyacak arazi kullanım planlarının yapılması takip eder.



Þekil 2.1.pdf

2.3.1 Arazi yetenek sınıflaması

Arazi yetenek sınıflaması, arazi kullanım planlaması metodolojisi olarak uyarlandığında; erozyonun yanlış yönetimin uygulamalarından kaynaklandığı yerler ile erozyonun yanlış kullanımlardan meydana geldiği yerler ayrımlı olarak gösterilebilir. Birinci durumda erozyon uygun koruma uygulamaları ile izin verilebilir düzeye indirilebilir ancak ikinci durumda erozyon kontrolü eğer imkansız değilse, zor ve pahalıdır. Çünkü yanlış kullanım türü seçildiğinde örneğin orman olması gereken yerde işlemeli tarım yapılıyorsa buradaki erozyon kontrolü çok güç olacaktır.

2.3.2 Koruma ihtiyacının belirlenmesi

Bir toprak koruma projesinin başarısı şunlara bağlıdır;

1. Erozyon probleminin doğru tespiti,
2. Sorunla ilgili olarak seçilmiş koruma önleminin uygunluğu,
3. Projenin uygulamasını yapacak olanların ve çiftçilerin isteği,
4. Toprak koruma yapılarını tasarımlayan mühendisin yeteneği (en az ilk üç madde kadar önemlidir).

Ana erozyon alanlarının doğru tespiti sedimentin esas kaynağının belirlenmesinde esastır. Çok sık olarak sedimentin ana kaynağı sanılan yerlerde pahalı koruma önlemleri alınmıştır fakat gerçekte çoğunlukla ana kaynak olmadığı sonradan anlaşılmıştır.

Koruma sistemi erozyon probleminin tabiatıyla yakından ilişkili olmak zorundadır.

Mevcut tarım sisteminin analizi

Özellikle erozyon tehlikesinin en yüksek olduğu kritik dönemde, mevcut ürün yetiştirme ve otlatma rejimi altında arazinin ve kadar korunduğunu görmek üzere uygulanmakta olan tarım sisteminin analiz edilmesi gereklidir. Bu en iyi tarım takvimi ile aşındırma gücünün aylık dağılımı arasındaki ilişkiden anlaşılabilir. Örneğin Fransa'nın kuzey doğusunda kışlık buğday ekilen alanlarda erozyon tehlikesi yüksektir çünkü toprak bitki ile kaplansa ve yağışta nispeten düşük olsa bile sonbahardaki kabuklanmanın bir sonucu olarak Aralık-Mart aylarında infiltrasyon düşük olmaktadır.

Erozyonun kavranması

Bir tarım sistemi içerisinde koruma önlemlerinin uygunluğu çiftçilerin ve diğer ilgililerin erozyon sorunu ve sonuçlarını nasıl kavradıkları ile ilgilidir. Çoğu çiftçi problemin farkında olup ihmalin sonucunun tehlikeli olduğu bilincindedir. Küçük ve büyük çiftçiler arasında bu konuda kavrama bakımından farklılık vardır. Küçük çiftçi için olay faydadan daha çok yaşamsaldır. Eğer bir çiftçi arazisini aşırı ürün yetiştirme veya aşırı otlatma ile tahrip ederse, yaşamak için başka bir alternatif iş imkanı olmadığı içindir. Marjinal alanlarda (sınır, uç) çalışan çiftçiler oluşturdukları zararın farkındadırlar ancak başka işleyecek arazileri olmadığı için orayı sürmektedirler.

Çoğu çiftçi erozyonun potansiyel verimlilik ve maliyet artırıcı etkileri ile ilgilenmektedir. Erozyonun maliyet artırıcı etkisine örnek olarak; ürünün yeniden ekim-dikilmesi, ilave gübreleme, su depolama gibi hususlardır. Çiftçilerin kararları uzun vadede toprağın zarar görmesinin önlenmesi ve kısa vadede ise girdilerin artırılmasına yöneliktir.

Toprak koruma ile ilgili faydalar eğer arazi kullanılıcıları tarafından kavranmamışsa, koruma önlemlerinin uygulanması hemen hemen imkansızdır.

Sadece arazi kullanıcıların erozyon konusunu kavramaları yeterli olmayıp aynı zamanda erozyonun kirlenme ve sedimantasyon gibi arazi dışı (off-site) etkisine maruz kalan kitlenin de erozyonu fark etmeleri gereklidir. Onların çiftçilere karşı tutumları, kirleten öder prensibinin uygulanmasını sağlarsa etkili olabilir. Aynı zamanda toplumun ilgisi erozyon sorununun çözümünde topluca hareket etmeyi teşvik edebilir.

Arazi Sahipliği

Çiftçiler kendi arazilerine sahip olduklarında, yaptıkları işin uzun vadeli etkilerini göz önüne almakta ve eğer kısa vadede yaşamsal olaylar dikte etmezse toprak koruma önlemlerini uygulamamaktadırlar. Arazi kiracılık ve yarıcılık sistemi kısa vadeli kullanım haklarını içermekte olup genellikle daha zayıf arazi yönetim uygulamalarını kapsar çünkü herhangi bir şekilde toprak koruma uygulanmış bir yerde ödül vs. yoktur.

Her boyuttaki çiftliğin toprak koruma uygulamalarından aynı oranda etkilenmesi de söz konusu değildir. Kenya'da yapılan çalışmalarda 1 ha dan daha az araziye sahip çiftliklerde iyi ürün almak için gübre kullanımı % 51 iken, 10 ha dan daha fazla arazisi olan çiftliklerdeki kullanım oranı % 68 bulunmuştur. Aynı şekilde teraslama ile ilgili olarak bu oranlar sırasıyla % 24 ve % 21 dir. Malçlama için bu oranlar % 5 ve % 17 olup burada küçük işletmelerde malçın teminindeki zorluktan dolayı oran daha az bulunmuştur.

Çiftlik büyüklüğünden ziyade çiftliğin arazi durumu belki daha da önem kazanmakta olup çiftlik çok parçalı ve parçalar çok küçük ve dağınıksa örneğin

teraslama yapılamaz veya yapılması pratik olmaz. Malçlama yapılmasıda özellikle taşıma işi işin içine girdiği için çok zorlaşmaktadır.

Arazi toplulaştırma işlemleri de erozyon durumunu çoğunlukla iyileştirememektedir. Örneğin Kuzey Fransa'da çiftliklerin geniş arazilere kavuşmaları, arazi, sınırlarının ortadan kalkmasına ve yüzey akış eğim uzunluğunun artışına neden olmuştur.

İş gücü

Bütün toprak koruma işlemleri ilave iş gücüne ihtiyaç gösterir. Örneğin terasların inşası ve ekim nöbetinde veya ara ürün yetiştirmede toprağı koruyucu ilave bitkilerin yetiştirilmesinde ek iş gücüne ihtiyaç doğacaktır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Toprak koruma çalışmaları için işgücü ihtiyacı. (Morgan, 1996)

Koruma uygulaması	**İşgücü (adam-gün/ha)**
Kontur teras yapımı	100-300
Seki teras yapımı	200-500
Taş seki yapımı	1000-1800
Terasların yıllık bakımı	40-60
Kontur taş sekiler	50-60
Kontur ot engeller	40-45
Mısır ile birlikte ara ürün	150-200
Çukurların (pits) yapımı	100-120

Herhangi bir koruma uygulamasının yapılabilmesi için öncelikle çiftçilerin ilave iş gücünü karşılayabilmeleri gereklidir. Kuzey Tayvan' da yapılan bir etüd çalışması ile çiftçilerin % 76 sının toprak koruma uygulamalarının ürün miktarını artıracağına inandığını ve % 85 inin ise bu önlemlerin uygulanması için ilave iş gücüne sahip olmadıkları anlaşılmıştır. Nüfus yoğunluğunun veya işsizlik oranının yüksek olduğu yerler için bu tip koruma uygulamaları yararlı olmakta hatta bu şekilde çiftçilerin çiftlik işleri dışında bir takım iş aramalarına da gerek kalmamaktadır (pazarlama, el sanatları, ev bakımı gibi). Aynı zamanda küçük ve fakir çiftçiler beslenme bozuklukları nedeniyle daha az süre arazilerinde çalışabilmektedirler. Çoğunlukla ailedeki gençlerin büyük şehirlere çalışmaya gitmesi çiftlik işlerinin yaşlı kişiler tarafından yapılmasını gerekli kılmaktadır. Genç bayanlar ise ev işleri ve çocuk bakımı nedeniyle tarlada daha az çalışmaktadır.

Aile içi iş organizasyonu yaş ve cinsiyete göre yapılmaktadır. Erkekler arazi temizliği ve sürüm işlemlerini ve bayanlar ise yabancı ot mücadelesi, yakacak odun toplama işlemlerini yapmakta; erkekler para edecek ürünle ilgilenirken bayanlar daha ziyade yiyecek teminiyle meşgul olmaktadır. Bunlar özellikle yayım servisi için önemli olup hangi gruba neyin anlatılacağı, her grubun meşgul olduğu iş alanının seçilmesi bakımından önemlidir.

Eğer çiftçilerin yeterli maddi imkanları varsa ilave işçi tutabilirler. Ancak genellikle ekim hazırlığı ve hasat zamanlarında işçi bulmakta zorluklar olmaktadır.

İş gücü sağlanmasının geliştirilmesindeki bir diğer yolda, çiftçiler ve ailelerinin hep birlikte teras yapımı veya yabancı ot kontrolünü vs. işlemlerini yapmaları olabilir.

Toprak korumaya geçiş

Çiftçilerin toprak korumaya yönelik bir takım işlemleri yapabilmeleri sadece iş gücü ile sınırlı olmayan uygun kaynaklara ulaşabilmeleri ile mümkündür. Bunlar; yeni sistemlerden haberdar olmaktan, bunları yerine getirebilme yeteneğine ve işlemleri uygulayabilmek için gerekli sermaye girdisine sahip olmaktır.

Çiftçilerin ilave tohum, gübre veya korumaya yönelik alet ve makina alacak paralarının olup olmaması bu konuda çok önemlidir. Çünkü çoğu fakir ve küçük çiftçiler kredi alamazlar. Bankalar çoğunlukla ipotek nedeniyle büyük ve zengin çiftçilere kredi vermektedirler.

Çoğu çiftçiler, fayda sağlayacaklarına inanıyorlarsa kendi imkanları teknik yetenekleri ve iş güçleri ile toprak koruma önlemlerini geliştirmektedirler. 1948 ve 1978 yılları arasında Kenya'da çiftçiler sürüm tekniklerinin geliştirilmesi kadar teraslama, ağaç plantasyonları ve çalı sınırların oluşturulmasına büyük yatırımlar yapmışlar ve kahve, pamuk, turunçgil, papaya yetiştirmişlerdir. Nüfusun % 3 gibi yüksek oranda artışına karşılık birim alandan alınan ürün miktarı 10 kat artmış ve toprak kayıpları 1/3 oranında azalmıştır. Böyle durumlarda toprak korumacının görevi çiftçi ile birlikte çalışarak önlemlerin performansını artırmak ve sağlanacak faydayı optimize etmektir.

Dış faktörler

Toprak erozyonu nadiren bir çiftliğin mevcut fiziksel ve sosyo- ekonomik koşulları ile ilişkili olup çoğunlukla değişen durumlara adapte olamamaktan kaynaklanmaktadır. Örneğin, kuraklık, nüfus artışı veya azalışı, çiftliğin bölünmesi veya genişlemesi, gıda sağlayan ürünlerden ziyade para getiren ürünlerin yetiştirilmesini zorunlu kılan ekonomik baskılar ve yeni teknolojiler gibi.

Göçerler daha kaliteli arazilere doğru taşınırlar ve aşırı otlatma yaparlar. Küçük ölçekli çiftçiler genellikle para getiren ve toprağı tahrip eden ürünlere yönelirler ancak bu ürünlerin az gelir getirdiği yıllarda toprak verimliliği ve koruma yapılarının bakımını yapacak girdileri bulamazlar. Bu çiftçiler gıda ihtiyaçlarının karşılanması için arazilerinin kontrolünü kaybederler hatta arazi sahipliği bile tehlikeye girebilir. Sonuç olarak çoğu çiftçi tarım sistemini toprak koruma ihtiyaçlarına göre düzenleyemez.

Avrupa'nın büyük bir kısmındaki erozyon, tarım sistemindeki değişimi yansıtmaktadır. Örneğin İngiltere, Fransa ve Belçika' da eskiden hububat, çapa bitkileri ile çayır ve Akdeniz ülkelerinde ağaç ürünleri, buğday ve çayır ekim nöbeti uygulanırken ekonomik baskı ile devamlı hububat ve çapa bitkileri yetiştirilmeye başlanmış olup bunlar esas itibarıyla toprağı tahrip eden ürünlerdir. Çayırın ekim nöbetinden çıkması ise toprakların organik madde düzeylerinin değişmesine dolayısıyla agregat dayanıklılıklarının azalarak erozyona daha kolay uğrayabilir duruma gelmelerine neden olmuştur.

Mekanizasyondaki artış bazı topraklarda sert ve geçirimsiz pulluk tabanının oluşmasına ve bu da toprakların infiltrasyon kapasitelerinin düşmesine ve yüzey akış miktarının artmasına neden olmuştur. Artan oranda kullanılan kültüvatör ve tırmıklar toprakların daha fazla ufalanmasına ve erozyona daha az dirençli olmasına yol açmıştır. Arazi yüzeyinde traktörün fazla sayıda geçiş yapması da yüzey toprağının tekerleğin geçtiği yerlerde sıkışmasına neden olmaktadır.

Eğer toprak erozyonu tarım sisteminin değişimine karşı kaçınılması gereken bir tepki ise bu takdirde toprak koruma gelecek değişimlere karşı ayarlanabilen dinamik bir süreç olmalıdır. Bu durumda acil sorunları çözecek bir ana strateji geliştirmek esas itibarıyla yetersiz kalacaktır.

Teknoloji transferi

Her ne kadar toprak koruma prensipleri başka yerlere transfer edilebilirse de herhangi bir yer için geliştirilen koruma stratejisi başka bir yerde çalışmayabilir. Örneğin ABD'nin orta-batısında 100-200 hektarlık, yüksek düzeyde mekanizasyonun kullanıldığı bir çiftlikte uygulananlar, tropik bölgedeki 0,5 hektarlık küçük bir çiftlik için uygulanamaz. Transfer edilemeyen toprak koruma önlemlerine en iyi örnek olarak kanal terasların küçük ölçekli tarım sistemine sahip Afrika'daki başarısızlığıdır. Bugün Afrika'nın her tarafında bağımsızlık öncesi ve sonrasında hükümetler tarafından yapılmış kanal ve seki teraslar çalışmazken, çoğunlukla yüksek iş gücüne ihtiyaç gösteren özgün sistemler başarıyla çalışmaktadır.

2.3.3. Etki değerlendirmesi

Tavsiye edilen arazi kullanımı ve bununla birlikte olan koruma stratejilerinin etkisinin nicel (kantitatif) olarak belirlenmesi bir sonraki aşamadır. Bir takım tahmin yöntemleri kullanılarak çevresel etki değerlendirmeleri yapılmaktadır. Son 20 yılda aynı zamanda erozyonun verimlilik üzerine etkisini tahmin eden modeller geliştirilmiştir. Bunların çoğu örneğin verimlilik indeksi (PI), erozyon verimlilik etki hesaplayıcısı (EPIC) gibi modeller sadece ABD ve Batı Avrupa gibi toprak verimliliğinin sınırlayıcı faktör olmadığı yerler için geçerlidir. Çünkü buralarda gübrelerle bitki besin maddeleri toprağa yeteri kadar verilmektedir. Mevcut modeller sadece erozyonun muhtemel etkileri için bir rehber olarak hizmet edebilirler çünkü uygun veri olmadığı için bunların geçerlilikleri denenmemiştir.

Herhangi bir yerde erozyonun sonucu olarak, toprağın fiziksel özellikleri ve bitki besin maddesi kapsamındaki değişiklikler üzerine etkisini görmek için doğal koşullarda en az 10 yıl gereklidir. Bu süreyi kısaltmak için üst toprağın farklı derinliklerde uzaklaştırılması erozyonun bitki besin maddeleri üzerine olan etkisinin 5- 10 kat daha az tahmin edilmesine yol açmıştır (Stocking 1985).

2.3.4. Ekonomik değerlendirme

İdeal olarak etki değerlendirmesini ekonomik değerlendirme takip etmelidir ancak pratikte özellikle çiftlik seviyesinde sadece birkaç örneği vardır. Birinci problem ekonomik analizlerin bir çok açıdan yaklaşımı vardır. Örneğin çevreye olan ters etkinin azaltılması ile ilişkili faydanın nicel olarak belirlenmesi zordur. Her ne kadar bir çiftlik bütçesi için sınırlı öneme sahipse de bir proje ölçeğinde toplumun yararı için toprak korumanın teşvik edilmesinde çiftçilere yapılacak mali yatırımın büyüklüğüne karar vermek hayati öneme sahip olabilir. Bir toplumda analizler erozyonun kontrol maliyetini değil ancak mansapta veya rüzgar altı mesafesindeki sedimantasyon ve ürün verimi ile iş imkanı açısından faydaları kapsamalıdır. Burada özellikle çiftçi ailesinin çalışması karşılığı ödenmeyen iş gücünün değerlendirilmesi ve doğru olmayan bilgiler zorluklar yaratmaktadır. Ayrıca toprak korumalı bir proje ile korumasız olanının karsılaştırılmasında erozyonun devam etmesinin ürün verimine etkisinin nicel tahmini imkansızdır.

Eğer bireysel çiftçiler temelinde bir analiz yapılırsa fayda ve maliyet çok daha kolay ve nicel olarak bulunabilmekte ve yıllık para akışı hesaplanabilmektedir. El Salvador'da yapılan bir çalışmada fayda- maliyet

oranlarının kontur sürüm, kontur çayır şeritleri ve kontur hendeklerin, mısır, darı ve fasulye yetiştirilen dik eğimli arazilerde eğim dikliği ve toprak derinliğine bağlı olarak 1,0 – 2,8 arasında değiştiğini göstermiştir. En büyük kazanım hafif eğimli ve derin topraklara sahip arazilerden sağlanmış olup 25-51º eğimli üst toprağı olmayan ve yıllık bazda kiralanmış arazilerden elde edilen fayda ya çok az ya da nötral (fayda = maliyet) olmuştur. Bu sınıfa giren çiftçilerin ekonomik olarak toprak korumaya geçmesi mümkün değildir.

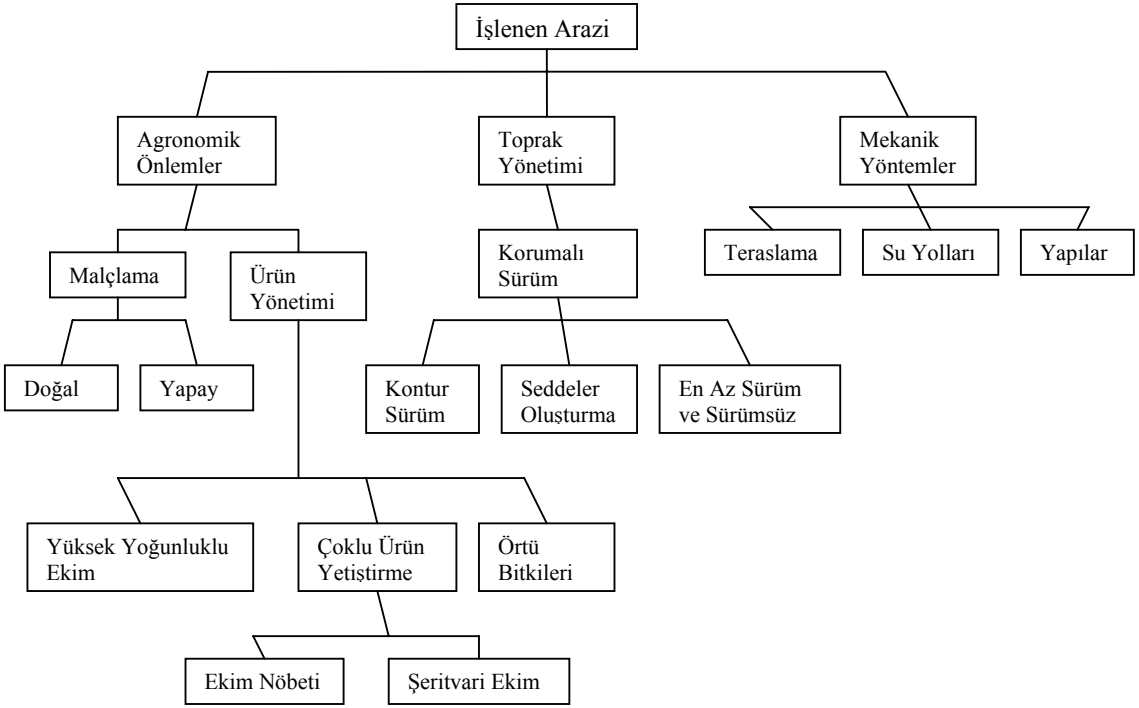
Kenya'da 1,5 ha lık bir çiftlikte yapılan çalışmada; hiçbir toprak koruma önlemi alınmayan durumda 5 KSh adam-gün, teraslama ve ağaç- çayır plantasyonu ile 11 KSh ve bütün terasların kenarlarının yem bitkileri ve meyve ağaçları ile kaplanmasının 21 KSh adam-gün fayda sağladığı tespit edilmiştir (Tjernström 1992). Buna bağlı olarak iki yıllık dönemdeki iş gücü ihtiyacı 741-863 ve 934 kişi-gün olmuştur. Bu da göstermektedir ki toprak koruma için çiftçilerin artan iş gücü ihtiyacını karşılayabilecek durumda olmaları gereklidir.

ABD de yapılan çalışmalarda ise (Ervin ve Washburn 1981; Mueller et. al 1985), koruma için yapılan yatırımların ne uzun ne de kısa vadede ekonomik olmadığı görülmüştür. Tabii ki burada erozyonun verimliliği düşürücü etkisinin diğer faktörler tarafından maskelenmesi (örneğin yüksek verimli çeşitlerin kullanımı, geliştirilmiş su ve toprak yönetimi gibi) yanında herhangi bir koruma tekniğinin uyarlanmasında çoğunlukla maliyet elde edilen gelirden daha az olmaktadır. Son yıllarda büyük ekonomik baskılar nedeniyle mevcut toprak koruma uygulamaları maliyetleri düşürmek ve masraftan kaçınmak için yok edilmektedir (Napier, 1988). Açıkça bu koşullar altında çiftçiler, herhangi bir zorlama olmazsa veya koruma önlemleri karşılığında bir para ödeme söz konusu değilse toprak koruma çalışmasına girmeyeceklerdir.

2.4. Toprak Koruma Yaklaşımları

2.4.1. İşlenen (sürülen) araziler

Erozyon tehlikesi işlenen arazilerde ağaç, çalı ve çayırlar ortadan kaldırıldığında oluşur. Erozyon arazi eğimlerinin fazla olduğu, eğim aşağı sürüm yapılan, nadas veya ekim nöbeti kullanılmaksızın tek ürün yetiştirilen yerlerde, ticaret ve çiftlik gübrelerinin uygun kullanılmadığı, ağır tarım aletleri nedeniyle toprak sıkışmasının fazla olduğu ayrıca tohum hazırlığı nedeniyle toprağın çok ufalandığı yerlerde şiddetlenir. Erozyon kontrolü yeterli örtü bitkisinin sağlandığı ve uygun sürüm yöntemlerinin kullanıldığı iyi yönetim planlamasına bağlıdır. Bu bakımdan toprak koruma esas olarak agronomik önlemlere bağlı olup mekanik koruma sadece destek rolü oynar (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. İşlenen Araziler İçin Toprak Koruma Stratejileri (El Swaify et. al 1982)

Koruma stratejileri arazi üzerinde iyi bir örtünün kurulması ve idame ettirilmesini amaçlar. Bunun uygulanabilirliği yerel iklim ve toprak koşullarında hızlı büyüyebilecek ve % 40-50 kanopi örtüsü sağlayabilecek bitkinin belirlenmesi ile mümkündür. Erozyonu etkileyen faktörler bölümünde de (Bölüm 3) tartışıldığı gibi toprağı en az koruyan bitkiler sıra bitkileri olup bunu yüksek ağaçlar ve yavaş büyüyen geniş yapraklılar izler. Hububat, şaraplık üzüm, mısır, şeker pancarı, brokoli ve Brüksel lahanası gibi bitkilerin devamlı üretilmeleri orta düzeyden- tehlikeliye kadar erozyon problemi doğurabilir. Özellikle erozyon tehlikesinin fazla olduğu yerlerde ekimden hemen sonraki yağışlı dönemde toprakların aşınabilirliği çok yüksek olduğundan bitkilerin hızlı bir şekilde çimlenip gelişmesi çok önemlidir. Bu bakımdan zamanında ekim yapmak çok önemli olup erozyona en duyarlı dönemde toprak yüzeyinde koruyucu kanopi örtüsünün oluşması gereklidir.

Hindistan'da yapılan bir çalışmada yağışlı sezonda erkenden ekilen ve iyi verimli darının 20 Haziran civarında % 40 kanopi örtüsü oluşturduğunu, halbuki geç ekilen ve az verimli darının 30 Eylüle kadar % 40 örtüyü oluşturamadığı saptanmıştır (Shaxson 1981) . Aina ve ark. (1977) % 50 kanopi örtüsü sağlanması için soya fasulyesinde 38 gün, bezelyede 46 gün ve kasavada ise 63 gün geçmesi gerektiğini ve bu ürünler altındaki toprak kayıplarının kanopi oluşumu için gerekli süre ile orantılı olduğunu göstermişlerdir. Çabuk büyüyen ürünler toprağı koruyan ürünler olarak görülmelidirler. Maalesef erozyon oluşturan bitkiler hem sanayi hemde gıda ihtiyacı olarak değerli bitkilerdir. Bu bakımdan bir toprak koruma stratejisi geliştirilirken bu ürünlerin kısa vadede verimli bir şekilde yetiştirilmesi ve çiftçilerin acil ihtiyaçlarının karşılanması, uzun vadede ise sürdürülebilirliğin sağlanarak toprağın gelecek nesiller için yerinde kalmasını sağlayacak önlemlere dikkat edilmesi gereklidir.

Yukarıda açıklandığı gibi herhangi bir stateji hem teknik olarak iyi hem de sosyal ve ekonomik olarak çiftçiler tarafından kabul edilebilir olmalıdır. 1970 li yılların sonlarında Mali'de çiftçilerin ana şikayeti erozyondu. Fonsebougou köyü için bir çözüm önerildi ve denendi. Erozyonu önlemeye yönelik olarak eğimli kanal teraslar, çevirme hendekleri ve otlandırılmış su yolları kontur sürüm ile takviye edilmiş ve malç ile çiftlik gübresi kullanılmıştır. Mühendislik çalışmaları çiftlik arazisinin % 10-14 ünü kaplıyordu ve teraslarla, otlandırılmış su yollarındaki bitki örtüsü çok zayıf olarak sürdürüldü. Sadece çok sınırlı sayıda çiftçi bu çalışmada bulundu.

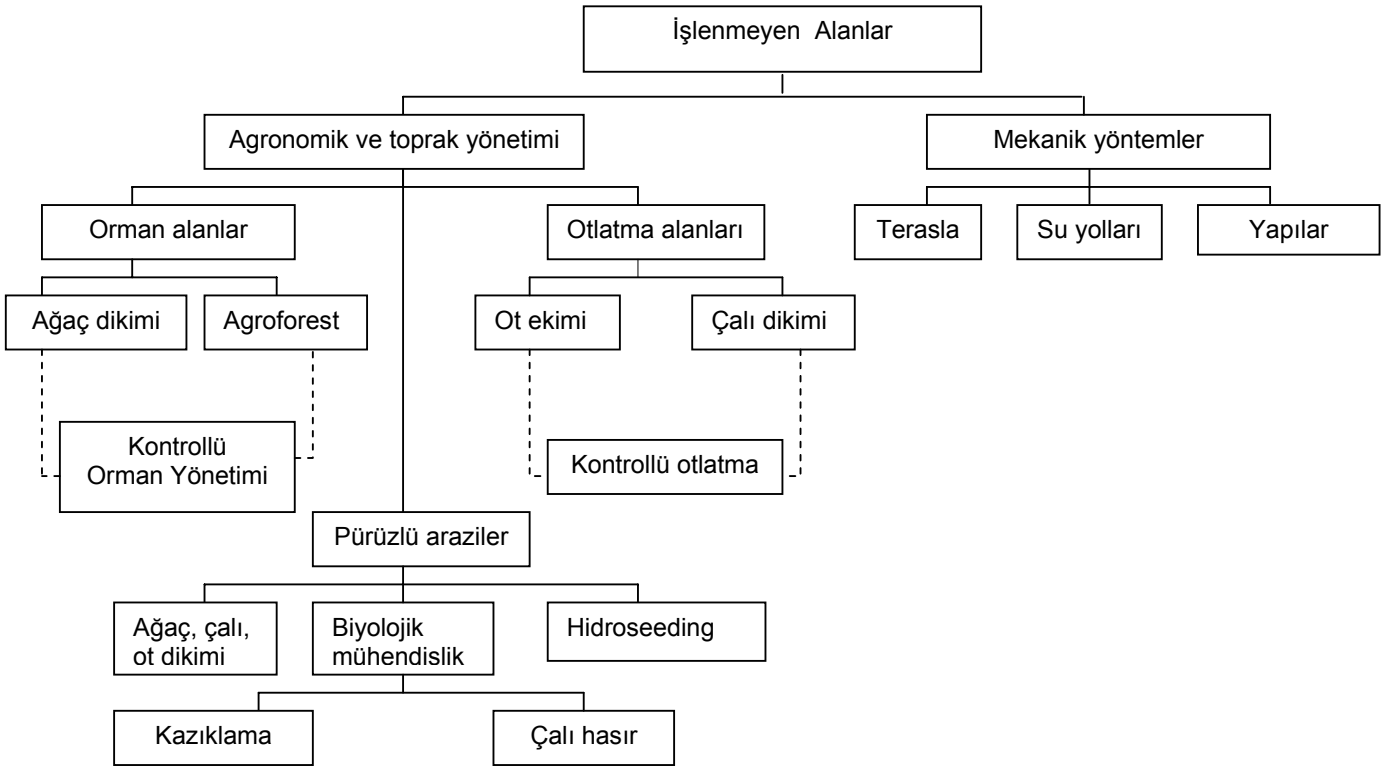
Çiftçiler bir kez sistemin kurulmasını ve sorunun giderildiğini gördüler ve daha fazla çalışmaya gerek olmadığını düşündüler. Çiftçiler çevirme hendeklerini arazilerini doğrudan yüzey akıştan koruduğu için sistemin en önemli unsuru olarak gördüler ve diğer unsurların oynadığı rolü tam manasıyla

kabul etmediler. Bu deneyime dayanarak bir diğer alternatif yaklaşım Koniko köyünde mevcut tarım sistemi temel alınarak, çiftçi ve araştırıcılarla yayımcıların fikirleri ile birleştirilmek suretiyle denendi. Esas olarak teraslara nazaran kontur çayır şeritleri ve ağaç ve çalıların (çit) kullanımına önem verildi. Şu görüldü ki herhangi bir yerde toprak koruma stratejisi o yöreye yabancı ve tamamen yeni teknikler yerine geleneksel sistemlerin geliştirilmesine ve çiftçiliğin zenginleştirilmesine dayanmalıdır. Bu çok yavaş da başlayabilir. Örneğin Konako ve Try köylerinde çiftçilerin % 90 ının çalı çitlerin faydasını bilmelerine rağmen sadece % 20 si kendi arazilerinde uygulamıştır.

2.4.2. Mera alanları

Yapılan tavsiyeler hem doğal bitki örtüsünün (otlar ve çalılar) hem de geliştirilmiş mera uygulamalarının yapıldığı yerler için geçerlidir. Öncelikle otlar yoğun bir bitki örtüsü meydana getirdikleri için erozyona karşı iyi bir koruyucudurlar. Erozyon sorunu ancak bu örtünün aşırı otlatma ile ortadan kaldırılması ile ortaya çıkar ayrıca kuraklık ve aşırı yanma ile de şiddetlenebilir. Erozyon kontrolü agronomik önlemlerin kullanılma derecesine bağlıdır (Şekil 2.4). Bu ancak uygun sürü büyüklüğünün belirlenmesi ve sürdürülmesi ile mümkün olup bazı yerlerde insanların sürü büyüklüğünü ve erozyona dayanıklı ot ve çalıların dikimini kontrol etme imkanı yoktur. Erozyona dayanıklı bitkiler; güçlü büyüme, zayıf topraklarda yetişebilme, kuraklığa dayanıklılık, hayvanların damak tadına hitap etme ve hayvanların yürüyüşlerindeki fiziksel etkilere dayanıklılıktır. Toprağın direncini artırmak için, arazi kapısı, sulama noktaları ve tuz kutuları etrafında özel önlemler almak gerekebilir.

Geleneksel otlatma sistemleri çoğunlukla yerel iklim toprak ve bitki örtüsü koşullarına göre oluşturulmuştur. Kenya-Turkana'da yaşlılar tarafından idare edilen sistemde; sığırlar ıslak mevsimleri takiben taban arazilerde otlatılmakta ve sonra kuru mevsim boyunca daha az nemli olan yamaç arazilere götürülmekte ve mevsim sonuna doğru kuru mevsimde yem bitkilerinin bulunabileceği nehir kenarlarındaki devamlı ağaçlık alanlara geçilmektedir.



Şekil 2.4. İşlenmeyen araziler için toprak koruma stratejileri (El Swaify et al. 1982)

Çiftliğe yakın yerlere yağmur esnasında kadınlar tarafından darı ekilmekte ve meraya ilave olarak hayvanlara yedirilmektedir. Yamaçlardaki otlatma ve sadece kuraklık zamanlarında kullanılan yedek alanlar birlikler tarafından yönetilmektedir.

Gerçekten bugün bütün geleneksel otlatma sistemleri baskı altındadır. Birincisi, insan ve hayvan nüfusu sağlık ve veteriner hizmetlerindeki iyileşmeden dolayı artmaktadır. İkincisi ise meraların ortak mal olması ve buna karşılık otlayacak hayvanların bireylere ait olmasından doğan çatışmadır. Üçüncüsü, çoğunlukla hayvanların geleneksel hareketlerine dikkat edilmeksizin ilave sulama yerlerinin yapılmasıdır. Ancak yem bitkilerinin elverişliliği suya nazaran arazi üzerinde ilave baskı yapan hayvan sayısının sınırlanmasında daha önemli olmaktadır. Dördüncüsü, göçebe düzeninden yerleşik düzene geçilmesi hayvanların bütün bir yıl boyunca çiftliğe yakın olan meralarda bulunmasına yol açmıştır. Beşincisi, gençlerin eğitimi ve değişen politik sistemler genellikle yaşlıların otoritelerinin azalmasına yol açmaktadır.

Otlatma meradan bir biyokütlenin uzaklaştırılması demektir. Bu uzaklaştırmanın oranı otlayan hayvan sayısına ve hayvanların günlük yem bitkileri alımına bağlıdır. Toprak koruma bu yüzden otlatma sayısını kontrol etmek suretiyle toprağı koruyacak bitkilerin sürdürülmesini amaçlar. Bitki örtüsündeki kayıp yüzey akış ve erozyonda artışa, topraktaki su miktarının azalmasına dolayısıyla bitki gelişim miktarındaki azalmaya yol açar. Gerçekte bitki-erozyon-otlatmanın kendi arasındaki ilişkiler çok karmaşık olup; toprak verimliliği, bitki besin maddeleri kayıpları, saman üretimi, farklı bitki türlerinin tat ve hazım olabilirliği, farklı türlerin değişen otlatma, nem ve bitki besin maddesi koşullarındaki yaşayabilirlikleri dikkate alınmak zorundadır. Halihazırda bu ilişkiler çok az anlaşılmıştır. Diğer taraftan çoğu tropik meraların aşırı otlatma altında olduğu bir gerçektir. Pratt ve Gwyne (1971) e göre Kenya'nın Kuzey Doğusundaki yarı kurak koşullarda 25 ha araziye 1 Tropik Büyük Baş Hayvan Birimi (250 kg canlı ağırlık) düşmesi gerekirken bugünkü koşullarda 4 ha a 1 TBHB ile 30 ha a 1 TBHB arasında değişmektedir. Türkiye'de 500 kg canlı ağırlık 1 büyük baş hayvan birimi kabul edilmekte olup halen 10-11 milyon BBHB vardır. Mevcut mera alanlarının 12,3 milyon hektar olduğunu kabul edersek 1 BBHB ne 1,11 ha mera düşmektedir. 1 BBHB, 12 Küçük Baş Hayvan Birimine (KBHB) eşdeğer olarak kabul edilmektedir. Ayrıca meralarda yıllık ot verimi 40-120 kg kuru ot/ yıl olmasına rağmen Orta Anadolu'daki meralarda 40-50 kg kuru ot / yıl dır. Yıllık 50 milyon ton yem bitkisine ihtiyaç vardır. Bunun % 40 ı meralardan karşılanmaktadır. Yemi açığının yem bitkileri yetiştirilmek suretiyle karşılanması gereklidir. Türkiye'de bu açık maalesef samanla karşılanmaktadır. Halbuki saman hiçbir gelişmiş ülkede yem olarak kullanılmaz çünkü samandaki protein oranı %2 civarında buna karşılık yoncada % 11 dir.

Samanla beslenen hayvan yemi süt ve ete bu nedenle çeviremez. Botswana'da yapılan çalışmada 5 ha meraya 1 TBBHB i düşmesi halinde gelecek 2000 yıl için meralarda stabilitenin bozulmayacağı bildirilmektedir (Biot 1990).

Otlatmanın emniyetli düzeyinin belirlenmesinde geleneksel yöntemler ve model teknikleri arasında oluşan farklılıklar sorun çıkarmakta olup özellikle iklimdeki kısa vadeli dalgalanmalar dikkate alınmalıdır. Dahası, meralarda erozyonu dengede tutan ve sürdürülebilir verimliliği sağlayan strateji ile orta-uzun vadede erozyonu nispeten yüksek tutan ancak ekonomik faydayı artıran ve erozyonu izin verilebilir sınırın altında sürdürmek suretiyle çevresel etkiyi en aza indiren stratejiler arasında uyuşmazlık çıkabilmektedir.

2.4.3. Orman alanları

Ormanlar toprağı erozyon karşı en mükemmel şekilde korumayı sağlarlar. Ormanlarda buharlaşma (evapotransprasyon), kesme (interseption) ve infiltrasyon oranı çok yüksek olarak sürdürüldüğünden yüzey akış miktarı azdır. Düşük yüzey akış miktarı ve orman altı örtüsünün koruyucu rolü nedeniyle çok düşük erozyon oranları meydana gelir. Erozyondaki artış ormanların devamlı olarak veya tropik bölgelerde uygulanan arazi nöbeti (shifting cultivation) nedeniyle geçici olarak tarım için kesilmesi ile oluşmaktadır. Eğer orman örtüsü büyük ölçüde el sürülmemiş olarak kalırsa sorun çok büyük olmayacaktır. Ancak ağaçların yakacak olarak toplanması, çalı ve çırpının toplanmasını ve yüzey örtüsünün otlatma ile ortadan kaldırılması erozyon sorununu çok büyütmektedir.

Dünya nüfusunun % 40 ının odunu birinci dereceden yakıt olarak kullandığı tahmin edilmektedir.

Sudan, Kolombiya, Etiyopya, Nijerya ve Endenozya 'da yıllık tomruk üretiminin % 80 i veya daha fazlası yakacak olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde ormanın ortadan kaldırılması geniş oranda ormansızlaşmaya ve bunu takip eden toprağın yıkanması ve rüzgarla taşınmasına yol açmaktadır. Erozyon kontrol stratejilerinde hızlı büyüyen ağaç türlerinin yakacak ihtiyacını karşılamak üzere ağaçlandırma projelerinde yer alması bu bakımdan çok önemlidir (Şekil 2.4).

Çok sık olarak hayvan otlatma ormanların yaşamları için tehlikeli olmaktadır. Hayvanlar toprağı çiğnememekte ve sıkıştırmakta, toprak yüzeyine yakın köklere zarar vermekte ve genç fidanların yaprak ve gövdelerini yemektedirler. Orman ağaçlarının kabuklarının soyulması ve aşırı otlatma orman yenilenmesini önlemektedir.

Kesim işlemleri ise daha sınırlı bir bozulmaya neden olmaktadır. Çünkü erozyon sadece ağaçların kesildiği yerlerle sınırlı olmaktadır. İyi bir yönetim ile

bitkiler tekrar gelişmekte ve kesimden sonra birinci yılda bazen de ikinci ve üçüncü yılda yüksek erozyon oranları sınırlanmaktadır. Bozulma seviyeleri kesim yöntemi ile çok yakından ilişkilidir. Nijerya'da yapılan üç farklı uygulamadan en fazla erozyona neden olanı paletli traktör ile ağaçları iterek deviren ve kökleri tırmıkla toplayan uygulama ikinci sırada zincir yönteminin uygulandığı yöntem ve sonucu ise balta ile kesim olmuştur.

Türkiye'deki kesin yöntemleri erozyon oluşturmaları bakımından şu sırayı takip etmektedir; tıraşlama kesim > büyük saha siper kesimi > küçük saha siper kesimi > grup seçme kesim > bireysel seçme kesim (Balcı 1996).

Orman kesiminden hemen sonraki erozyon genellikle yüzey akışlarla ilgili olup ikincil olarak ağaç kesiminden sonra köklerin çürümesine bağlı olan toprağın kesme dayanıklılığının düşmesidir. Bu olay aynı zamanda kesimden yaklaşık beş yıl sonra en fazla heyelan riskinin doğmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte bazı araştırıcılar daha yavaş bozuşma nedeniyle en fazla tehlikenin kesimden 15 yıl sonra olabileceğini tahmin etmektedirler.

Kesim alanlarındaki ana erozyon çoğunlukla çıplak olan kütüklerin sürüklendiği alanlarda ve yollarda olmaktadır. Aynı şekilde yolların kazı ve dolgu eğimleri çoğunlukla dayandıkları toprağın eğiminden fazla olduğundan heyelanlara maruz kalmaktadırlar. Swanson ve Dyrness (1975) Batı Oregon'da (ABD) 2.300.000 t/ha sediment ölçmüşler ve kesim alanlarında yıllık erozyon oranlarının fazla olduğunu bildirmişlerdir. Toplam sediment verimine karayolları, keçi yolları ve patikaların katkısı çok fazladır. Kenya'da Dunne (1979) tarafından yapılan bir çalışmada tarım yapılan bir havza içerisinde yolların sediment verimine katkısının % 15-35 olduğu ancak orman olan havzalarda çevre alanlara göre sediment veriminin daha az olduğu belirlenmiştir.

Genellikle kazı eğimleri dolgu eğimlerinden daha fazla erozyona duyarlıdırlar. New South Wales'de Karuah Devlet Ormanında yapılan bir çalışmada kazı ve dolgu eğimlerdeki erozyon doğal eğimlere nazaran sırasıyla 100 ve 10 kat fazla olmuştur (Riley 1988). Yolların sırtlara ve hafif eğimlere yerleştirilmesi suretiyle kazı eğimlerinden kaçınılmakta dolayısıyla erozyon en aza indirilebilmektedir. Bir diğer sediment kaynağı arazileri yüzey drenaj ile dren edilmesidir. Burada drenaj hendeklerinin nispeten derin ve dar olan şekillerinin geniş ve yüzlek hale gelmeleri ile erozyon oluştuğu anlaşılır. Hendeklerden gelen fazla miktardaki yüzey akış aynı zamanda mansapa iner inmez akarsu kenar erozyonuna da neden olur.

2.4.4. Arazi temizleme

Ormanların tarımın gelişmesi için kesilmesi yöntemleri sadece oluşacak toprak kayıplarını değil aynı zamanda takip eden ürün miktarını da

etkilemektedir. Nijerya'da Alfisol toprakları üzerindeki ormanların mekanik kesimi hacim ağırlığını artırmış ve infiltrasyon kapasitesini kesim ve atıkların yakılması yöntemine göre azaltmıştır. Hacim ağırlıkları kesim yapılmamış ormanda 0.9 $Mg.m^{-3}$ iken kesilmiş ve atıkların yakıldığı yöntemde 1.12 $Mg.m^{-3}$ mekanik yöntemle kesimde ise 1.25 $Mg.m^{-3}$ olmuştur. İnfiltrasyon kapasiteleri de sırasıyla 112, 52 ve 19 mm/saat olmuştur. Malezya'da 30-40° eğime sahip Ultisol üzerindeki orman kesiminde de hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiş ve infiltrasyon kapasitesi kesim yapılmamışta 214 mm/saat iken kesim artıklarının yakıldığı (slash and burn) yönteminde 145 mm/saat ve paletli ve bıçaklı traktör kullanıldığında 43 mm/saat olmuştur. İnfiltrasyon oranları da sırasıyla 1.06, 1.33 ve 1.48 $Mg.m^{-3}$ bulunmuştur (Jusoff ve Majid 1988).

Kesim yöntemleri ile daha sonraki ürün miktarları arasında arazinin bozulması ve sonraki sürüm yöntemlerine göre oldukça değişen bir ilişki vardır. Potansiyel olarak mekanik kesim yöntemleri en kötü koşulları yaratmaktadır. Çünkü mekanik yöntemde toprak yüzeyindeki döküntü katmanı sıyrılmakta ve organik madde uzaklaştırılmak suretiyle toprağın erozyona karşı korunması ortadan kaldırılmaktadır.

Toprak yüzeyinin bozulması en azda tutulabilir ve kesimden sonra 8-10 yıl için uygun arazi yöntemi sürdürülebilirse ve toprak sıkışması önlenebilirse orman arazileri tarım için başarılı bir şekilde açılabilir. Eğer arazi ormandan tarıma geçildiğinde toprak bozulmasının fazla olmasından dolayı hemen işlenemez ve ürün bitkileri ekilmezse örtü bitkilerinin ekimi toprağın orijinal hacim ağırlığı ve infiltrasyon kapasitesine ulaşmasını sağlayacaktır. Bunun yanında sürümsüz toprak hazırlığı ve diğer uygun toprak koruma uygulamaları işlenen araziler için uyarlanmalıdır.

2.4.5. Engebeli araziler

Engebeli araziler kendi tabii bitki örtüsü ile kalmalıdırlar. Çünkü bu araziler diğer kullanım türleri için çok sınır arazilerdir. Bunlar dik yamaçlı dağlık araziler, sığ taşlı ve dik eğimli alanlar, tundralar ve kum tepeleridir. Bu araziler çoğunlukla çekici görünüşe sahip olup bu bakımdan rekreasyonal (piknik, eğlence vs) kullanımı cezbedeler. Bu arazilerin farklı kullanımlar için sınırda olmaları nedeniyle herhangi bir şekilde toprağın bozulmasına karşı çok hassastırlar ve rekreasyonal kullanımdan kaynaklanan etkiye karşı koymaları da düşüktür. Bu tip arazilerdeki ana sorun; yürüyüş yolları, otomobillerin tekerlek izleri, hayvanların ayak izleri ve kamping yerleri civarındaki yoğun otomobil park edilmesi ile ilgili olarak toprak bozulmasının (degredasyonunun) çok kolay olmasıdır. Patika ve yolların aşırı kullanılması bitki örtüsünde azalmaya ve hatta bazı bitkilerin diğerlerinden daha fazla çiğnenmeye dayanıklı olmasından dolayı

bitki türünde azalmaya neden olacaktır. Toprakta sıkışma nedeniyle toprak nem kapsamında değişim meydana gelecektir.

Engebeli arazilerde erozyonun kontrol edilmesi için insanların ve hayvanların bu tip araziye sokulmamasından, erozyona dayanıklı bitkilerin kullanılması, gerekli olan yerlerde toprak nemini azaltmak amacıyla drenaj yapılarak toprak dayanıklılığının artırılması ve patikaların yapay işlemlerle güçlendirilmesidir. Ancak çok az sayıda bitki insan ve hayvanların yürüyüşü ile uzun süreli ve ağır kullanıma dayanabilir. Yapılan çalışmalar Nardus stricta, Agrostis spp ve Festica spp nin çiğnenmeye karşı daha dayanıklı olduğunu göstermiştir. ABD Montana'da Rocky Dağlarında yapılan çalışmada Pao pratentis ve Festuca idohaensis otlaklarının bisiklet, motosiklet ve at binicilerinden Vaccinium scoparium çalı alt örtüsüne sahip Pinus albicaulis ormanından daha az etkilendiğini göstermiştir (Weaver ve Dale 1978). Doğal bitki örtüsünün çiğnenmeden ne kadar etkilendiğini mukayese etmek için bitki örtüsünün % 50 veya % 100 azalması için gerekli geçiş sayısı belirlenebilir. Kumullardaki meralar 1100-1800 geçişe dayanabilirler halbuki alpin bitki toplulukları 60 dan az ve tundralar ise sadece hemem hemen 8 geçişe dayanabilmektedirler (Liddle 1973). Çayır örtüsü altındaki tarla kapasitesine yakın nem kapsamına sahip bir killi toprakta 0-50 geçiş arasında yüzey akış hızla artmakta ve sonra sabitlenerek 700-900 geçiş arasında tekrar artmaktadır. Toprak kaybı oranı geçiş sayısına bağlı olarak doğrusal artış göstermektedir. 250 geçişe kadar arazi üzerinde çıplak toprak yüzeyleri görünmemekte ve 900 geçişten sonra %25-50 bitki örtüsü kalmakta ancak erozyon ile yüzey akış için kritik dönem bitki örtüsünde herhangi bir azalma görülmeden önce başlamaktadır (Quinn ve ark. 1980).

Engebeli arazilerin yeniden bitkilendirilmesinde mevcut toprak ve iklim koşullarında en iyi bir şekilde yaşayabilecek bitki türlerini seçerken ideal olanı yerel çeşitlerin seçilmesi olup yeni türlerin getirilmesi tavsiye edilmez. Seçilen bitki türünde aranan özellikler; hızlı ve toprak yüzeyine yayılan şekilde büyüme, sert gövde ve yaprak yerine daha eğilebilir olması, toprak altı büyümesinin hızlı olması, kaya ve toprakla gömülmeye karşı koyabilme yeteneği ve köklerinin açığa çıkmasına karşı dayanabilme yeteneğidir. Çoğunlukla bitki türlerinin bir karışımı kullanılmakta, otlar ve çalıların her ikisinin beraber kullanımı başta otlarla toprak yüzeyini hızla kaplanması sağlanmakta ve daha sonra uzun vadede erozyona dayanıklı çalıların gelişimi sağlanmaktadır.

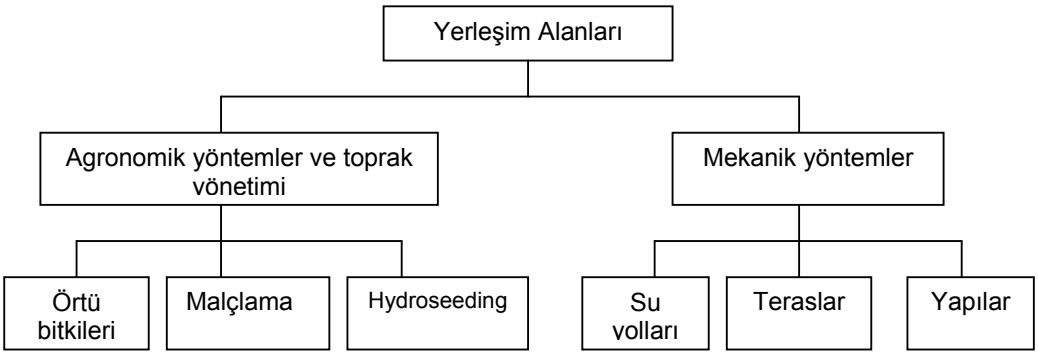
2.4.6. Yerleşim alanları

Yerleşim alanlarındaki gelişmeler çoğunlukla yoğun bir erozyonla sonuçlanmaktadır. Yapım aşamasındaki çıplak topraktan; yüksek hacimli pik

yüzey akışı; pik akış için daha kısa zaman; yüksek ve daha sık taşkın akışları; yüzey akış, parmak ve oyuntulardaki erozyondaki hızlı artış ve neticede yüksek sediment konsantrasyonları meydana gelmektedir. Malezya'da 1970 yılında yerleşim için açılan 6,3 hektar ormanlık alan 1977 yılında oyuntuların 10 metre yüksekliğe ulaşmaları ve oyuntu başlarının hızla ilerlemesi nedeniyle terkedilmiştir (Leigh 1982). Singapur Üniversitesinin yeni kampusunda da benzer sonuçlar görülmüş ve sediment konsantrasyonları 45.000-4.900 mg/lt ölçülmüştür. Halbuki sediment konsantrasyonları Malezya'daki yağmur ormanlarında 7-1080 mg/l olarak belirlenmiştir.

Yerleşim alanlarındaki erozyon kontrolü ile ilgili stratejiler arazi yüzeyinde mümkün olduğunca fazla bitki örtüsünü bırakan gelişmelere bağlı olmaktadır ancak bu genellikle uygulanabilir olmamakta ve diğer arazi kullanım tiplerinde mekanik yöntemlere daha fazla güvenilmektedir. Yerleşim alanlarının gelişimi tamamlandıktan sonra hızlı bir şekilde bitki örtüsü kurulmalı, devamlı kullanımlar için çok amaçlı su yolları ve stabilize yapıları yapılmalıdır (Şekil 2.5).

Yerinde erozyon etkisi (on-site) bu safhada çok düşüktür çünkü arazinin büyük bir kısmı betonla kaplanmıştır. Ancak yollar, çatılar, oluklar ve kanalizasyon gibi geçirimsiz yüzeylerden oluşan yüzey akış yerleşim yerlerinin alt kısımlarındaki akarsularda akarsu kenar erozyonuna neden olurlar. Bunun yanında yol yan yüzeylerinin duraysızlığı (instabilite) ilave bir sorundur.



Şekil 2.5. Yerleşim alanları için toprak koruma stratejileri (El Swaify et al. 1982)

2.4.7. Maden sahaları

Önceleri maden sahası olarak kullanılmış yerlerdeki erozyon kontrollerinin ana amacı arazinin tarımsal veya rekreasyonal kullanım için

ıslahını teşvik etmeye yönelik bitki kurulumu ve gelişimi için uygun çevre koşullarının yaratılması ve maden sahasının dışarıya olan zararlı etkisinin (off-site) en aza indirilmesidir. Maden ocakları yan duvarları genellikle erozyonun çok hızlı başladığı ve çoğunlukla verimsiz ve hatta sık sık zehirli tabiattaki materyal nedeniyle bitki gelişiminin çok yavaş olduğu yerlerdir ve bu bakımdan uygulanacak erozyon kontrol stratejileri hem mekanik hem de agronomik yöntemleri içermelidir.

Başlangıçta erozyon üst kısımdaki dışbükey eğimde ve tümseğin orta-üst kısmında en yüksek düzeyde olup tümseğin alt kısmında biriken sedimentler nedeniyle içbükey bir eğim oluşur. Zamanla dışbükey eğimdeki erozyonda azalma erozyonun yamacın dik olan orta kısımlara hareketine neden olur. Oyuntuların oluştuğu yerlerde ise özellikle oyuntular düşük dışbükeyliğe sahip sıkışmamış birikintilerin bulunduğu yerlerde oluşursa 100-500 t/ha/yıl gibi dramatik düzeylere çıkabilir. Eğim gelişimi bu nedenle iki birbirine zıt oluşumun baskınlığına bağlıdır. Eğer oyuntu ağı çok yoğun olursa, yüksek erozyon oranları sürdürülür ve bütün eğim dışbükey oluşur ancak eğer birikme içbükeyde baskın olursa bu defa eğimin tamamında azalma olacak ve eğim daha duraylı (stabil) hal alacaktır.

Bozulmamış alanların tekrar bitkilendirilmesinde, toprağın verimliliğini artıracak ve uygun bir yüzey örtüsü sağlayacak bitki ardıllaşmasının tasarımlanması gereklidir. İdeal ardıllaşma, olası olan en çabuk şekilde yüzey örtüsünü sağlayan hızlı büyüyen otları (yem bitkileri); toprağa azot kazandıran yonca ve burçak gibi baklagilleri ve uzun vadeli örtü sağlayan diğer çalı ve otları kapsamalıdır. Bitkiler aynı zamanda yüzey akışlara karşı engel oluşturmak ve hareket eden sedimenti tutmak üzere eğime dik şeritler halinde ekilebilir. Zamanla oluşturulan bu engellerin üst kısımlarındaki birikme nedeniyle ucuz ve basit bir teras sistemi ortaya kendiliğinden çıkacaktır. Bitki türü seçiminde yerel toprak ve iklim koşullarına uygunluğun yanında arazi üzerinde yeknesak bir örtüsünün sağlanması önemli olup kümeler oluşturan bitkilerden yüzey akışı belli yerlere konsantre etmesi ve yerel erozyonu artırması nedeniyle kaçınılmalıdır. İdeal koşulların sağlanması; düşük su tutma kapasitesi veya zehirli iyonların bulunması gibi toprak koşullarının iyi olmaması veya soğuk, kuraklık gibi bitki gelişmesini engelleyen durumlarda çok zordur. Aynı zamanda bitki seçiminde seçilen bitkinin ilave yarar sağlayanlardan olması da önemlidir. Örneğin Nijerya'da Maden sahaları ıslah birimi ağaç türü olarak Eucalyptus spp. yi seçmiştir. Bu bitki hem yakıt hem de direk ihtiyacını gidermede yararlı olmuş ancak toprağın baz durumunda ve pH sında azalmaya neden olmuştur ki bu durum diğer bitkilerin gelişmesini engellemektedir.

Mekanik önlemlerden teraslar ve su yolları yüzey akışları kontrol etmek ve araziden fazla suları emniyetle boşaltmak için gereklidir. Eğimin tabanındaki

silt tutucular ve tekrar bitkilendirme, kontur karıklama, kontur çalı katmanları ve teras yapımına ilave olarak ihtiyaç olabilir.

2.4.8. Yol kenarları

2.4.3 de gösterildiği gibi, yol kenarları hem kazı hem de dolgu alanlarında çok sık olarak yüzey erozyonu ve kütle hareketlerine maruzdurlar ve buralar sedimentin ana kaynağını teşkil ederler. Buralardaki erozyon kontrolü ve eğim stabilizasyonunun sağlanması için bitkilendirmeden, istinat duvarları ve kaplama gibi mühendislik yapılarına kadar yöntemleri kapsar. Yüzey bitkileri toprağı yağmur damlalarının darbe etkisinden ve yüzeyden akan suyun aşındırıcı gücünden korur ve aynı zamanda hareketli sedimenti tutar. Çalı ve ağaçlar ise kök gelişimleri ile toprak dayanıklılığını artırırlar. Aynı şekilde ağaçlar (buttressing) eğim stabilitesini artırırlar. Bitki örtüsü suyun toprak içine infiltre olmasını kolaylaştırır ancak yağmur miktarı ve yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde bu birtakım sorunların çıkmasına da neden olabilir. Bu esnada yüzey akışın azaltılması yüzey erozyonunun kontrolünü, toprağın artan nem kapsamı ise kütle hareketlerini teşvik edebilir. Köklerin fazlalığı toprağın kohesif gücünün artmasına ve köklerin potansiyel kesme hattına çapraz olarak gelişmeleri de toprak kütlesinin alttaki materyale bağlanmasına yol açmaktadır. Toprağın suyla doygun hale gelmesinin tehlikeli olduğu yerlerde eğimin üst kısmında yüzey sularının çevrilmesine yönelik çevirme hendekleri ve eğimin kendisinin drene edilmesini sağlayan hendeklere ihtiyaç vardır. Başlangıç safhalarında bitkiler bir örtü teşkil edinceye kadar; kazıklama, çalı katmanları veya jeotekstiller geçici erozyon kontrolü ve duraylığı sağlamak için gerekli olabilirler. Yüzey erozyonu ve 2 m ye kadar uzanan toprak kaymaları için bitki örtüsünün mühendislik yapılarına göre daha avantajlı olduğu söylenebilir. Çünkü bitki örtüsü daha estetik görünüşe sahip olup ayrıca kurulum masrafları daha azdır ve uzun vadede sonsuz bir zaman için kendi kendini tamir edebilir. Şüphesiz düzenli bir bakım ve ara sırada olsa onarımlar gereklidir. Bununla birlikte dünya ölçeğinde kabul edilmiş bir standart uygulama yoktur. İnşaat mühendisleri bitkinin kendisinin mühendislik materyali olarak kullanıldığı biyomühendislik ve bitkilerin mühendislik özelliklerinin yapılarla kombine edildiği biyoteknik mühendislik konusuna artan bir ilgi göstermektedirler.

Çoğunlukla karayolları kenarlarındaki erozyon bir mühendislik sorunu olarak kabul edilmekte ve inşaat mühendisleri tarafından ele alınmakta ancak aynı oluşum orman, tarım alanları veya meralarda meydana gelince toprak korumacıların ilgi alanına girmektedir. Bu alanlarda yolların dikkatli yerleştirilmeleri ve bitkisel çözümlerin yalnız başına veya basit mekanik önlemlerle uygulanması çoğunlukla sorunun kontrol edilmesi için yeterli

olmaktadır. Hatta yol kenarlarının üst kısmındaki arazilerin yıl boyunca kullanımlarına da inşaat mühendislerinin dikkat etmesi gereklidir. Himalayalarda yamaçların aşırı dikleştiği yerlerdeki yollarda eğimin üst kısmındaki sulama teraslarından oluşan sızmalar eğim duraysızlığını artırmaktadır. Yol kenarlarındaki eğimlerin ve bunların üst kısmındaki arazilerin ormana alınması veya agroforestry (tarım ve ormancılığın bir arada yapılması) uygulaması hem eğimin hem de yol kenarlarının stabilize edilmesinde mühendislik çözümlerine nazaran daha etkili olmaktadır.

KAYNAKLAR

AINA P.O., R. LAL and G.S. TAYLOR. 1977. Soil and crop management in relation to soil erosion in the rain-forest of western Nigeria. In Soil erosion: prediction and control. Soil Conservation Society of America. Special publication 21: 75-82.

BALCI, A.N. 1996. Toprak Koruması. İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Yayın No: 439. İstanbul.

BIOT, Y. 1990. THEPROM-an erosion productivity model. In J.Boardman, I.D.L. Foster and J.A. Dearing (eds), Soil erosion on agricultural land. Chichester, Wiley: 465-479.

DUNNE, T. 1979. Sediment yield and land use in tropical catchments. Journal of Hydrology 42: 281-300.

EL-SWAIFY S.A., E.W. DANGLER and C.L. ARMSTRONG. 1982. Soil erosion by water in the tropics. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.

ERVIN D.E. and R. WASHBURN. 1981. Profitability of soil conservation practices in Missouri. Journal of Soil and Water Conservation 36: 107-111.

HASHOLT, B. 1991. Influence of erosion on yhe yransport of suspended sediment and phosphorus. International Association of Hydrological Sciences Publication 203: 329-338.

JUSOFF, K. and N.M. MAJID. 1988. Effects of site preparation methods on soil physical characteristics. In S. Rimwanich (ed), Land conservation for future generations. Bangkok, Department of Land Development.: 745-754.

KRONVAG, B. 1990. Sediment-associated phosphorus transport from two intensively farmed catchment areas. In J. Boardman , I.D.L. Foster, J.A.Dearing (eds), Soil erosion on agricultural land. Chichester, Wiley:313-330.

LEIGHT C.H. 1982. Urban development and soil erosion in Kuala Lumpur, Malaysia. Journal of Environmental Management 15. 35-45.

LIDDLE, M.J. 1973. The effects of trampling and vehicles on natural vegetation. Ph D Thesis, University College of North Wales, Bangor.

MORGAN, R.P.C. 1986. Soil Erosion and Conservation. Longman.U.K.

MUELLER D.H., R.M. KLEMME and T.C. DANIEL. 1985. Short -and long – term cost comparisons of conventional and conservation tillage systems in corn production. Journal of Soil and Water Conservation 40:466-470.

NAPIER, T.L. 1988. Socio-economic factors influencing the adoption of soil erosion control practices in the United States. In R.P.C. Morgan and R.J. Rickson (eds), Erosion assessment and modeling. Commission of the European Communities Report EUR 10860 EN: 299-327.

PRATT D.T. and M.D. GWYNNE. 1977. Rangeland management and ecology in east Africa. London. Hodder and Stoughton.

QUINN N.W., R.P.C. MORGAN and A.J. SMITH. 1980. Simulation of soil erosion induced by human trampling. Journal of Environmental Management 10:155-165.

RILEY S.J. 1988. Soil loss from road batters in the Karuah State Forest, eastern Australia. Soil Technology 1: 313-332.

SHAXSON T.F. 1981. Reconciling social and technical needs in conservation work on willage farmlands. In R:P:C: Morgan (ed.), Soil conservation: problems and prospects. Chichester, Wiley:385-397.

STOCKING, M. 1985. Development projects for the small farmer: lessons from eastern and central Africa in adapting conservation. In S.A.Swaify, W.C. Moldenhauer and A. Lo (eds), Soil erosion and conservation. Ankeny IA, Soil Conservation Society of America: 747-758.

SWANSON, F.J. and C.T. DYRNESS. 1975. Impact of clear cutting and road construction on soil erosion by landslides in the West Cascade Range, Oregon. Geology: 3: 393-396.

TJERNSTRÖM, R. 1992. Yields from terraced and nonterraced fields in the Machacos District of Kenya. In Kebede Tato and H. Hurni (eds), Soil conservation for survival. Ankeny IA, Soil and Water Conservation Society:251-265.

WEAVER, T and D. DALE. 1978. Trampling effects of hikers, motor cycles and horses in meadows and forests. Journal of Applied Ecology 15: 451-457.