T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

YUKARI HAVZA SEL KONTROL ÇALIŞMALARINA İLİŞKİN TAMİM VE UYGULAMA TEKNİKLERİ

Tamim No : 7351



Toprak Muhafaza ve Havza Islahı
Dairesi Başkanlığı

HAZIRLAYANLAR

TOPRAK MUHAFAZA VE HAVZA ISLAHI DAİRESİ BAŞKANLIĞI

Ertan PİRDAL - Daire Başkanı
Yusuf Ziya ERGENE - Daire Başkan Yardımcısı
Sıtkı ERAYDIN - Orman Yüksek Mühendisi
Özgür ALAÇAM - Orman Mühendisi
Ergülü BAĞIRÖZ - İnşaat Mühendisi
Gülçin MERGEN - Orman Yüksek Mühendisi

TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
Orman Genel Müdürlüğü

Sayı : E-89257022-010.99-11363405 27.03.2024

Konu : Yukarı Havza Sel Kontrol Çalışmalarına İlişkin Tamim

TÜM TEŞKİLATA
TAMİM NO 7351

İklim değişikliği ve beraberinde doğurduğu yağış rejimindeki değişimler, nüfus artışı, jeopolitik riskler, çevre ve doğanın aşırı tahribatı, dere ve akarsu yataklarının çeşitli nedenlerle tahrip edilmesi, daraltılması ve değiştirilmesi gibi etkenler, sel olaylarının sayısının ve yıkıcı etkisinin artmasına neden olmaktadır.

Ani yağışlar diğer etkenlerle birleşince geleneksel olarak uyguladığımız sel kontrol faaliyetlerinin gözden geçirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu tamimde Orman Genel Müdürlüğünce yürütülecek olan sel kontrol çalışmalarına dair uyulması gereken prensipler belirtilmiştir.

Amaç ve Kapsam

Bu tamim ile sel kontrol çalışmalarının etkili bir şekilde yapılabilmesi için; sel kavramı, selin sebep olduğu mevcut problemin tespitiyle beraber, doğru çözüme yönelik proje üretilebilmesi, uygulamada yeknesaklığın sağlanması, yapım esnasında görülebilecek hataların önceden öngörülerek önlem alınması, yukarı havzadaki oyuntu ve derelerde sel ile etkili mücadelenin sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 6B5F055E-FE4B-40F2-82C9-EDD129353F31 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ogm-ebys

Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No:8/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Telefon No:0 312 296 40 00 Belge Geçer No:0 312 296 34 70
e-posta: internet adresi:www.ogm.gov.tr
KEP Adresi : ogm@ogm.hs01.kep.tr
Bilgi için:Ergülü BAĞIRÖZ
İnşaat Mühendisi

Dayanak

Bu Tamim; ***15 Temmuz 2018 tarih ve 30479 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkındaki 4 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 334 üncü maddesinin d bendi*** kapsamında; Orman Genel Müdürlüğüne "Orman sınırları içinde veya orman sınırları dışında her türlü arazide; ağaçlandırma, erozyon kontrolü, ormanla ilgili mera ıslahı, çölleşme ile mücadele, sel ve çığ kontrolü çalışmalarını yürütmek, entegre havza projeleri yapmak ve uygulamak", Genel Müdürlüğün hizmet birimi olan Toprak Muhafaza ve Havza Islahı Dairesi Başkanlığına yine aynı kararnamenin ***338-1-f-1 maddesinde*** " Su havzalarında kaliteli ve azami miktarda su elde etmek, erozyonu önlemek, sel, çığ ve taşkınları kontrol altına almak, toprak, su ve bitki dengesini korumak amacıyla ilgili birimlerle işbirliği halinde ve katılımcı anlayış çerçevesinde hazırlanan entegre havza ıslahı ana planının gerektirdiği iş ve işlemleri yapmak veya yaptırmak.", ***338-1-f-4 maddesinde*** "Orman alanlarında veya orman rejimine alınacak erozyona maruz sahalarda; toprak aşınma ve taşınmalarının durdurulması, sellerin ve taşkınların kontrol altına alınması, heyelanların ve çığların önlenmesi amacıyla dere, çay ve ırmakların su toplama havzalarında erozyon kontrolü çalışmaları yapmak veya yaptırmak." ifadelerine ve ***31/8/1956 tarihli 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 58 inci maddesine*** dayanılarak hazırlanmıştır.

Genel Hususlar

Bahse konu çalışmaların, emniyet, ekolojik, estetik ve ekonomik kriterlere göre risk ve zarar azaltma odaklı olarak yürütülebilmesi için, sel kontrol çalışmalarına; planlama, proje, inşaat, işletme ve yatırım programı faaliyeti safhalarında aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilecektir.

Yukarı havza sel kontrol çalışmalarında, 3 Mayıs 2019 tarih ve 30763 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği" ve ilgili diğer mevzuatlar esas alınacaktır.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 6B5F055E-FE4B-40F2-82C9-EDD129353F31 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ogm-ebys

Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No:8/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Telefon No:0 312 296 40 00 Belge Geçer No:0 312 296 34 70
e-posta: internet adresi:www.ogm.gov.tr
KEP Adresi : ogm@ogm.hs01.kep.tr
Bilgi için:Ergülü BAĞIRÖZ
İnşaat Mühendisi

Yukarı havzada, derinliği 3 m'den az olan sel dereceği, sel yarıntısı, sel dereleri ve yan derelerdeki oyuntu ıslahı çalışmalarına öncelik verilecektir.

Derinliği 3 m'den fazla olan oyuntularda, ıslah çalışması zorunluluğu varsa; "Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği"ne göre DSİ görüşü alınması gerekmektedir. Hizmet alımı ile yaptırılacak projelerde de bu husus belirtilecek olup DSİ'nin olumlu görüşünden sonra, proje onayı verilecektir.

Devlet ormanı olmayıp, mülkiyeti hazineye ait tescilli veya tescil harici yerlerde yapılacak Yukarı Havza Sel Kontrol çalışmalarında; 2020/1 sayılı Orman Genel Müdürlüğü, Kadastro Mülkiyet Daire Başkanlığının "Hazinenin Özel Mülkiyetinde veya Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Bulunan Taşınmazların Tahsisi ile Orman Rejimine Alınma Usul ve Esasları" hakkındaki tamim esaslarına göre hareket edilecektir.

Çalışma yapılacak yukarı havzada, can ve mal kayıplarıyla ilgili riskler başta olmak üzere daha önce yapılmış bütün çalışmalar incelenip etkin bir risk değerlendirmesi yapılacak, ilgili kurum ve kuruluşlardan gerekli bilgi ve belgeler temin edilerek koordinasyon sağlanacaktır. Çalışma yapılması planlanan yukarı havza sel kontrol yapıları ile ilgili olarak işin aciliyet ve önemine göre öncelik sıralaması yapılacaktır.

Planlamada; havzadan havzaya değişen hidrolojik, jeolojik, topografik, ekolojik, yerleşim, tarımsal arazi ve mülkiyet durumları, havza kullanım şartları ayrıca yerelde kullanılabilecek malzeme seçimine dikkat edilerek fizibilite çalışması yapılacaktır. Bu çalışmaya dayalı olarak en verimli çözümün üretilmesine özen gösterilecektir.

Yapım işinin sorunsuz bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla, proje aşamasında yapılacak malzeme etütleri ve maliyet analizlerine dayalı malzeme ve yapı tipi seçimi yapılmalıdır.

Proje yapım ve uygulama aşamalarında doğal dengenin korunmasına özen gösterilecektir.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 6B5F055E-FE4B-40F2-82C9-EDD129353F31 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ogm-ebys
Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No:8/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Telefon No:0 312 296 40 00 Belge Geçer No:0 312 296 34 70
e-posta: internet adresi:www.ogm.gov.tr
KEP Adresi : ogm@ogm.hs01.kep.tr
Bilgi için:Ergülü BAĞIRÖZ
İnşaat Mühendisi

Yukarı Havza Sel Kontrol çalışmaları yapılırken, yürürlükteki kanun, yönetmelik ve tamimlere titizlikle uyulmaya devam edilecektir. İşlerin bu tamimde belirtilen hususlar dikkate alınarak, projelerine, sözleşme ve eki ilgili teknik şartnamelere uygun olarak yürütülmesi için, yapı denetim komisyonunca gerekli her türlü önlem alınarak, bu tesislerin inşasında gerekli özen gösterilecektir.

İnşaat aşaması ve sonrası için de yürürlükte olan iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı ve ilgili diğer kanun ve yönetmelik hükümlerine uygun olarak her türlü sağlık ve güvenlik tedbirlerinin alınması sağlanacaktır.

Oyuntularda yapılacak ve yapım tekniği açısından özellik arzeden ıslah sekisi, tersip bendi, çelik moloz bariyeri vb. inşaat işlerinin yapı denetim komisyonunda, İnşaat Mühendisi/Teknikeri/Teknisyeni de görevlendirilecektir.

Yukarı havza önlemleri kapsamında inşa edilerek işletmeye alınan, rüsubat tutucu geçirgen tersip bendi, sel tırmığı gibi yapıların periyodik temizlikleri yapılacaktır. Periyodik olarak yapılan bu gözlem ve temizlik aşamasında, kesitte biriken rüsubatta artış gözlemleniyorsa, sebepleri araştırılarak gerekli çalışmalar yapılacaktır.

Öncelik sıralamasına göre uygulaması yapılacak olan sel kontrol yapılarının projeleri, en az bir yıl önceden hazırlanarak bütçe imkanları çerçevesinde yatırım programı teklifleri yapılacaktır.

Proje hizmet alımı ve yapım işi ihaleleri hazırlık aşamasında, yaklaşık maliyet hesap edilirken öncelikle Orman Genel Müdürlüğü Birim Fiyat Kitabındaki pozlar kullanılacaktır. Kurumumuz birim fiyat kitabında istenen pozun bulunmaması halinde diğer resmi kurum birim fiyatlarından faydalanılacaktır. Yaklaşık maliyet hazırlanırken, Kamu İhale Kanunu'nun 9'uncu maddesine uyulacaktır.

Yukarı havza önlemleri kapsamında inşa edilerek işletmeye alınan rüsubat tutucu yapıların periyodik temizliklerinin yapılması için bununla ilgili DSİ Genel Müdürlüğünün "İşletmedeki Su Yapılarının Rezervuarlarından Malzeme Alınması" ile ilgili hazırlanan 2013/2 sayılı genelgesi dikkate alınacaktır.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 6B5F055E-FE4B-40F2-82C9-EDD129353F31 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ogm-ebys

Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No:8/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Telefon No:0 312 296 40 00 Belge Geçer No:0 312 296 34 70
e-posta: internet adresi:www.ogm.gov.tr
KEP Adresi : ogm@ogm.hs01.kep.tr
Bilgi için:Ergülü BAĞIRÖZ
İnşaat Mühendisi

Islah sekilerinin fonksiyon ve emniyetleri bakımından rezervuarlarından malzeme alınmasına kesinlikle izin verilmeyecektir.

Tesis edilen yapıların 6 ayda bir kontrolleri yapılarak, bakım ve tamirat ihtiyacı olanlar tespit edilmelidir. Bu yapıların bakımları için sel kontrol bakım ödeneğinden bir sonraki yılın yatırım programı teklifleri yapılmalıdır.

Sel, heyelan ve çığ riski olan alanlarda, yaşanmış olaylar da dikkate alınarak yamacın ve dere yatağının stabilitesini bozacak yol projelendirme ve yapımlarından kaçınılmalıdır.

Ormanlık alanlardaki üretim artıkları ile derelerde barajlama tehlikesi oluşturabilecek devrik, yıkık, kırık vb. her türlü odunsu materyal, can ve mal güvenliği öncelik sırasına göre temizlenmelidir.

Bütün yatırım çalışmalarında olduğu gibi yukarı havza sel kontrol çalışmalarında da amaç, en etkili çözümü üretmektir. Bu amaçla gerek proje hazırlanmasında olsun gerekse uygulama aşamasında ekteki "Yukarı Havza Sel Kontrol Uygulama Teknikleri" kitabındaki hususlardan faydalanılmalıdır.

Sel kontrolü çalışmalarının yürütülmesinde, "Yukarı Havza Sel Kontrol Çalışmalarına İlişkin Tamim" ve ekinde yer alan "Yukarı Havza Sel Kontrol Uygulama Teknikleri" kitabındaki bilgiler ışığında çalışılması hususunda;

Gereğini önemle rica ederim.

Bekir KARACABEY
Genel Müdür

Ek: Yukarı Havza Sel Kontrol Uygulama Teknikleri

Dağıtım:
Genel Müdürlük Tüm Teşkilatına

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: 6B5F055E-FE4B-40F2-82C9-EDD129353F31 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ogm-ebys

Beştepe Mahallesi Söğütözü Caddesi No:8/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Telefon No:0 312 296 40 00 Belge Geçer No:0 312 296 34 70
e-posta: internet adresi:www.ogm.gov.tr
KEP Adresi : ogm@ogm.hs01.kep.tr
Bilgi için:Ergülü BAĞIRÖZ
İnşaat Mühendisi

T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



YUKARI HAVZA SEL KONTROL UYGULAMA TEKNİKLERİ

Tamim No:7351

Toprak Muhafaza ve Havza Islahı Dairesi Başkanlığı
Dağlık Alan Yönetimi Şube Müdürlüğü

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER 1
1. TANIMLAR 4
2. SEL 7
2.1 Sel Oluşumunda Etkili Olan Faktörler 9
a-İklim 9
b-Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler 10
c-Bitki Örtüsü 11
d-İnsan Etkileri 11
e-Hidroloji 12
2.2 Sel ile Mücadelede Genel Prensipler 12
3. SEL KONTROL ÇALIŞMALARI 13
a) İdari Önlemler 13
b) Kültürel Önlemler 13
c) Mekanik Önlemler 14
4. OYUNTU VE ANA/YAN SEL DERESİ ISLAH TESİSLERİ 15
4.1 Çevirme Hendekleri (Saptırma Kanalları) 19
4.2 Boşaltma Kanalları (Su Yolları) 23
4.3 Sınai Tesisler (Enine Yapılar) 24
4.3.1 Oyuntudaki Enine Yapılar 24
4.3.1.1 Kuru Duvar Eşikler 29
4.3.1.2 Miks Eşikler 32
4.3.1.3 Toprak Eşikler 34
4.3.1.4 Örme Canlı Eşikler 35
4.3.1.5 Çalı Demetli Canlı Eşikler 36
4.3.1.6 Çalı Demetli Toprak Eşikler 38
4.3.1.6 Ahşap Eşikler 39
4.3.1.7 Gabion Eşik (Tel Kafes,Sandık,Fildöfer) 41

4.3.1.8 Delikli Sac Levha Eşikler 44
4.3.1.9 Galvanizli Kafes Tel Eşikler 45
4.3.1.10 Çuvallı Sedde 47
4.3.1.11 Diğer Tesisler 47
4.3.1.11.1 Cansız Ahşap Eşikler 48
4.3.1.11.2 Canlı Kazıklarla Oyuntu ve Dere Islahı 49
4.3.2 Ana /Yan Sel Deresindeki Enine Yapılar 50
4.3.2.1 Islah Sekileri 51
a) Tanımı 51
b) Amacı 52
c) Islah Sekilerinin Sınıflandırılması 53
d) Akarsu Eğimi ve Dere Uzunluk Profilinin Alınması 56
e) Islah Sekisi Yer Seçimi 58
f) Seki Yükseklik ve Aralıklarının Hesabı 61
g) Islah Sekilerinin Boyutlandırılması 70
h) Islah Sekilerinin Hidrolik Hesabı 77
ı) Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar 109
j) Beton, Betonarme, Harçlı Kargir Duvarlar ve Yapım Şartları 115
4.3.2.2 Tersip Bentleri 126
4.3.2.2.1 Geçirgen Tersip Bentleri 127
4.3.2.2.1.1 Ayaklı Süzücü Bentler 128
4.3.2.2.1.2 Ayaklı ve Izgaralı Süzücü Bentler 128
4.3.2.2.1.3 Dip Açıklıklı Süzücü Bentler 128
4.3.2.2.2 Sel Tırmığı 132
4.3.2.2.3 Çelik Moloz Bariyeri 138
4.3.2.3 Taban Kuşakları 140
4.3.2.4 Britler 141
4.4 Ana/Yan Sel Deresindeki Kıyı Tahkimi Tesisleri 142
4.4.1 Kıyı Duvarları 142

4.4.2 Taş Dolgu ve Anroşman 148
4.4.3 Gabionlar (Tel Kafes Sandık ve Sucuklar) 149
4.4.3.1 Tanımlar 150
4.4.3.2. Yapım Şartları 155
4.4.4 Taş Pere Kaplama 161
4.4.5 Mahmuzlar 162

1. TANIMLAR

Akarsu: Bir havzanın tabii olarak drenajını sağlayan dere, çay, ırmak oluşumlarının genel adını,

Akarsu ıslahları: Akarsulardaki tersip bendi, ıslah sekisi, taban kuşağı, mahmuz, brit, şüt, duvar, sedde, taş tahkimat, rip-rap, gabion şilte, pere kaplama, prefabrik kaplama, endüstriyel kaplama ve endüstriyel donatı ile canlı iksa ve benzeri yapı ve tedbirler veya kombinasyonlarıyla yatak plan profil ve enkesit düzenlemelerinin yapılması veya tabii yatakta onarıcı ve koruyucu tedbirlerin bütününü,

Baz akım: Yatak içerisinde her daim akan minimum su miktarını,

Brit: Sediment hareketi olmayan ya da sediment hareketinin problem oluşturacak düzeyde olmadığı, ancak oyulma problemleri olan tabii ve suni mecralarda eğimi düşürerek oyulmaları önlemek, yatak tabanını korumak için yapılan kaplama, taş, kaya tesisler ve kıyı duvarlarının korunması amacıyla inşa edilen alçak enine yapıları,

Debi: Bir akarsuyun herhangi bir enkesitinden birim zamanda geçen suyun hacmini,

Derivasyon: Kuruda çalışma için bir akarsu yatağının, tünel, kanal ve benzeri yapı ve usuller ile inşaat süresince geçici olarak değiştirilmesini,

Dipsavak: Sel kapanı rezervuarında toplanan suları dengeleyerek ölçülü miktarda mansaba aktaran ve akarsu tabanına yakın bir seviyede teşkil edilen yapıyı,

Dolusavak: Sel kapanlarında yapı ile kontrol edilmesi planlanan taşkın debisinin üzerindeki akımlarda, gövde arkasında toplanan suyun gövde üzerinden aşmasını önlemek amacıyla söz konusu fazla suları gövdeye zarar vermeden mansabındaki akarsu yatağına emniyetle aktarılmasını sağlayan yapıları; ıslah sekisi, tersip bendi ve bağlamalarda ise suların yamaçlara zarar vermeden yapı gövdesi üzerinden emniyetli bir şekilde aktığı kesimi,

Etki alanı: Yukarı havza sel kontrol çalışması yapılan derenin su toplama havzası, çalışmanın etki alanıdır.

Frekans analizi: Hidrolojik olaylarla ilgili geçmiş kayıtların geleceğe yönelik olasılıklar açısından yorumlanmasını,

Geçirgen tersip bendi: Diğer tersip bentlerinden farklı olarak, istenilen çapta rüsubatın yapı rezervuarında tutulmasına veya istenilen çapta rüsubatın mansaba geçişine imkân sağlayan, feyezanlar sonrasında düzenli olarak temizlenmesi gereken enine yapıları,

Hava payı (Hp): Sel kapanlarındaki hava payı hariç olmak üzere, dere ıslahı ile köprü ve menfezlerin projelendirilmesinde, proje debisine karşılık gelen su yüksekliği üzerinde öngörülemeyen durumlar için güvenlik amacıyla, projenin özelliğine göre belirlenen ilave yüksekliği,

Islah sekisi: Akarsularda taban eğiminin düşürülerek suyun hızının, dolayısıyla sürükleme gücünün azaltılması suretiyle mecralardaki oyuntuları önlemek için dere eksenine dik olarak inşa edilen, sel derelerinde tabanın korunması, göçüntülü ve heyelanlı kıyıların ve yamaç eteklerinin desteklenmesi, sediment taşınımının azaltılması ya da taşınan fazla sedimentin uygun yerlerde depolanması amacıyla yapılan tek ya da bir dizi yapıyı,

Kret: Baraj, gölet ve sel kapanlarının tepe noktası veya savak, dolusavak gibi yapılar üzerinden suyun aktığı noktayı,

Meskûn mahal: İl, ilçe, kasaba, köy, mezra gibi insanların sürekli veya geçici olarak bulundukları; yol, su, elektrik, ulaşım, kanalizasyon, çevre aydınlatması gibi kamu hizmetlerinden istifade ettikleri toplu hayat alanları ve bu alanların bitiminden itibaren beş yüz metre mesafedeki alanları,

Muhtemel maksimum feyezan: En büyük yağış ve maksimum yüzey akışı oluşturacak bütün faktörlerin bir araya gelmesiyle oluşabilecek en büyük taşkını,

Mücavir alan: İmar mevzuatı bakımından belediyelerin kontrol ve mesuliyeti altına verilmiş olan alanları,

Oyulma derinliği: Hidrolik sebeplerle akarsu yatağında meydana gelen taban oyulmasının derinliğini,

Pürüzlülük katsayısı: Bir mecra veya yatak içindeki akımın ortalama hızını hesaplamak için su akımındaki enerji kayıplarına sebep olan temas yüzeyinin pürüzlülüğünü ifade eden katsayıyı,

Sedde: Taşkın sularına karşı koruyucu tedbir maksadı ile bir akarsu boyunca inşa edilmiş olan suni dolguyu,

Sediment (rüsubat): Oluştuğu yerden çökeldiği yere kadar suda asılı halde veya tabanda sürüntü maddesi olarak su tarafından taşman katı maddeleri,

Sel: Şiddetli yağışların ardından yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda sediment taşıyan su kitlesini,

Sel kapanı: Taşkın sularını rezervuarda geçici olarak depolayarak, belirli bir zamanda oluşan taşkın akımını daha uzun bir zamana yayarak öteleyen ve bu sayede mansaptaki emniyetli yatak kapasitesi kadar çıkış debisi sağlayan alçak barajları,

Taban kuşağı: Tabii akarsu yatakları içinde malzeme hareketinin durmadığı ve mansaba intikalinin devam ettiği durumlarda, akarsularda belirli bir denge eğimi oluşturarak hareket eden malzemeyi durdurmak, önceki yıllarda birikmiş sedimentin oyularak mansaba taşınmasını önlemek ve bu sedimenti yerinde tutarak kıyı oyulmaları ve yatak kesitlerinde oyulmaları önleyip, geniş yataklarda düzenli bir akım sağlamak amacıyla inşa edilen enine yapıları,

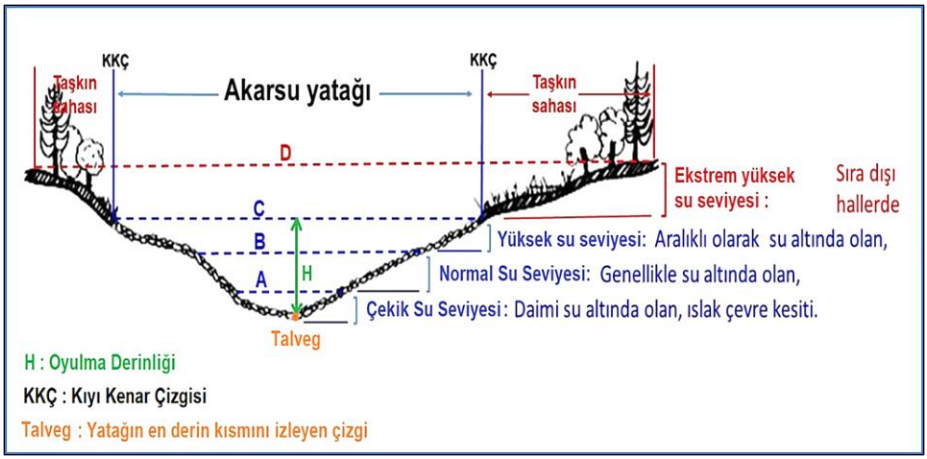
Talveg: Akarsu yatağının en alçak kısmını takip eden, genel olarak yatağın en derin kısmını izleyen çizgiyi,

Taşkın: Bir akarsuyun muhtelif sebeplerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, alt yapı tesislerine ve canlılara zarar vermek sureti ile tesir bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturmasını,

Yatak düzenlemesi: Mahmuz, brit, şüt, duvar, sedde, taş tahkimat, rip-rap, gabion şilte, pere kaplama, prefabrik kaplama, endüstriyel kaplama ve endüstriyel donatı ile canlı iksa ve benzeri yapı ve tedbirler veya kombinasyonlarıyla yatak plan profil ve enkesit düzenlemelerinin yapılması veya tabii yatakta onarıcı ve koruyucu tedbirlerin alınmasını, ifade eder. [1]

2. SEL

Akarsu: Bir havzanın tabii olarak drenajını sağlayan dere, çay, ırmak oluşumlarının genel adını ifade eder.



Şekil 1: *Sürekli akışa sahip bir akarsuyun su seviyeleri standart sınıflandırması;*

(A) Bir akarsuyun en alçak su seviyesi; sürekli akışa sahip bir akarsuyun en düşük debisine ait su seviyesidir.

(B) Normal su seviyesi; bir akarsuyun istatistiksel olarak en çok tekrarlanan su seviyesidir.

(C) Yüksek su seviyesi; akarsuyun istatistiksel olarak yıl içinde zaman zaman tekrarlanan en yüksek su seviyesidir.

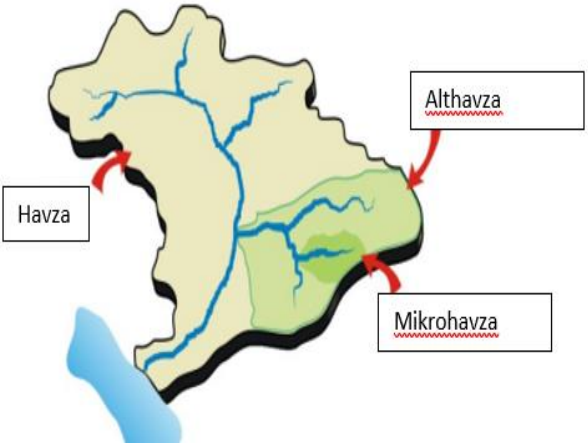
(D) Ekstrem yüksek su seviyesi; frekansı çok düşük olan, sıradışı hallerde gerçekleşen, akarsu boyunca yer alan kara ortam koşullarının (vejetasyon, toprak, yerleşim alanları) hakim olduğu, az eğimli, düz ve düze yakın sahaları işgal eden su seviyesidir (Taşkın su seviyesi). [2]

Sel; çoğunlukla şiddetli yağışların ardından yan derelerden ani olarak gelen ve fazla miktarda katı materyal (asılı yük ve yatak yükü halinde taşıntı) içeren büyük su kütlesini ifade eder.

Seller çoğu durumlarda şiddetli sağanak yağışlar sırasında toprağın infiltrasyon kapasitesinin aşılması sonucunda oluşmaktadır.

“Dağlardan aşağıya hızla akan seller endüstri tesislerini, hidroteknik yapıları, demir ve karayollarını ve hatta bazı durumlarda bütün bir yerleşme alanını tahrip edebilirler; baraj ve göletleri taşıntı materyaliyle doldurur, verimli arazilere, tarım alanlarına ve yerleşim yerlerine zarar verir, zaman zaman da insan ve hayvanlarda can kaybına yol açarlar. Hemen her yıl yurdumuzun çeşitli bölgelerinde böyle sel olaylarıyla karşılaşılmakta ve kuşkusuz sellerin ulusal ekonomi üzerinde çeşitli yönlerden çok önemli ve olumsuz etkileri olmaktadır” [3]

“**Havza:** Üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine göre belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayrım çizgisiyle ayrılan alan, hidrolojik, topoğrafik bir ünite olarak tanımlanabilir.” [4]



Şekil 2a: *Havza*

Havzalar üç ana bölgeye ayrılmaktadır. En yüksek noktasını oluşturan bölge yukarı havzadır ve genellikle dağlık alanları içerir. Bu bölgeler, yağışın başladığı ve suyun harekete geçtiği bölgelerdir. Orta havza, üst havzadan gelen akarsuların birleştiği ve daha büyük nehir sistemlerini oluşturduğu alandır. Bu bölge, suyun biriktiği ve taşkın düzlüklerinin oluştuğu yerdir. Son olarak, alt havza, orta havzadan gelen büyük nehirlerin sonunda ulaştığı ve tatlı suyun denize döküldüğü bölgeyi ifade eder. [5]



Şekil 2b: *Havza*

2.1 Sel Oluşumunda Etkili Olan Faktörler

Sel oluşumunda etkili olan temel faktörler klimatolojik-meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik (yapı ve yeryüzü şekilleri) özellikler ile toprak özellikleri, bitki örtüsü ve insandır.

a-İklim

Bir yerin yağış özelliklerini; *yıllık toplam yağış miktarı, yağışın aylara ve mevsimlere dağılışı, cinsi ve şiddeti* belirlemektedir. Ancak beklenen zamanda, yerde ve miktardaki yağış dışında meydana gelen ani ve uzun süreli sağanak yağışlar, kısa zamanda büyük su kütlesinin, yamaçlar ve/veya akarsu yatakları boyunca, kontrolsüz biçimde akışa geçmesi ile akarsu yataklarında taşkına ve yamaçlarda sele neden olmaktadır.

Sıcaklıkta meydana gelen ani yükselmeler, özellikle ilkbahar döneminde bir yandan buharlaşmanın artmasına, biryandan da kar ve buz erimelerine sebep olur. Böylece, kısa zamanda ortaya çıkan büyük su kütleleri, ani sel (flash flood) olayının meydana gelmesinde önemli bir etkendir. Bu bakımdan yağış ve sıcaklık değerlerindeki ani ve olağan dışı artışlar seli meydana getiren olayların başında gelmektedir. Örneğin Karadeniz bölgemizde sıcaklığın artışına paralel olarak akım da artmaktadır. Bu bölgede en yüksek akımlar, yağışın azaldığı ve sıcaklığın yükseldiği mayıs ayında görülmektedir. Düşük akımlar ise yağışın arttığı ancak kar şeklinde düştüğü kış aylarındadır. İç bölgelerimizde ise en yüksek akımlar, karların eridiği ilkbahar dönemine rastlamaktadır [6],[7]

b-Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler

Bir havzadaki kayaçların cinsleri, geçirgenlik ve aşınmaya karşı gösterdikleri direnç durumları ile havzanın şekli, yüksekliği ve eğim özellikleri, dağların uzanışı ve bakı özellikleri, drenaj şartları gibi daha birçok özellik, sele karşı duyarlılığının artmasına veya azalmasına neden olur.

Gözenekleri nedeniyle geçirgenliği fazla olan kayaçların bulunduğu yerlerde sızmanın fazlaca meydana gelmesi, yüzeysel akışın azalmasına, dolayısıyla sel şiddetinin ve riskinin de azalmasına neden olur. Geçirimsiz kayaçların olduğu yerlerde ise, yağışlardan ve kar erimelerinden kaynaklanan suların çok büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçeceği için sel olayı daha sık ve şiddetli görülür. Toprağın bünyesi ve yapısına bağlı olan sızdırma kapasitesi de sel olayı bakımından büyük önem taşır. Gözenekliliği fazla, organik madde bakımından zengin toprakların sızdırma kapasitesi yüksektir. Sızma, toprak doygun hale gelene kadar devam eder. Bundan sonra yağışlardan kaynaklanan sular yüzeysel akışa geçer ve sellenme meydana gelir. Sızma kapasitesinden az olan yağışlar, yüzeysel akışa geçemez (Atalay,1986). Ayrıca, toprak neminin yüksek olması toprağın emme kabiliyetini azaltarak yüzeysel akışı hızlandırır. Buna karşılık toprak neminin azaldığı yerlerde, sızma olayı kuvvetlenir, sel riski daha azalır.

Eğimi fazla yamaçlara sahip bir havzada, ani sağanaklar ve ani kar erimelerinin ardından yüzeysel akışa geçen su miktarı artar. Akımda hızla yükselmeler olur ve yamaçları kaplayarak akan sular sel oluşturur. Havzanın uzunluğuna bir şekli varsa, yan kolların taşıdığı fazla sular farklı zamanlarda havza tabanına ulaşacağı için akımda ani yükselmeler daha az meydana gelir ve sel riski azalır. Buna karşılık dairemsi şekle sahip havzalarda yan kolların hemen hemen aynı zamanda havza tabanına ulaşması, sel riskini artırmaktadır.

Yamaç eğimi az olan su toplama havzalarında, suların akış hızı azalmakta, uygun zeminli alanlarda sızma daha çok gerçekleşmekte ve buharlaşma daha çok olmaktadır. Böyle alanlarda akım yavaş yavaş yükseldiği için sellenme riski diğerlerine oranla daha azalmıştır. Dağların nemli rüzgârlara açık yamacı diğer yamacına göre daha fazla yağış alır. Bu bakımdan bakı, sellenmenin meydana gelmesi açısından önemli bir unsur olarak karşımıza çıkar [6]

c-Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü yönünden zengin olan yerlerde, özellikle çayır ve ormanlarla kaplı alanlarda toprak, daha gözeneklidir. Ağaç dalları ve yaprakları, yağışın toprağa ani inişini engeller. Bitki gövdeleri ise, yüzeysel akışın hızını azaltır. Dolayısıyla sızma oranı artmakta ve sel riski azalmaktadır. Buna karşılık bitki örtüsü yönünden fakir olan yerlerde özellikle sağanak yağışların hemen ardından sellere daha sık rastlanmaktadır. [6]

Sel baskınları ve taşkınlardan korunmak için her şeyden önce, doğal bitki örtüsünün, özellikle de ormanların korunması gerekir. Ağaçlar, yağmurun hızını keser, sular toprağın yüzünde birikmez ve sel oluşumuna yol açmaz. Ayrıca ağaç gövdeleri suyun yamaçtan aşağıya hızla akmasını önler. Suyun hızını kesmek için yamaçların teraslandırılması, akarsu yataklarına setler yapılması ve göletler oluşturulması alınacak önlemler arasındadır. [8]

Ormanlardaki ağaçlar tepe taçlarıyla toprağı gölgeleyerek yaz sıcaklığını 5-8,5 °C düşürürken kışın ise 1,6-2,8 °C artırabilirler. Yerleşim yerlerini ve tarım alanlarını, soğuk havanın ve rüzgârın zararlı etkisinden, hava değişimlerinden koruyan ve bağıl hava nemini yükselterek bulunduğu yerin iklimini iyileştiren yine ormanlardır. Ormanlardaki ağaçların tepe taçları aynı zamanda yağmurun hızını keserek suyun damlayarak toprağa ulaşmasını sağlarlar.

Orman topraklarının humusça zengin olması nedeniyle bu suyun neredeyse tamamı topraklara sızar. Çünkü hem humus hem de ağaçlardan dökülmüş ve çürümüş yapraklar suyu sünger gibi emer. Böylece su toprak üzerinden akışa geçmez ve hem erozyon hem de seller önlenmiş olur. Toprak içinde sızan su ise toprağın kil bölümü tarafından filtrelenerek temizlenir ve akarsulardan temiz su akmış olur. Ormanların bu faydasına su temizleme hizmeti adı verilmektedir. [9]

d-İnsan Etkileri

İnsanların teknolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel etkinliklerinin selin afete dönüşmesinde ve kendisine zarar verebilecek hale gelmesi üzerinde çok önemli rolü vardır. İnsanların çeşitli faaliyetleri için sele duyarlı alanları tercih etmeleri, selin afete dönüşmesi yönünde etkili olmaktadır.” [7]

e-Hidroloji

Yağışlar su döngüsünde önemli bir yere sahiptir. İklim değişikliğine bağlı küresel ortalama sıcaklık artışı yağış rejimlerinde değişikliklere neden olmaktadır [10]. İklim değişikliğiyle birlikte arazi kullanımındaki değişiklikler hidrolojik döngüyü değiştirmekte ve su kaynaklarında hem zamansal hem de bölgesel farklılıklara sebep olmaktadır [11].

Küresel ortalama sıcaklık artışları nedeniyle bazı bölgelerde yüksek buharlaşma ve rüzgâr düzenlerinin değişimi kuraklığa yol açarken, bazı bölgelerde şiddetli yağışlara bağlı olarak ani sel baskınlarına sebep olabilmektedir. [12] Sıcaklıklardaki artış atmosferin nem tutma kapasitesini arttırarak hidrolojik döngüyle beraber yağışların mevsimsel dağılımında, süresinde ve şiddetinde değişikliklere neden olmaktadır [13] Bu durum toprağın nem tutma kapasitesi, yüzey akışı ve yeraltı sularının miktarında değişimlere yol açmaktadır. [13] [14]

2.2 Sel ile Mücadelede Genel Prensipler

Yeryüzüne ulaşan yağışın toprağa girmesi, toprak içinde aşağılara sızarak derelere ve kaynaklara ulaşması olgusunda ormanlar önemli bir etkiye sahiptir. Toprak gibi bir ortamdan geçmeden yüzeysel akışla derelere ulaşan sular yüksek akımlar şeklinde sel oluşturarak ortamdan uzaklaşırlar.

Sel kontrolü çalışmaları, her türlü doğa olaylarına açık, uzun vadeli, pahalı ve emek isteyen çalışmalardır. Bu sebeple yer seçiminden başlayarak çalışmaların büyük bir titizlikle yapılması zorunludur. Islah çalışmalarında; arazi sağlıklı bir şekilde etüt edilerek en ekonomik, başarı şansı en yüksek önlemler üzerinde durulmalıdır.

Türkiye'de sel ve erozyon kontrolü çalışmalarında öncelikli olarak sel havzaları koruma altına alınmalıdır. Su toplama havzalarının yukarı kısmında bulunan ormanlar ve bozulmuş mera alanları, mevcut vejetasyon korunarak ıslah edilmeli ve doğal bitki örtüsünün yeniden oluşması sağlanmalıdır.

Bir su havzasında sel önlemede en etkili ve kalıcı yöntem su toplama bölgesindeki toprak-su-bitki arasındaki doğal dengeyi yeniden tesis edecek önlemlerin alınmasıdır.

Yukarı havzalarda sel kontrolü için alınacak yamaç ve oyuntu ıslahına ait önlemleri içeren havza bazlı "Yukarı Havza Sel Kontrol Uygulama Projeleri" , proje uygulamaları ve bu tesislerin bakımı OGM tarafından yapılacaktır.

Yukarı havzalarda yatakta sellere, aşağı havzalarda taşkınlara karşı koruyucu tesisler meydana getirmek, dere yataklarında ıslah çalışmaları yapmak, drenajlarını elverişli hale getirmek ve yapılan tesislerin işletmelerini (çalıştırma, bakım ve onarım) sağlamak gibi, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılmakta olan bu çalışmalara devam edilecektir.23Ağrı- Doğubeyazıt

3. SEL KONTROL ÇALIŞMALARI

Sel Kontrol çalışmaları 3 başlık altında toplanacak olursa;

a) İdari Önlemler

Doğal dengenin bozulmasına yol açan müdahalelerinin durdurulmasına yönelik önlemlerdir. Sellerin asıl sebebi, toprak-su ve bitki arasındaki doğal dengenin bozulmasına yol açan yanlış insan müdahaleleri olduğundan, uygulamaya konacak projelerin halk tarafından benimsenmesi ve desteklenmesine yönelik çalışmalar, bu tür önlemleri hedeflemektedir.

Sel, çığ ve heyelan tehlikesi olan bölmeler belirlenerek amenajman planlarına işlenmeli ve müdahaleler bu duruma göre planlanmalıdır.

b) Kültürel Önlemler

Bitki örtüsü tesis etmek veya mevcut bitki örtüsünü geliştirmek yoluyla selleri azaltmayı hedefleyen yapılardır. Havzada yapılan ağaçlandırma, örtü geliştirme, otlandırma, mera ıslahı çalışmaları, taban oyulmasının olmadığı, fazla sediment taşımayan dere yataklarının, yöreye uygun bitki türleriyle ağaçlandırılmasını amaç edinen çalışmalardır.

c) Mekanik Önlemler

Yamaç, oyuntu ve mecra ıslahına yönelik yapısal faaliyetlerdir.

c.1 Oyuntu ve Ana/Yan Sel Deresi ıslahı önlemleri

1. **Çevirme hendekleri (Saptırma Kanalları)**
2. **Boşaltma Kanalları (Su yolları)**
3. **Sınai Tesisler (Enine Yapılar)**

3.1. Oyuntudaki Enine Yapılar

1. Kuru Duvar Eşikler
2. Miks Eşikler
3. Toprak Eşikler
4. Örme Canlı Eşik
5. Çalı Demetli Canlı Eşikler
6. Çalı Demetli Toprak Eşikler
7. Ahşap Eşikler
8. Gabion Eşik (Tel Kafes, Sandık, Fildöfer)
9. Delikli Saç Levha Eşikler
10. Galvanizli Kafes Tel Eşikler
11. Çuvallı Seddeler
12. Taş Pere Kaplama

3.2. Ana/Yan Sel Deresindeki Enine Yapılar

1. Islah Sekileri
2. Tersip Bentleri
3. Sel Tırmığı
4. Çelik Moloz Bariyeri
5. Taban Kuşakları
6. Britler

4. **Ana/Yan Sel Deresindeki Kıyı Güçlendirmesi Tesisleri**

1. Kıyı Duvarları
2. Taş Dolgu ve Anroşman
3. Mahmuzlar

4. OYUNTU VE ANA/YAN SEL DERESİ ISLAH TESİSLERİ

Oyuntu, aralıklı olarak aniden gelen sel sularının oluşturduğu, dik kenarlı ve aşındırılmış bir suyolu olarak ifade edilir. Oyuntu özellikle, bitki örtüsü açısından zayıf olan, kurak ve yarı kurak eğimli arazilerde çok sık görülür.

Oyuntulardan taşınan sediment, tarım alanlarında verimi azaltır. Sulama suyu kanallarını, göletleri doldurmak ve tarım alanlarını parçalara bölmek suretiyle ekonomik zararlara neden olur. Ayrıca oyuntu, bitişiğindeki tarım alanlarının rutubetini azaltır, arazi kısa zamanda kuraklaşarak ürün değerinde azalma olur.

Yüzey erozyonu devam etmesi halinde önce oluk daha sonra da oyuntu erozyonuna dönüşür. Yüzeyden akan sular kanalize olunca oyulmalar meydana getirir ve böylece oyuntu erozyonu başlamış olur. Bir sel deresinde oyuntu erozyonuna maruz bulunan araziler, havza içinde pek fazla bir miktarda değilse veya oyuntu erozyonu ile oluşan sediment miktarı havzanın tümünden gelen sediment miktarına oranla pek fazla değilse, bu arazilerde oyuntu erozyonunu önlemek için yoğun önlemler alınmasına gerek yoktur. Oyuntu erozyonu için alınacak önlemler yamaç ıslahı için alınacak diğer önlemlerden (yüzey erozyonuna karşı alınacak önlemlerden) ayrı düşünülemez.

Yamaç ıslahının tümü kendi içinde değerlendirilir. Doğal dengenin bozulduğu bir yağış alanında, bu dengeyi yeniden sağlayacak kültürel önlemler alınmaksızın yalnızca oyuntuların düzenlenmesine dönük önlemlerle bir oyuntu ıslahının gerçekleşmesi de beklenemez. Bir kere havzada kararlı dengenin bozulması halinde oyuntuyu eski durumuna getirmek teknik yönden zor ve pahalıdır. Genel olarak, oyuntu erozyonunun başlamasını önlemek için yapılan masraflar ıslahı için yapılandan daha az ve ekonomiktir.

Oyuntuların çeşitli zararları vardır. Toprağın yerinden sökülüp taşınmasını kolaylaştırdığı için oyuntular, yüzeysel erozyonu artırır. Oyuntunun sathı daha geniş olduğu için drenaj hendeğinden daha fazla su kaybına sebep olur. Bu nedenle, oyuntu araziyi drenaj hendeğinden daha hızlı kurutur. Bu durum, yağışı az olan bölgelerde çok önemlidir. Ayrıca, araziyi derin hendeklerle bölerek kullanımını zorlaştırır.

Sonuç olarak, oyuntu erozyonuna karşı alınacak önlemlerin, yüzey erozyonunu önleme çalışmaları ile birlikte düşünülmesi halinde beklenen sonuç alınabilir. Bu nedenle, oyuntu erozyonu ile mücadele önlemlerinden söz edilirken, yüzey erozyonu ile mücadele çalışmalarının yapılacağı kabul edilmiştir. Oyuntuların

ıslah edilebilmesi için oyuntunun su toplama alanının büyüklüğü, oyuntunun genişliği, derinliği, eğimi, bitki örtüsü durumu, su akış miktarı incelenmelidir.



Fotoğraf 1: *Eğimin Düşük, Taban ve Yan Oyulması Olmayan Küçük Oyuntularda Sınai Tesislere İhtiyaçOlmadan Yapılan Bir Ağaçlandırma, Oyuntu Islahı İçin Yeterlidir. Şahsuvar - Elazığ – 1992*



Fotoğraf 2: *Eğimin Düşük, Taban ve Yan Oyulması Olmayan Küçük Oyuntularda Sınai Tesislere İhtiyaç Olmadan Yapılan Bir Ağaçlandırma, Oyuntu Islahı İçin Yeterlidir. Aynıyer, Şahsuvar - Elazığ - 2002*

Genellikle ormancılıkta ve tarımda uygulanan erozyon ve sel kontrolü, toprak muhafaza ve mera ıslahı faaliyetleri, havzaya düşen maksimum yağışın tutulmasını ve yağış sonucu oluşan yüzeysel akışı kontrol edebilmektedir.

Bu konuda ağaçlandırmalarda kullanılan emdirici ve akıtıcı teraslar, tarımda kullanılan teraslar ve ot gelişimini sağlayan mera rehabilitasyonu gibi çeşitli uygulamalar oyuntulara gelecek aşırı suyun azaltılmasında sebep olacak ve oyuntularda yapılacak sınai tesislerin yapımını da azaltacaktır.

Özellikle kurak ve yarı kurak havzalarda, eğimin az olduğu küçük ve orta büyüklükteki oyuntularda, oyuntuya gelen yüzeysel akış miktarı daha az olacağı için büyük oranda oyuntu kontrolüne de ihtiyaç olmayacaktır. Sahanın korumaya alınması halinde hiçbir masraf edilmeden doğal bitki örtüsü kısa sürede sahayı kaplayacaktır. Bu nedenle çevre şartları uygun olması halinde daha masraflı olan biyolojik veya sınai tesislerden önce sahanın doğal yolla vejetasyonla kaplanması beklenmelidir.

Bilindiği gibi bitki, toprağın aşınmasına karşı bir direnç gösterir. Ayrıca su akış hızını azaltarak toprağın taşınmasını azaltır. İyi bir sıklığa, derin ve sık kök oluşumuna sahip olan ve fazla boylu olmayan bitki türleri, mekanik önlemler alınmadan da eğimin az ve orta büyüklükteki oyuntularda, yatak eğiminin kontrolünü genellikle sağlamaktadır. Bu açıdan bitki örtüsünün etkinliği; yatak eğimine, oyuntuya gelen su miktarına ve suyun hızına bağlı olarak değişmektedir.

Oyuntu kontrolünde çeşitli sınai tesisler yerine bitki ile kontrol daha çok arzu edilmelidir. Ancak her oyuntunun tabanında bitki yetiştirmeye uygun toprak şartları da bulunmayabilir. Böyle yerlerde su hızının azaltılması ve selin önlenmesi açısında düşü yapılarının tesis edilmesi zorunlu olabilmektedir.

Oyuntuda taban ve yan oyulmaların olması, oyuntu yan yüzeyinin çok dik olmaması, oyuntu eğimin az ve toprağın uygun olduğu küçük ölçekteki oyuntularda bitki tek başına kullanılır. Ancak bitkiler, oyuntu içerisindeki su akımına engel olmayacak yani suyun yönünü kenarlara doğru değiştirerek kenarlarda oyulmalara sebep olmayacak şekilde dikilmelidir. Bitkiler, oyuntu içerisinde tesis edilen enine yapıların korunmasında ve toprak taşınmasının azaltılmasında enine yapılara yardımcı olması şeklinde de kullanılır.

Oyuntu kontrolünde birinci öncelik, uygun olan yerlerde sadece bitki ile ikincisinde ise kafes tel eşik, kuru duvar eşik, miks eşik, şiddetli akışların olduğu yerlerde harçlı eşiklerin bitki ile kombine edilmek suretiyle ıslah edilmesidir.

Oyuntu Islahında Yapılacak Önlemler Sırasıyla;

- Havzaya düşen yağışın toprakta erozyona sebep olmayacak şekilde tutulması, yüzeysel akışın toprağa geçişinin sağlanması ve azaltılması amacıyla yönetimsel, kültürel ve teknik önlemler,
- Teknik ve kültürel tedbirlerin alınamadığı ve aksine maksimum yüzeysel akışın görüldüğü yerlerde aşırı suyun oyuntudan uzaklaştırılması ve böylece oyuntu başının ilerlemesini yavaşlatan veya durduran teknik önlemler,
- Oyuntulara gelen yüzey sularının oyuntu içerisinden güvenli bir şekilde taşınması için gerekli kültürel ve sınai tesisler.

Yukarı Havza Oyuntularında Alınacak Önlemler

Su toplama bölgesinde yapılacak erozyon kontrolü çalışmalarında oyuntu erozyonu için alınacak önlemler çalışmaların en etkili bölümünü oluşturmaktadır.

Su toplama bölgesinde yapılacak çalışmaların amacı ise;

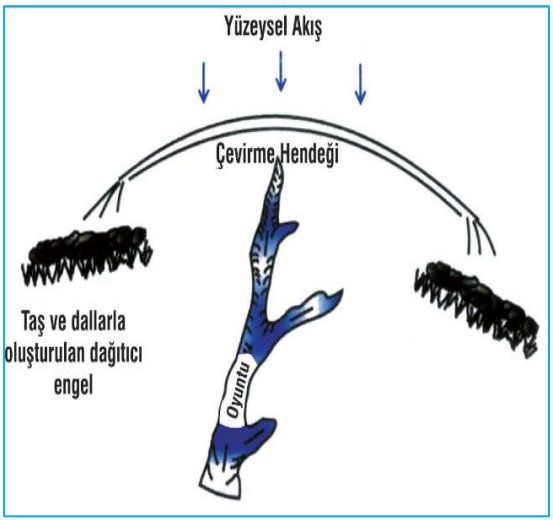
- Tabanı ve yamaçları sağlamlaştırmak,
- Olabildiği kadar yamaçlardaki yüzeysel akışı önlemek, toprağın dere yatağına taşınmasını durdurmak,
- Nehir/Ana dereye giden su ve materyal miktarını azaltmak,
- Toprağın taşınmasını durdurarak, havzanın verim gücünü korumak veya yükseltmek.

Su toplama havzasında alınacak önlemler; yamaçlarda alınacak önlemler ve dere yatağında alınması söz konusu olan önlemler olarak iki bölümde değerlendirilebilir. Yamaçlarda, daha çok, ağaçlandırma, otlandırma ve otlak ıslahı gibi bitki örtüsünü güçlendirmeye dönük çalışmalar ağırlık kazanmaktadır. Dere yatağı ıslahında ise genellikle sınai tesisler söz konusudur.

Genel bir kural olarak su toplama bölgesinde yamaç arazide alınacak önlemlerle (ağaçlandırma, teraslama, otlandırma vs.) yüzeysel akım tamamen önlenecek ve dere tabanında oyulma söz konusu olmayacaksa, 0,30-1,30 metre derinliği olan sel dereciklerinde sınai tesis yapılmasına gerek kalmaz; ancak, bu dere içlerinin de uygun tür ve yöntemlerle ağaçlandırılması veya otlandırılması gerekir.

Su toplama havzasında yüzeysel erozyonu önlemeye dönük önlemlere karşın, yağışlar sonunda derelerden akan sular oyulma ve taşınmalara neden olacaksa, dere yataklarının mekanik ve bitkisel önlemlerle stabil hale getirilmesi gereklidir. Bir dere yatağı enine sınai yapılarla sağlamlaştırıldıktan sonra, bitkisel önlemlerle güçlendirilmelidir.

4.1 Çevirme Hendekleri (Saptırma Kanalları)



Oyuntu ıslahı yapılacak yerlerde, oyuntuda toplanan suların geldiği alanda yüzeysel suların tutulması için teras, vb. tesis yapılması söz konusu değilse, bu suların oyuntu alanına gelmeden akıtıcı bir hendekte toplayarak bir boşaltma kanalına veya bir dereye akıtılması gerekmektedir.

Şekil 3: *Çevirme Hendeği Şematik Görünüşü*

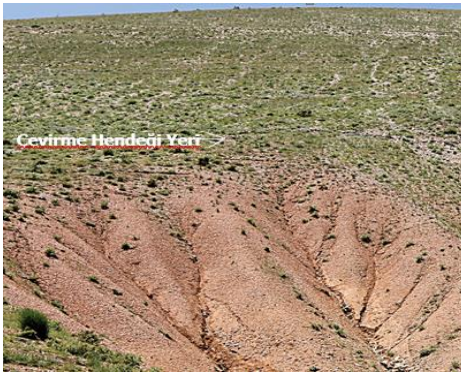
Bu nedenle, oyuntuya gelen yüzeysel sular, oyuntu içine girmeden, oyuntunun memba kısmının üzerinden bir kanal ile başka bir alana akıtılır. Saptırma kanalı (veya Çevirme Hendekleri) olarak adlandırılan bu kanallar, 2-4 dekar yağış alanına sahip oyuntularda başarı ile kullanılmaktadır. Çevirme hendekleri, yalnızca oyuntuya gelen suları önlemek için kullanılmaz. Bu kanallar, fazla yüzeysel suların ve sedimentin zararlarından herhangi bir sınai tesisi veya tarım arazilerini korumak için de tesis edilirler.

Yüzeysel akışa geçen suları toplayarak akıtan kanallardan (çevirme hendeklerinden) gelen suları toplayan dere veya boşaltma kanallarının suları bir gölette toplanıyorsa bu sulardan sulama suyu olarak da yararlanılabilir.

Tesis Amacı:

Çevirme hendekleri farklı koşullarda, değişik amaçlar için kullanılan mekanik toprak koruma önlemleridir.

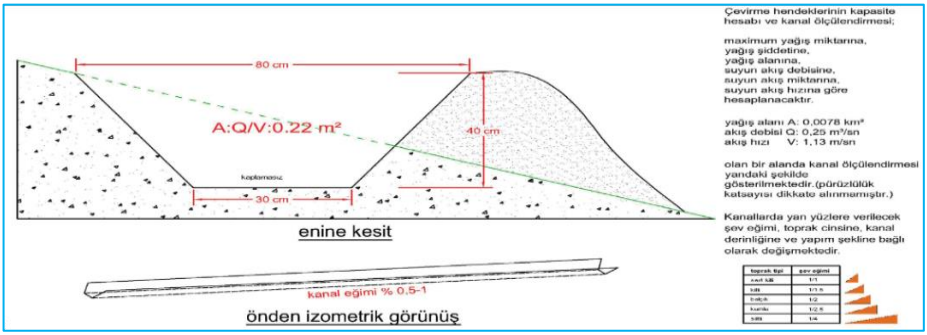
- Aktif durumdaki bir oyuntuya gelen yüzeysel akışın veya yeraltı sularının yönünü değiştirerek erozyonu ve sel oluşumunu önlemek,
- Oyuntu sisteminin drenaj alanında, şerit ekimi yapılan yamaçlarda, yamaç boyunu kısaltmak ve fazla yüzeysel suları güvenli yerlere yönlendirmek,
- Bina, yol, sulama kanalları vb. tesislerin yüzeysel akış ve erozyondan zarar görmesini önlemek,
- Yüzeysel suların belli alanlarda ve özellikle otlaklarda kontrollü bir şekilde yayılmasını sağlamak,
- Teraslanmış yamaç araziyi, aşırı yüzeysel akışın zararından korumak,
- Verimli taban arazilerini siltasyon ve taşkın zararlarından korumak amacı ile yamaçtaki küçük yan dereciklerde oluşan taşkın sularını güvenli yerlere yönlendirmek.



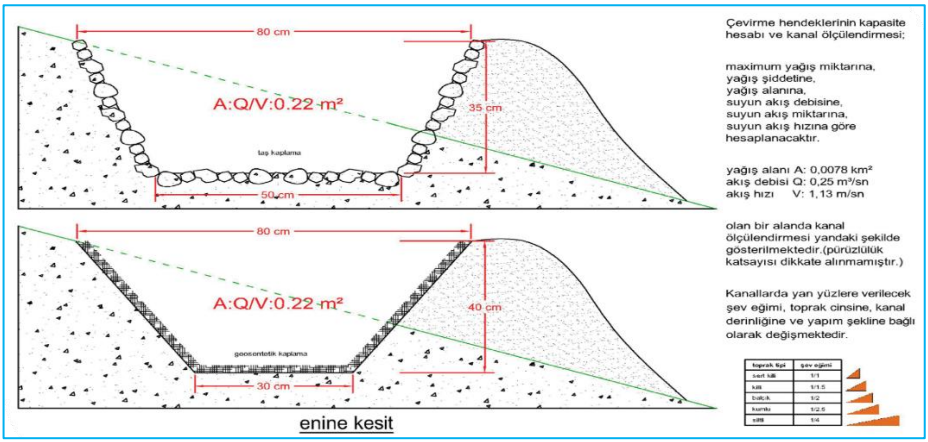
Fotoğraf 3: *Çevirme Hendeğinin Yapılacağı Arazi,*



Fotoğraf 4: *Kaplamasız Çevirme Hendeği*



Şekil 4: *Kaplamasız Çevirme Hendeği, Şematik Görünüşü*



Şekil 5: *Taş Kaplama ve Geosentetik Kaplamalı Çevirme Hendeği, Şematik Görünüşü*



Fotoğraf 5: *Taş Kaplamalı Çevirme Hendeği, Korkuteli- Antalya*



Fotoğraf 6: *Taş Kaplamalı Çevirme Hendeği*

Çevirme hendeklerinin kapasite hesabı ve kanalın boyutlandırılması, oyulma yapmayacak su hızının ve uzunluğuna eğimin bulunması eğimli terasların planlamasında olduğu gibidir. Hendekten akan su hızı fazla olursa oyulmalara neden olabilir, su hızı düşük olduğu zaman da kanalda siltasyon birikmesi olabilir. Çevirme hendeklerinin eğimi belirlenirken bu iki faktör dikkate alınmalıdır.

Bitki örtüsü ile kaplanmamış sığ toprak kanallarda en yüksek eğim %1 olmalıdır. Sürekli bitki örtüsü ile korunan kanallarda ise bu eğim %2-3 olabilir.

Çevirme hendeklerinin sularının boşaldığı alanlarda veya derelerde oyulmalara neden olmamasına dikkat edilmelidir. Çevirme hendeklerinden gelen sular düz bir alana boşalacaksa arazi kayalık, çayırlık veya çalılık olmalıdır. Sular bir derede toplanacaksa yine dere yatağının oyulmaya karşı sağlam bir yapıya sahip olması gerekir. Aksi halde, mecra stabilizasyonu önlemleri alınması gerekir.

Bu özelliklerde arazi veya dere yatağı bulunamaz ise suyun yayılacağı arazinin çeşitli materyal (taş, dal, fildöfer ya da bu materyallerin karışımı) ile korunması gerekir. Hendek suları doğrudan bir gölete boşalacaksa bu önlemlere gerek yoktur.

Çevirme hendeklerinin tesisinde dikkat edilecek hususlar;

- 10 yıllık maksimum yağışların erozyon oluşturmadan akmasının sağlanması için çevirme hendeğinin boyutları belirlenmelidir.
- Saptırma kanalı üstünde sediment üreten bir alan varsa, bu alanın kültürel ve mekanik toprak koruma önlemleri ile kontrol edilerek, saptırma kanalının dolması önlenmelidir.
- Çevirme kanalı üstündeki alana devamlı bir yeşil örtü getirilmesi mümkün değilse, o zaman kanalın kapasitesi oluşacak yüzeysel akış ve sediment taşıyacak ve tutacak şekilde artırılmalı ve ayrıca mümkün olan diğer sediment azaltıcı önlemler alınmalıdır.
- Erozyon kontrolü için teraslanması gereken yerlerde, çevirme kanalları, teraslamanın yerine bir alternatif olarak düşünülmemelidir.
- Oyuntu başının kontrolü için düşünülen çevirme hendekleri, oyuntu başının göçmeyeceği stabil bir alanın oluşabileceği kadar yukarıda bir uzaklıkta inşa edilmelidir.

4.2 Boşaltma Kanalları (Su Yolları)

Yüzeysel su akışını aşağıya taşımak üzere tasarlanan, içinde su akış hızını azaltmak ve yatağının aşınmasını önlemek amacıyla yatakta çeşitli koruma önlemleri alınan kanallardır.

Boşaltma kanalları, toprak koruma sistemi içerisinde, eşyükselti eğrilerine paralel tarım alanlarında, teraslı arazilerde, çevirme teraslarda ve sulanan sahalarda, yüzey akış sularını, erozyon olmayacak bir hızla, uygun bir boşaltma noktasına taşıyan tesislerdir. Suyollarının boyutları 10 yılda gelmesi olası en yüksek maksimum yağışa göre hesap edilmektedir. Suyolları daha çok yağışın fazla ve sık, yüzeysel akışın yüksek, nemli bölgelerdeki sahalar ile toprak infiltrasyon kapasitesinin düşük, ağır topraklı, yüzeysel akışın fazla olduğu yarı kurak sahalarda kullanılır.

Suyolları akış halindeki suyun olası aşınma ve oyulmaları önlemek için otlandırma yapılabilir. Ekim yoluyla yapılacak otlandırmalarda bölgede doğal olarak bulunan ve yayılma özelliği olan gramine (buğdaygil) ve Legüminözler (baklagil) kullanılabilir. Korumaya alındıktan sonra kendiliğinden yeterli ot örtüsü gelebilecekse ekim yöntemi ile otlandırma yoluna gidilmemelidir. Düşük eğimli ve geniş tabanlı boşaltma kanallarının enine şeritler halinde otlandırılması ile boşaltma kanalının oyulması önlenebilir.

Boşaltma kanallarının bitki örtüsü ile güçlendirilmesi, yapılan eşiklerin etkisini artırır. Bazen canlı barajlar veya otlandırmalar da boşaltma kanallarının oyulmasını önleyebilir.

Eğimi az ve geniş tabanlı boşaltma kanallarının enine şeritler şeklinde otlandırılmasıyla da kanalın oyulması önlenebilir. Bu şekilde sağlamlaştırılan kanal birkaç yıl sonra tamamen otlanarak otlu kanal oluşmuş olur.

Tesis Amacı

- Teraslama yapılan veya herhangi bir toprak koruma önlemi alınmış bulunan yamaçlarda meydana gelebilecek yüzeysel akış sularını toplayarak kontrollü bir şekilde saha dışına çıkarmak ve erozyona ve sele karşı güvenli alanlara, dere veya sağlamlaştırılmış yapay suyollarına yöneltmek,
- Yamaç üzerindeki terasları ve diğer tesisleri güvence altına almak,
- Yüzeysel akışı önleyerek, yamaç üzerinde oluşacak erozyonu önlemek veya en düşük düzeye indirmek.

Boşaltma Kanallarının Tesis Amacı ve Kullanıldığı yerler;

- Şiddetli ve sürekli yağışların olduğu, dolayısıyla aşırı yüzeysel akışların sık meydana geldiği, sellerin yaşandığı nemli iklim bölgeleri,
- İnfiltrasyon kapasitesi düşük ağır veya sığ toprakların yer aldığı ve dolayısıyla de yüzeysel akışın yüksek olduğu yarı kurak iklim bölgeleri,
- Gradoni ve çevirme hendeği gibi drenaj amaçlı mekanik önlemlerin alınmış olduğu, muhtelif arazi kullanma şekillerinin uygulandığı ve özellikle şiddetli yağışların yüksek ve sık olduğu bölgelerdeki ağaçlandırma alanları,
- Çeşitli teras sistemlerinin uygulandığı ve fazla suyun drenajla uzaklaştırılmasının gerektiği tarım alanları,

4.3 Sınai Tesisler (Enine Yapılar)

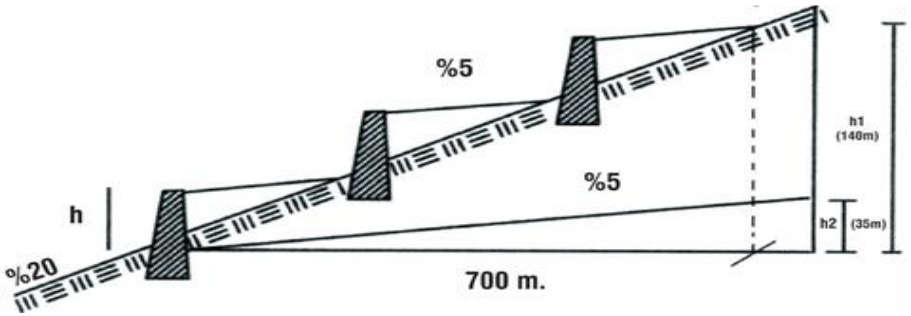
4.3.1 Oyuntudaki Enine Yapılar

Harçsız eşikler, oyuntularda, taban oyulmasının önlenmesi ve böylece taban eğiminin düşürülerek, su hızının azaltılması için su akım doğrultusuna dik gelecek şekilde inşa edilen canlı ve cansız tesislerdir. Böylece, taban ve kıyı oyulmaları önlenerek ve dikilmesi düşünülen bitkilere iyi bir ortam sağlanmış olacaktır.

İkinci derecedeki bir sel deresinin su toplama havzası genellikle 100 hektar kadardır. Böyle bir sel deresinde yapılacak sınai ve canlı tesisler büyüklük bakımından genellikle birbirine benzerler. Bu yüzden her eşik için bir proje yapmaya gerek yoktur. Aynı zamanda, bu dere havzasının her tarafında enine tesisler yapılmayabilir. Arazi gezilerek taban oyulmasının mevcut olmadığı, eğimin az ve dere tabanı sağlam, taşlı veya kayalık olan bölümler tespit edilir ve buralarda herhangi bir planlama yapılmaz.

Prensip olarak kuru duvar ve kafes tel eşikler, genişliği en fazla 5 m olan oyuntularda uygulanmalıdır.

Eğimin az, topraklı ve dikime uygun yerlerde ağaçlandırma yapılması planlanır. Eşik inşasına uygun noktalar tespit edilip 1/25000 ölçekli harita üzerinde işaretlenir. Eşik yapılacak yerin şekline ve yapısına göre eşik yüksekliğine karar verilir. Eşiğin diğer boyutları da yine inşa edilecek noktanın özelliklerine göre belirlenir.



Şekil 6: *Eşik Görünüşü*

Bir dere boyunca, eşik yapılması planlanan bir bölümüne, birbirini izleyen, birden fazla eşik yapılması kararlaştırılırsa önce eşik yapılacak derenin ortalama eğimi ile iki eşik arasındaki denge eğiminin bilinmesi gerekir. Bilindiği gibi eğim, belirli bir hat boyunca yükselme veya inme oranıdır. Eğim, yüzde, derece veya 100 metre yatay mesafedeki yükselme veya düşüş miktarı olarak ifade edilebilir. Denge eğimi, oyuntulara gelen yüzey sularının oyuntu içerisinden güvenli bir şekilde taşınması için gerekli eğimdir. Denge eğimi arazide sağlıklı bir şekilde tespit edilmelidir.

Bir derenin ortalama eğimi %20, denge eğimi %5 olması isteniyorsa eşik yapılacak 700 m uzunluğundaki bir derede kaç adet eşik olması gerektiğini,

$$\mathbf{n = \frac{h_1 - h_2}{h}}$$ formülü ile bulabiliriz

Burada;

n : İnşa edilecek seki adedi,

h : Sekilere verilecek ortalama yükseklik

$\mathbf{h_1}$: Islah edilecek dere bölümünün en yüksek ve en alçak noktaların arasındaki yükseklik farkı,

$\mathbf{h_2}$: Islahtan sonra eşikler arasında kalan denge eğimine denk gelen yükseklik,

Örneğin; ortalama eğim %20 ise 700 m uzunluğundaki bir derenin en alçak ve en yüksek noktaları arasındaki yükseklik farkı, h_1 = 140 m'dir.

Denge eğiminin %5 olması istendiğinde 700 metrede denge eğiminden dolayı meydana gelecek yükseklik farkı, h_2 = 35 m'dir. Sekilere verilecek yüksekliğin 2 metre olduğu kabul edilirse;

$$\mathbf{n = \frac{h_1 - h_2}{h} = \frac{140 - 35}{2}} = \mathbf{52\ adet}$$ eşik yapılacak demektir.

%20 eğimde, 700 metre uzunluğundaki bir dereye, iki metre yüksekliğinde 52 adet seki yapıldığı takdirde dere %5 denge eğimini almış ve ıslah edilmiş olacaktır.

Bu tür sınai tesislerin inşaatında uyulması gereken teknik esaslar aşağıda açıklanmıştır:

- Enine tesislerin ana amacı taban ve kıyı oyulmasını önlemek ve tesisin yüksekliği üçgenin taban kenarı olmak üzere, mecra eğimi hattı ile denge eğimi hattının kesişmesinden meydana gelen üçgenin alanı ile orantılı olarak rüsubat birikimi sağlamaktır. Bu nedenle, enine objelerin yapısında öncelikle taban oyulmasını önleyici çalışmalara ağırlık verilmelidir.
- İnşaat taşına uygun boyut ve şekil verilmelidir. Özellikle, kuru duvar eşik yapımında küçük ve yuvarlak şekildeki taşlar kullanılmamalıdır. Büyük, kenarlı, köşeli ve yassı taşlar daha çok savak ve kuru duvar üstünde kullanılır. Savak veya kuru duvar üstünde kullanılacak taşların uzun kenarı su akış istikametinde olacak şekilde kullanılmalıdır.
- Tesis savağı genellikle suyu mecra merkezine akıtacak şekilde ortada olur. Mecranın bir tarafı sağlam bir yapıya sahipse (kaya vb. ise) tabanın sağlam tarafına akış sağlayacak şekilde savak yanda olabilir. Savak tesisin ortasında ise kıyı oyulmalarını önlemek için duvarın kanat kısımları savak seviyesinden yüksek yapılmalıdır.
- Mecrada doğal şartlardan faydalanılmalı, eşikler sağlam zeminlerde ve bol rüsubat tutacak noktalarda inşa edilmelidir.

Tesislerin boyutları, dere havzasının büyüklüğüne, yarıntıların önemine, eşiğin derenin alt veya yukarı kısımlarında tesis edilecek olmasına göre belirlenir. Derenin yukarı kısımlarına doğru obje yüksekliği azalır. Bu tür tesisler 1- 1.5 metreden yüksek olmamalıdır. Genellikle yüksek objeler, dere ıslah maliyetini artırmaktadır.

Denge eğimi, denge eğimi hesabı bölümünde belirtilen yöntemlerle saptanır. Eşik maliyetini düşürmek amacı ile oyuntularda yapılacak tesis sayısını azaltabilmek için denge eğiminin kabul edilebilecek en yüksek değer olarak alınmasında fayda vardır. Ancak, yamaç arazi ıslahı önlemlerinin yetersiz kaldığı, yüzey erozyonu ve sel kontrolünün tam sağlanamadığı küçük havzalarda denge eğimi en düşük değerlere kadar düşürülebilir.

Örneğin, derenin 50 m'lik ve %20 eğimli bölümünde, enine profillerin hemen hemen aynı ve denge eğiminin %4 olarak seçildiği kabul edilerek belirlenecek kuru duvar tipine göre kullanılacak malzeme (taş) miktarının hesabı aşağıda verilmiştir.

Başlangıç ve son nokta arasında kot farkı 50 x %20 = 10 m olan bölümde, %4 denge eğimine göre ıslahı gerekli dere mecrasının başlangıç ve son noktaları kot farkının hesabı için önce denge eğimi ile dere eğiminin farkı bulunur:

%20- %4 = %16. Bu eğim farkına göre enine objelerin toplam yüksekliğine esas olacak kot farkı hesaplanır. 50 x %16 = 8 m (Derenin tesis yapılacak bölümünün uzunluğu x Dere eğimi ile Denge eğimi farkı = Toplam tesis yüksekliği)

Yapılacak objelerin toplam yüksekliğinin 8 m olarak hesaplanmasından sonra, derenin bu bölümü değişik yükseklikteki eşiklerde tahkim edildiği takdirde hesaplanan kuru duvar hacimleri aşağıda belirtilmiştir.

Enine profili (V) tipine yakın mecrada 1 m Yükseklikteki kuru duvarın hacmi ortalama 3700 m³, 1.5 m'lik kuru duvarın hacmi 7250 m³ ve 2 m'lik kuru duvarın hacmi 11750 m³ olarak hesaplanmıştır.

Bu derenin ıslahında 1 m yükseklikteki kuru duvardan 8 adet yapılması gerekmektedir ve bunların toplam hacmi 8 x 3700 = 29600 m³ 'tür.

2 metrelik kuru duvardan ise, 4 adet yapılması gerekir ve toplam hacmi 4 x 11750 =47000 m³ olmaktadır.

Aynı derenin denge eğimi %8 kabul edildiği takdirde, birinci örnekte kabul edilen kuru duvar tipine göre kullanılacak malzeme (taş) miktarının hesabı da şu şekildedir:

Başlangıç ve son nokta arasında kot farkı 50 x %20 = 10 m ve denge eğimi %8 olarak kabul edilirse, ıslahı gerekli dere mecrasının başlangıç ve son noktaları

arasındaki kot farkının mecra eğimi ile denge eğimi arasındaki farka göre (%20-%8 = %12) hesaplanarak 50 x %12 = 6 m olduğu bulunur.

Enine profili (V) tipine yakın mecrada, yine 1 metre yükseklikteki kuru duvarın hacmi, ortalama 3700 m³, 1.5 metrelik kuru duvarın hacmi 7250 m³ ve 2 metrelik kuru duvarın hacmi 11750 m³ olarak hesaplandığı belirtilmişti.

Buna göre;

Bu derenin ıslahında 1 m yükseklikteki kuru duvardan 6 adet yapılması gerekmektedir ve bunların toplam hacmi 6 x 3700 = 22200 m³ 'tür.

2 metrelik kuru duvardan ise 3 adet yapılması gerekir ve toplam hacmi 3 x 11750 =35250 m³ olmaktadır.

Bu durumda, 1 m yüksekliğinde kuru duvar eşik tesis edilmesi halinde mecranın 1 metresinin ıslahı için gerekli taş miktarı %4 denge eğimine göre 29.6: 50 = 0.592 m³,

%8 denge eğimine göre 22200: 50 = 0.444 m³ 'tür. Görüldüğü gibi %4 denge eğiminin

%8 'e yükseltilmesi halinde %25 oranında taş malzeme daha az kullanılmaktadır.

Kuru duvar eşik yüksekliğinin 2 m olması halinde, 1 m uzunluğundaki mecra tabanın ıslahı için gerekli taş miktarı, %4 denge eğimine göre 47000: 50 = 0.940 m³, %8 denge eğimine göre 35250: 50 = 0.705 m³'tür. Bu durumda da aynı şekilde %25 tasarruf sağlanmaktadır.

Ayrıca, yukarıdaki hesaplamaların sonuçlarından anlaşıldığı gibi, 2 m yükseklikte kuru duvar yerine 1 m yükseklikte kuru duvar yapılması halinde, yine %37 oranında malzemeden tasarruf sağlanmaktadır. Kullanılan malzeme miktarındaki farklılık, tesisin maliyetini oluşturan diğer unsurlarını da etkilemektedir.

Harçlı eşik inşaatlarında ise, tesis yüksekliği maliyeti kuru duvar eşiklere göre daha fazla etkilemektedir.

Tesis yüksekliği ve dere tabanı genişliği maliyeti etkileyen en önemli iki etkendir. Bunlardan tesis yüksekliğinin tespitinde dikkatli olunması için, yüksekliğin inşaat hacmine etkisi örneklerle anlatılmıştır. Dere tabanı genişliği

tamamen doğal yapı ile ilgili olduğundan, maliyeti düşürmek açısından bu etkenle oynamak mümkün değildir.

Oyuntu ıslahında tesisin türü çok önemlidir. Şayet, derede bol miktarda taş mevcut ise eşikler, kuru duvar eşik şeklinde yapılmalıdır. Civarda taş bulunmuyorsa ve sahada bol miktarda bitki örtüsü (Meşe ve Cistus vs.) varsa eşiklerin yapılmasında bu malzemeden faydalanılmalıdır.

Eşikler, sistematik olarak yapıldığı takdirde, yukarı havzadan gelen materyalin tamamını tutarlar. Aynı zamanda, taban ve yan oyulmalarına engel olurlar. Birbirini takip eden düşüşler dolayısıyla suların hızını azaltan yeni bir mecra meydana geldiği için de su akıntısını düzene sokarlar.

4.3.1.1 Kuru Duvar Eşikler



***Fotoğraf 7**: Kuru Duvar Eşik*

Kuru duvar eşikler, harçsız olarak inşa edilen enine yapılardır. Fazla su taşımayan mecralarda, küçük oyuntularda inşa edilirler.

Kuru duvar eşikler, genel olarak su toplama havzası 100 hektardan küçük olan derelerin (sel yarıntısı, sel dereciği) ıslahında kullanılır.

Islah edilecek dere civarında bol miktarda ve amaca uygun sağlam taş varsa, sel yarıntılarının ve dereciklerinin kuru duvar eşiklerle ıslah edilmesi uygun olur. Kullanılacak taşların mahallinde bulunması gerekir. Uzak mesafelerden taş taşınarak eşik yapılmasında maliyet çok yükselir. Bu gibi hallerde, daha ekonomik olan başka yöntemler düşünülmelidir.

Kuru duvar eşikler, genellikle 0.7- 2 metre yüksekliğinde yapılır. 2 metreden daha yüksek eşiklerin yapılması önerilmez.

Kuru duvar eşikler, dere havzalarının ve yarıntıların büyüklüğüne göre boyutlandırılır. Bu faktörler dikkate alınarak, 4 değişik boyutta kuru duvar eşik öngörülebilir. Kuruduvar eşiklerin yüksekliklerine göre taban ve üst genişliklerini veren tablo aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 1: Kuru Duvar Eşik Boyutları

Eşik Yüksekliği (Metre)	Taban Genişliği (Metre)	Üst Genişlik (Metre)	Ön Eğim %
0.70	0.70	0.50	30
1.00	1.00	0.70	30
1.50	1.30	0.90	30
2.00	1.60	0.90	30

(K AŞK - Erozyonla Savaş)

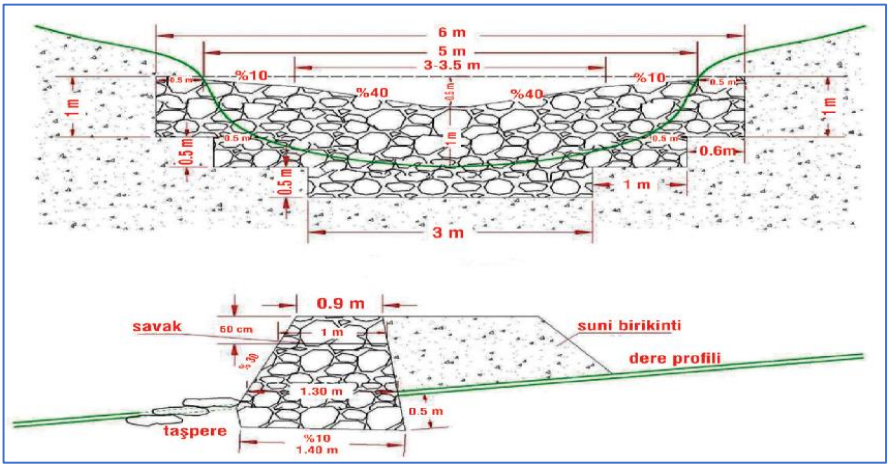
Eşiklerin yükseklikleri, derenin doğal tabanı ile savağın en alçak noktası arasındaki mesafedir. Temel derinlikleri ve kanat yükseklikleri yapının yüksekliğine dahil edilmez. Tabloda görülen taban genişlikleri, eşiğin toprak hizasındaki genişliği olup, temeldeki genişlik de aynıdır.



Fotoğraf 8: *Kuru duvar eşik-temel kazı*



Fotoğraf 9: *Kuru duvar eşik temel inşaatı*



Şekil 7: *Kuru Duvar Eşik Boyutları*

Kuru duvar eşiklerin yapılmasında dikkat edilecek hususlar

- Eşiğin yüksekliği iyi ayarlanmalıdır. En fazla 2 metre yükseklikte yapılmalıdır. Yüksek eşik inşa etme yerine 0.7-1 m yükseklikte, daha sık tesis yapılması tercih edilmelidir.
- Kuru duvarlar, yatak genişliği en fazla 5 metreye kadar olan oyuntularda uygulanmalıdır.
- Eşik yapılmasında kazıdan çıkan iri ve düzgün taşlar, eşiğin en üstünün yapılmasında kullanılmalıdır. Savak kısmına taşlar uzunluğuna gelecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Kullanılacak taşlar köşeli olmalıdır.
- Eşiğin temeli sağlam bir zemine dayandırılmalıdır ve zeminden çıkan toprak eşiğin üst tarafına atılmalıdır.
- Eşikler derenin en dar yerine inşa edilmelidir.
- Eşiklerin diplerinin oyulmaması için tesisin yüksekliği dikkate alınarak iki eşik arasındaki mesafe o şekilde ayarlanmalıdır ki sistematik olarak yapılan tesisler birbirlerini korumalıdır.
- Eşikler dere eksenine dik olarak yerleştirilmelidir.
- Eşiklerin yapılmasına havzanın yukarı kısmından yani tali derelerden başlanmalı fakat, inşaat tali derenin aşağısından yukarıya doğru olmalıdır.

- Savak şekli yamuk olmalı, boyutlandırılması, savaktan akacak maksimum debiye %20 oranında hava payı eklendikten soma yapılmalıdır.
- Kanat üst kenarları yamaç şevlerine doğru %10-15 eğimli olarak inşa edilmelidir.
- Eşiğin inşa edileceği yer, oyuntu yatağında enine olarak 0.5 m'den az olmamak üzere kazılmalıdır.
- Kanat duvarları şevlere 1 m kadar sokulmalıdır.

4.3.1.2 Miks Eşikler

Kuru duvar eşiklerin yeterli olmayacağı daha derin veya geniş oyuntuların (Q max=15-20 m^3/sn taşkın debileri bulunan oyuntu ve yan derelerin) tahkiminde miks eşikler kullanılır. (H.Balcı, Y.Öztan) Miks eşikler, sel deresinin yan kollarında, taban ve yan oyulmalarının devam ettiği oyuntularda harçlı kargir ve kuru olarak inşa edilir. Üst sıra taşları 250 doz çimento harçla örülür. Ön ve arka yüzleri harçla derz yapılır. Çok dik yamaçlardaki eşikler merdiven basamakları gibi birbirini takip edecek şekilde inşa edilmelidir.



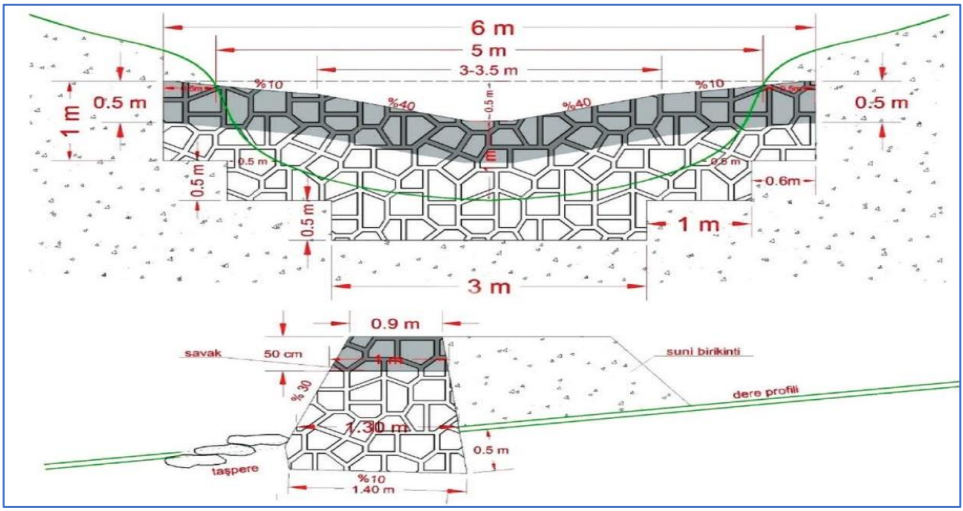
***Fotoğraf 10**: Miks Eşik*



***Fotoğraf 11:** Miks Eşik, Afyon – 2015*

Miks eşiklerin yapılmasında dikkat edilecek hususlar:

- Miks eşik inşaatına zorunlu olmadıkça başvurulmamalıdır.
- Bu eşiklerin temel üst yüksekliği en fazla 3 m olmalıdır.
- Savak üst genişliği 0.6 m'den aşağı olmamak üzere, ön yüzü %20-40 eğimli olarak inşa edilir.
- Kuru taş duvarın üst 0.5 metrelik kısmı boydan boya harçlı yapılmalıdır. Miks eşiklerin dolu savaklarının boyutlandırılmasında maksimum debiye %20 kadar hava payı eklenmelidir.
- Kanat üst kenarları, yamaç şevlerine doğru %10-15 eğimli olarak inşa edilmeli ve kanat duvarları şevlere en az 1 m sokulmalıdır.
- İnşaat, ocak veya moloz taş ile yapılmalı, kuru taş duvar ile harçlı duvar, uzun taşlar kullanılarak birbirlerine iyice bağlanmalıdır.
- Yapının gerisi, temelden çıkan kazı malzemesi ve mecra şevlerinden çıkan toprakla doldurulmalıdır.



Şekil 8: *Miks Eşik, (5 m Genişliğindeki Bir Oyuntuda Uygulanabilecek Misk Eşik Örneği)*

Kuru duvar ve miks eşiklerin memba tarafı taşınan materyalle tamamen dolduktan sonra oluşan düzlükte, yatakta akım seksiyonu kadar bir boşluk bırakıldıktan sonra, diğer kısımlara özellikle tesis kanatlarının gerisindeki şevlere kavak, söğüt, iğde çelikleri veya dişbudak, akasya, akçaağaç vb. yöreye en uygun ağaç türlerine ait fidanlar dikilir ya da meşe, badem ve ceviz tohumları ekilir.

Havzadaki ıslah çalışmaları tamamlandıktan sonra, enine yapıların memba taraflarının dolmasını bekleyerek 2-3 sene sonra yeniden sahaya girmek ve tesislerin arka kısımlarını ağaçlandırmak uygulamada pratik olmayabilir. Bu nedenle, tesis inşa edildikten sonra kazıdan çıkan ve mecra şevlerinden sıyrılan toprak memba tarafına doldurulduktan sonra hemen ağaçlandırma yapılabilir.

4.3.1.3 Toprak Eşikler

Kuru derenin su toplama alanı küçük, toprak geçirgen ve derin ise, makine ile birbirini izleyen basamaklı eşikler yapılır ve eşiklerin üzeri en kısa sürede ağaçlandırılarak saha stabil hale getirilir.



Fotoğraf 12: *Sel Havzasının İlk Hali, Akdere - Kahramanmaraş - 1993*



Fotoğraf 13: *Aynı Havzada Toprak Eşiklerin Makine İle Tesisi - 1995*



Fotoğraf 14: *Ağaçlandırılmış Toprak Eşiklerin Bugünkü Görünüşü – 2014*

4.3.1.4 Örme Canlı Eşikler

Dere yataklarında kullanılacak enine yapıların tesisinde sürgün verme özelliği yüksek canlı bitki malzemesi kullanılabilir. Bu durumda, kullanılan malzeme sürgün vererek canlı bir tesis ortaya çıkar ki bunlara biyolojik yapılar denilmektedir.

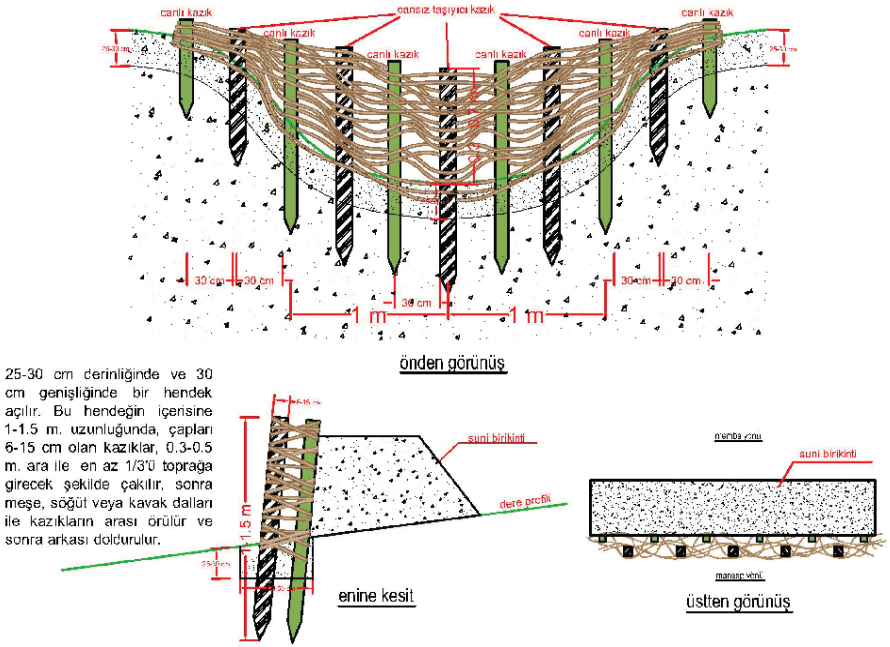
Islahı söz konusu olan sel yarıntısının veya sel dereciklerinin civarında, 50 metreye kadar mesafede yeterli taş malzemesi yoksa kuru duvar eşik yapımı ekonomik olmayabilir. Böyle durumlarda, dere yatağının biyolojik yapılarla tahkimi düşünülmelidir.

Biyolojik tesislerden, rutubetli derelerin ıslahında başarılı ve kalıcı sonuç alınmaktadır. Bu nedenle, biyolojik tesisler ekonomik olması halinde tavsiye edilir. Kazık çakımı kolay ve rutubetli derelerde, canlı eşikler olarak da adlandırdığımız biyolojik yapılar kullanılabilir.

Canlı eşiklerin nitelikleri ıslah edilecek sel yarıntılarının büyüklüklerine ve mevcut materyalin niteliklerine göre değişir. Su toplama bölgesi daha büyük, debisi daha fazla olan sel dereciklerinde örme eşik, daha küçük sel yarıntılarında ise örme eşiklerde az dayanıklı olan çalı demetli canlı eşikler kullanılır. Örneğin, küçük sel yarıntıları çalı demetleri metodu ile kolay, çabuk ve ekonomik bir şekilde ıslah edilebilir. Taban ve yanlarda oyulmalarının devam ettiği sel derecikler örme canlı eşiklerle tahkim edilebilir.

Oyuntu kenarları doğal şev açısına uygun düzeltilir. Oyuntu eksenine dik olarak 25-30 cm derinliğinde ve 30cm genişliğinde bir hendek açılır. Bu hendeğin içerisine 1.00-1.50 m uzunluğunda, çapları 6 – 15 cm olan kazıklar, 0.30 - 0.50 m ara ile çakılır, bozuk meşe baltalıklarının imarında, seyreltme ve teklemelerden elde edilen Meşe, Söğüt veya Kavak dalları ile kazıkların arası örülür.

Kazıkların en az üçte biri sürgün verecek cinsten seçilmelidir. Kazıklar en az 1/3'ü toprağa girecek şekilde çakıldıktan sonra araları örülür ve sonra eşiğin arkası doldurulur ve gerekirse kazıklar latalarla veya tellerle birbirlerine bağlanır ve mansap tarafına çakılacak payandalarla kuvvetlendirilir. Suyun akacağı orta kısım kanatlardan daha düşük seviyededir.



Şekil 9: *Örme Canlı Eşik*

Ayrıca, teras yapımına müsait olmayan, dik ve gevşek yapıdaki yamaçların rutubet durumu iyi olan dere tabanına yakın kısımlarında tahkimat için canlı çitler kullanılabilir. Bunun için,sürgün verebilen, Söğüt, İğde gibi canlı eşik tesisinde kullanılan türlerden kazık yapılarak, normal örme eşik yapılır.

4.3.1.5 Çalı Demetli Canlı Eşikler

Çalı demetli canlı eşikler genellikle rutubetli ve topraklı derelerde yapılır. Örmeye elverişli olmayan materyal, 20- 30 cm çaplı demetler halinde bağlanır. Bu dal demetleri, örme canlı eşikteki gibi sürgün verme özelliği olan türlerden hazırlanan kazıkların arkasına üst üste konmak ve toprakla desteklemek suretiyle eşik tesis edilir. Buna, Çalı Demetli Canlı Eşik denilir.

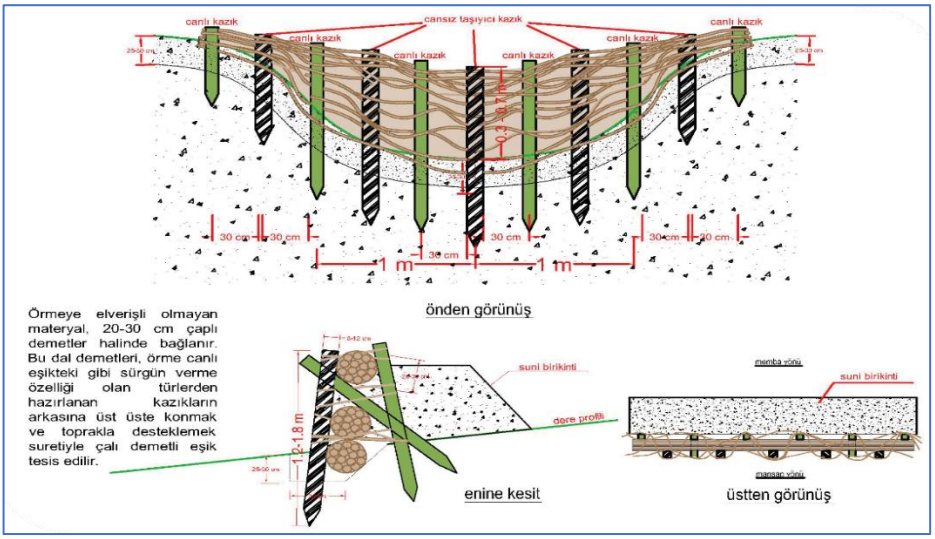
Çalı demetli eşiklerde kazıkların ince çapları en az 8- 12 cm, boyları 1.20-1.80 m olmalıdır. Kazıklar, en az 1/3'ü toprağa girecek ve toprak üzerinde kalan kısmın yüksekliği 1 metreyi geçmeyecek şekilde çakılmalıdır. Kazıkların mümkün

olduğu kadar sürgün verme kabiliyeti yüksek ağaç türlerinden olması tercih edilmelidir. İster dal demetleri ile isterse örme şeklinde yapılan canlı eşiklerin ön yüzündeki aralıklardan Söğüt ve İğde çelikleri ve dalları sokularak canlı eşik sistemi güçlendirilir.

Ayrıca, ıslah yapılacak dere tabanında eşik yapılsın veya yapılmasın suyun akacağı yer serbest kalacağı şekilde Söğüt, Kavak veya İğde, Kuşburnu, Böğürtlen çelikleri, Dişbudak, Akçaağaç, Akasya fidanları dikilmeli uygun yerlere, Meşe ve Ceviz tohumları ekilmelidir. Ekim ve dikimler, dere tabanına 1 m sıklıkta ve şaşırtmalı olarak yapılmalıdır.



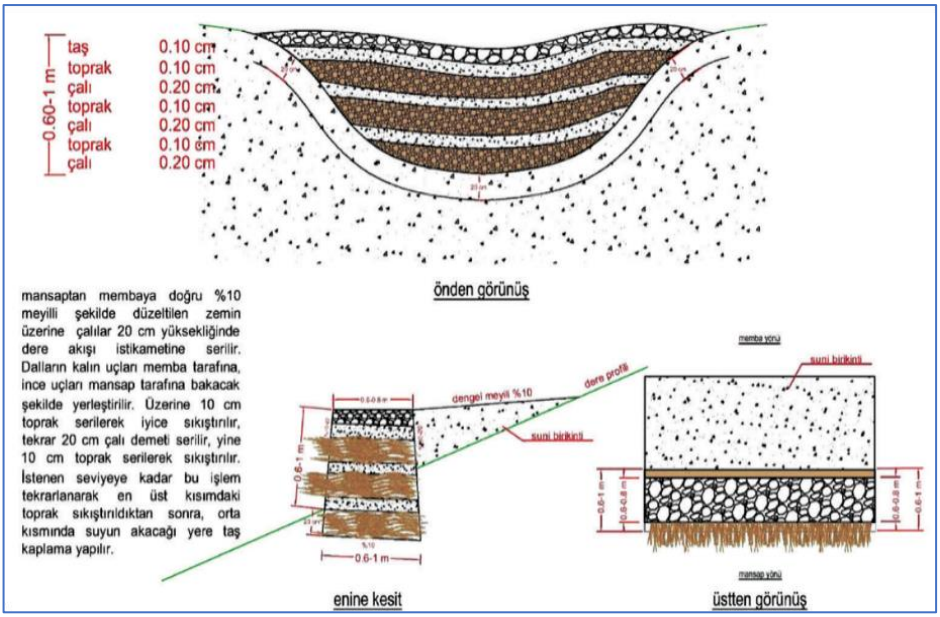
***Fotoğraf 15**: Çalı Demetli Canlı Eşikler*



***Şekil 10:** Çalı Demetli Canlı Eşik*

4.3.1.6 Çalı Demetli Toprak Eşikler

Derenin toprak sedde yapılacağı yer, çalı demetleri uzunluğunda (0.60 - 0.70 m), temel kazısı gibi, derin olmayacak fakat, sadece mansaptan membaya doğru %10 eğimlibir şekilde düzeltilir. Düzeltilen zemin üzerine çalılar 20 cm yüksekliğinde dere akışı istikametinde serilir.



Şekil 11: *Çalı Demetli Toprak Eşik*

Dalların kalın uçları memba tarafına, ince uçları mansap tarafına bakacak şekilde yerleştirilir. Üzerine 10 cm yüksekliğinde toprak serilerek iyice sıkıştırılır, tekrar 20 cm çalı demeti serilir, yine 10 cm toprak serilerek sıkıştırılır, istenen seviyeye kadar bu işlem tekrarlanarak en üst kısımdaki toprak sıkıştırıldıktan sonra, orta kısmında suyun akacağı yere taş kaplama yapılır.

Ayrıca diğer eşiklerde olduğu gibi eşiğin memba tarafı mutlaka toprakla doldurularak sıkıştırılır.

4.3.1.6 Ahşap Eşikler

Oyuntu ıslahı amaçlı 0,6 m derinliğinde, 2 m uzunluğunda ve 1m genişliğinde temel kazısı yapılıp açılan çukur içine 13-16 cm çapında 1.5m uzunluğunda ahşap 2 direk kenarlara yerleştirir. 1m uzunluğundaki direkler 50 cm aralıklarla bu direklere 20'lik çivilerle çakılır ve sabitlenir.

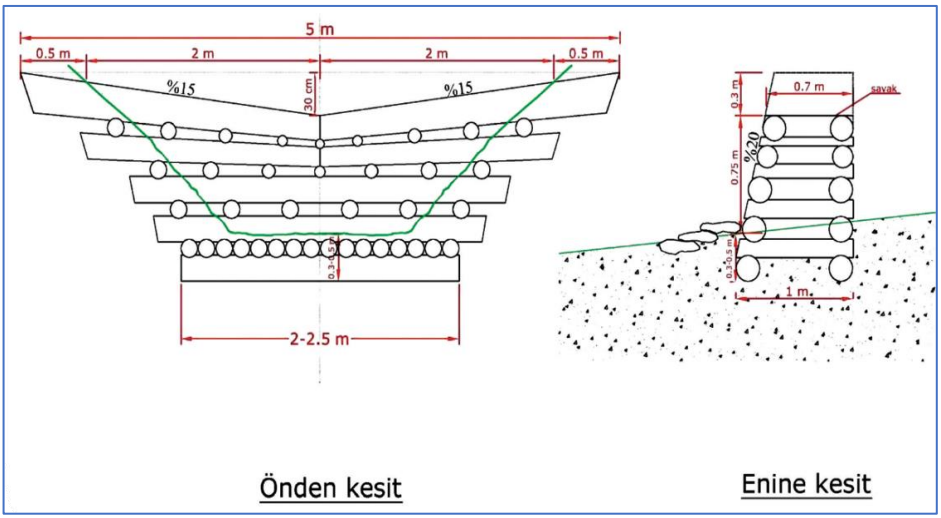


Fotoğraf 16 a: *Ahşap Eşik, Taş Oluk, Afyon - 2015*

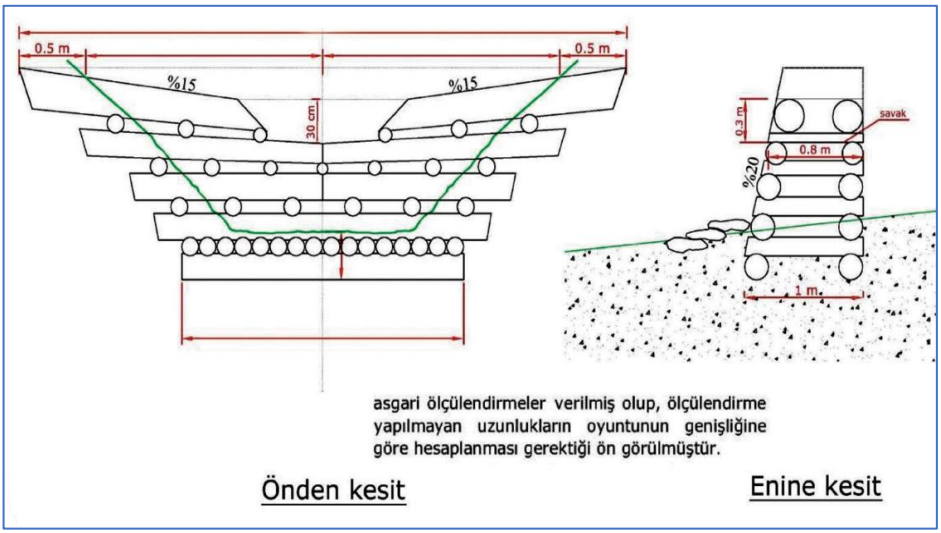
Oluşan yapının içi toprak, taş ve moloz ile doldurulur ve sıkıştırılır, yapının üstüne 2 m'lik 2 direk tekrar kenarlara yerleştirilir ve çakılıp üstüne tekrar 1m uzunluğunda direkler 50 cm aralıkla çakılır ve içi toprak, taş ve moloz doldurulup sıkıştırılır. Bu işlemler her katta tekrar ederek tabanı 1.5 m yüksekliği 1.6 m Savak uzunluğu 4.5 m genişliği 1 m olacaktır.



Fotoğraf 16 b: *Ahşap Eşik, Taş Oluk*



Şekil 12: *Ahşap Eşik (Dar Oyuntularda)*



Şekil 13: *Ahşap Eşik (Geniş Oyuntularda)*

4.3.1.7 Gabion Eşik (Tel Kafes,Sandık,Fildöfer)

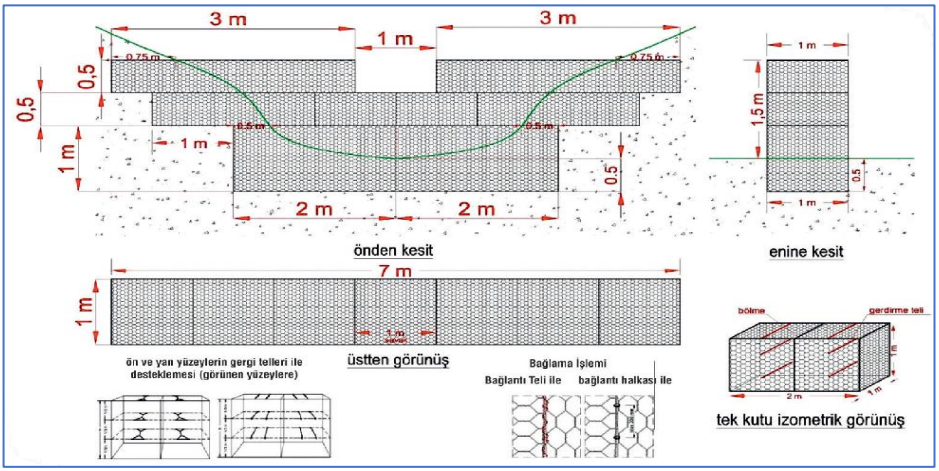
Ülkemizde ve dünyada çok yaygın olarak kullanılan Gabion eşikler, içleri kaya ve taş ile doldurularak oluşturulmuş çift burgulu altıgen çelik tel örgü kafeslerdir. Bu tesisler Gabion Duvar, Fildofer, Gabyon sepet olarak da adlandırılmaktadır. Gabion Sepetlerle özellikletaş dolgu malzemesinin kolay bulunabileceği yerlerde son derece ekonomik ve de doğal görünümlü tesisler üretmek mümkündür. Gabion Sepetler çok değişik en, boy, uzunluk ve tel kalınlıklarında olabilmektedir. Gabion sepetler çoğunlukla deniz kıyı korumalarında ve nehir ıslahlarında, erozyon kontrol yapılarında, karayolu ve demiryolu yapılarında kullanılırlar.



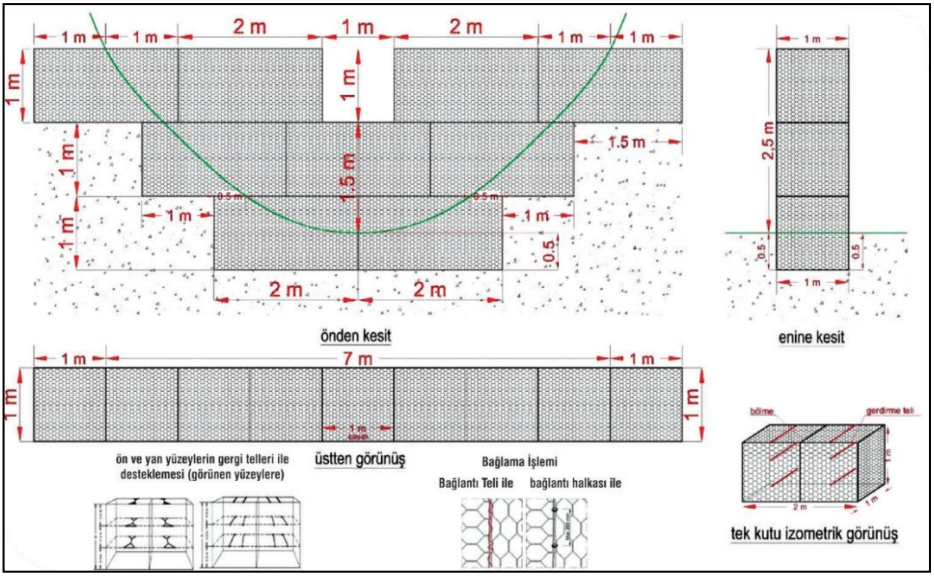
Fotoğraf 17: *Gabion Eşik*

Mecraların veya şev topuklarının oyulmalara karşı tahkiminde fildöferlerden yararlanılabilir.Taş dolgu ve anroşmanlı tahkimata ihtiyaç olan, fakat bu tesisler için gerekli taş malzemenin uzak mesafelerden taşınması söz konusu olduğu, dolayısıyla tesis maliyetinin yüksek olması durumunda, daha yakın yerlerden temin etme imkânı olan taş, ince ve iri çakıl gibi malzemenin kullanılabildiği için ekonomik olan fildöferler tercih edilebilir. Ancak, galvanizlitel kullanılarak yapılan tel kafes sandık ve sucukların, galvanizli tel fiyatlarının ve örme işçiliğinin yüksek olması nedeniyle ülkemiz koşullarında, genelde pahalı tesisler olduğu da unutulmamalıdır. Fildöferler esnek özellikleri nedeniyle

tabanı kararlılık kazanmamış mecralardaki oyulmalara dağılmadan uyum gösterebilirler. Şev topuklarındaki oyulmaların önlenmesinde diğer bir tedbir de topukların fildöfer sucuklarla tahkimidir. Sonuç olarak, tel kafes sandık ve sucuklardan (fildöferlerden) tercih zorunluluğu olduğu zaman veya kıyı erozyonu zararlarının önlenmesi açısından bazı acil durumlarda yararlanılabilir.



Şekil 14: *Farklı Ebatlarda Kutu Gabionlar Şema*



Şekil 15: *Farklı Ebatlarda Kutu Gabionlar Şema – 2*

İri materyal taşıyan, eğimli ve yüksek hıza sahip sel derelerinde, materyalin çarpma etkisi ile sandıklar dağılabileceğinden, bu tür mecralarda statik hesabına çok dikkat edilmelidir. Kutu Gabionlar, çift burgulu altıgen tel örgü yapı olarak büyük kuvvetlere dayanıklıdır. Ayrıcakırılma ve çatlama yapmadan yapının bir miktar yer değiştirmesine karşı kendisini adapte eder. Galvanizli tel örgü çok uzun bir ömre sahiptir. PVC kaplandığı takdirde faaliyet ömrü daha uzar. Ayrıca çift burgulu tel kafes tel örgüler gibi tek telin kopması durumunda bile çözülmez.

Gabionlar taş ve kaya ile doldurulunca gözenekli bir yapıya sahip olur. Gözenekli yapı arkasında suyu tutmayarak, oto-drenaj yapar ve su kuvvetinin oluşmasını engeller. Gabion yapılar geleneksel yapılar ile kıyaslandığında çok ekonomiktirler. Ayrıca gabion yapılar çok az bakım gerektirirler. Gabion yapılar çok büyük miktarda enerjiyi absorbe edebilirler ve çok büyük doğal gerilmeler altında dahi onlarca yıl sorunsuz bir performans sergileyebilirler. Oyuntu içerisinde gabion inşaatı için temel kazısı 50 cm derinliğinde ve kutu gabionun genişliğinde düz bir satıh şeklinde açılmalıdır. Açılan temel kazısı içerisine gabionlar yanyana yerleştirilerek çelik tellerle bağlanır.

Gabion eşiğin yüksekliği dikkate alınarak sağ ve sol sahillere kutu gabionun en az 75cm girmesi sağlanmalıdır. Gabion içerisinde kullanılacak malzemeler, sahadan veya dere yatağından toplanan taşlar olabileceği gibi taş ocağından getirilen taşlarda kullanılabilir. Taşların büyüklük küçüklük durumu göz önünde bulundurularak özenli bir şekilde taş dizimi yapılmalıdır. Taşların kutu gabionun yan yüzeylerinde oluşturduğu gerilimi azaltmak için kutu gabionun yan yüzeyleri 3 adet gergi teli ile birbirine bağlanmalıdır.

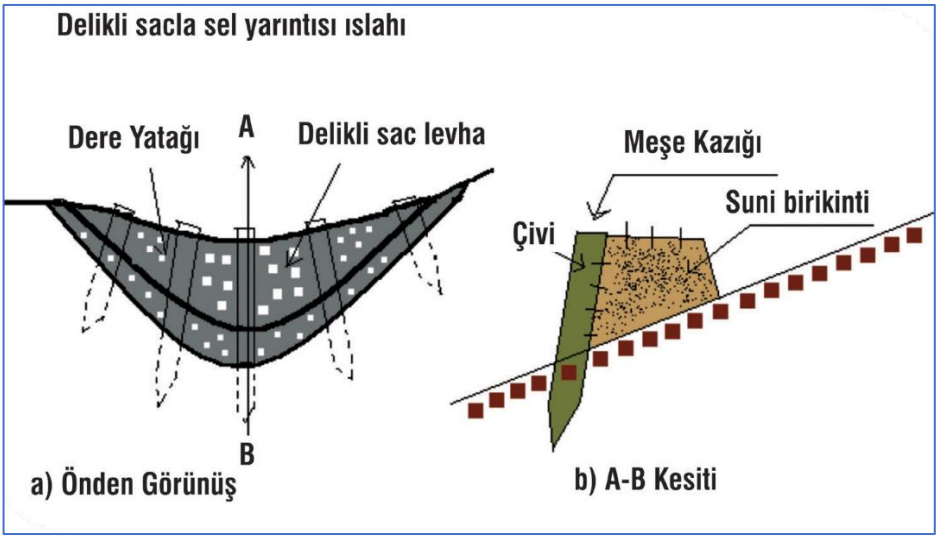


Fotoğraf 18: *Suyun Hızını Azaltmak Amacıyla Dere Mecrasına Şaşırtmalı Şekilde Yapılmış Tel KafesSandıklar, Malatya – 1994*

Kutu gabion uygulanacak yerlerde şev yüksekliği ve projesindeki yeri göz önüne alınarak yan yana ve üst üste getirerek eşik inşa edilmelidir. Kullanılacak her bir kutu gabionun gözenek açıklığı, kutu gabionun içerisinde kullanılacak en küçük taşın çapından daha küçük olmalıdır. Kullanılacak kutu gabionun teli ağır galvaniz kaplı olup kalınlığı ise en az 2,7 mm çapında olmalıdır.

4.3.1.8 Delikli Sac Levha Eşikler

Sel derelerinin tahkiminde, delikli saç levhalar, teneke, vb. madeni malzemeler de kullanılabilir. Uygun bir maliyetle, malzeme temin edilebildiği takdirde, pratik oluşu nedeniyle tercih edilebilir. Saç levhaların dere tabanı ve kenarlarına iyice gömülerek sıkıştırılması ve mümkün olduğu kadar levhaların kazıklara (ahşap ise) çivilenmesi ve arkasının diğer metotlarda olduğu gibi hemen toprakla doldurularak yapay birikinti teşkil edilmesi ve ağaçlandırılması gereklidir.



Şekil 16: *Delikli Sac Levha Şeması*

4.3.1.9 Galvanizli Kafes Tel Eşikler

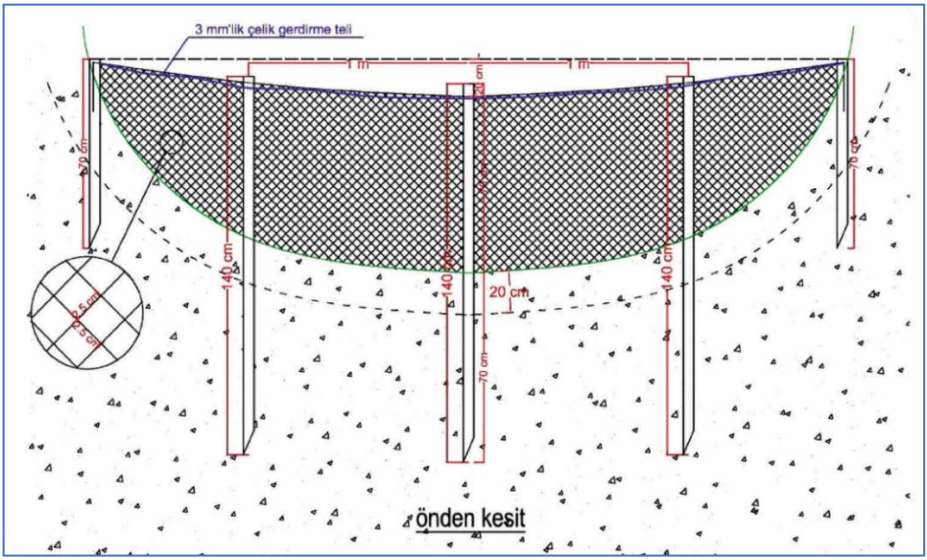
Fazla su taşımayan mecralarda, küçük oyuntularda inşa edilirler. Bu tip eşikler 70 cm'den daha yüksek olmazlar.

Toprak kazma ile 20 x 40 cm boyutlarında düzeltilerek temel kazılır, 140 cm boyunda L profil demirden (4 mm kalınlık, 4 cm kol uzunluğu, antipaslı-alttan 40 cm'si deliksiz, üst bölümü 10 cm aralıkla ve 0.6 cm çapında delinmiş) uçları sivriltilmiş kazıklar 1 metre ara ile ½ (70 cm) sine kadar çakılır, 100 cm genişliğindeki en az 2.5 mm kalınlığındaki kafes tel, 3 mm' lik gergi teli ile kazıklara sabitlenir, kafes telin 70 cm' lik kısmından artan bölüm memba yönüne bükülerek üzerine taş, toprak çekilir. Kafes telin şevlere birleşen iki ucu 70 cm' lik kazıkla sabitlenir.

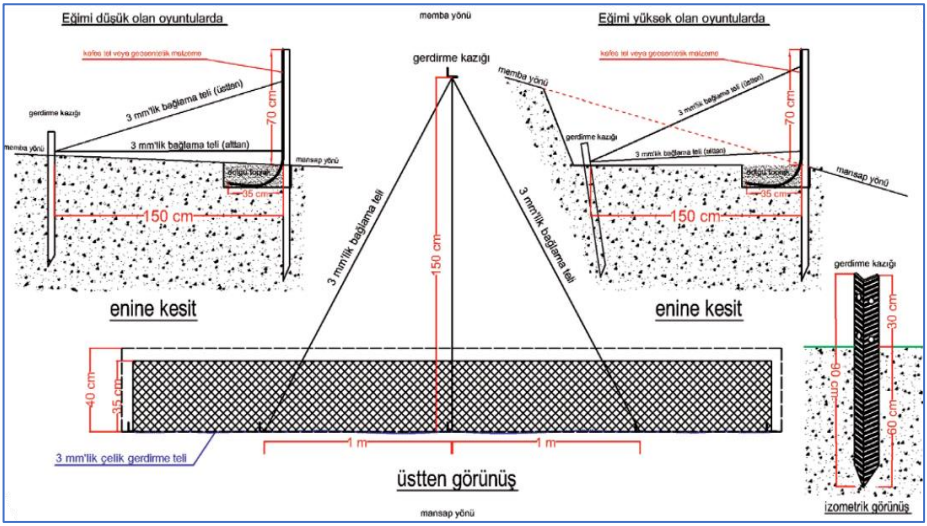


Fotoğraf 19: *Kafes Tel Eşik Tesisi, Korkuteli - Antalya - 2015*

Kazıklara 1.5 metre uzaklıkta memba yönünde, 3 kazığa 1 adet olmak üzere 90 cm' lik gergi kazığı çakılarak 3 mm'lik bağlama teli ile gerdirme yapılır, tüm malzemeler sabitlenir ve gerektiği hallerde eşiğin arkasına teras formu verilir. Söz konusu bu eşikler, kafes tel yerine geosentetik malzeme kullanılarak da yapılabilir. Yatak genişliği en fazla 5 metreye kadar olan oyuntularda uygulanmalıdır.



Şekil 17: *Kafes Tel Eşik (Önden Görünüş)*



Şekil 18: *Kafes Tel Eşik (Üstten Görünüş)*

4.3.1.10 Çuvallı Sedde

Kuru duvar eşik yapılacak taşların bulunmadığı oyuntularda, telis veya naylon çuvalların içleri toprak ve kumlu çakıllarla doldurulmak suretiyle, uzun kısmı oyuntu boyuna ve birbirlerinin üzerine gelecek şekilde 80 cm yüksekliğe kadar dizilir. Kuru duvar eşiklerin yapıldığı şekilde, oyuntu tabanında temel kazısı yapılır. Dolu çuvallar, yamaçlara mümkün olduğu ölçüde sokulur. Suların ortadan akacak şekilde üst kısma kavis verilir. Temelden çıkan topraklar, eşiğin arkasına yığılır. Eşiğin üst kısmı mümkünse derede bulunan taşlarla kapatılarak suretiyle çuvalların güneşten korunması sağlanarak dağılması önlenir. Eşiklerin arkası ve bol topraklı dere tabanı en erken mevsimde yöreye uygun fidanlarla ağaçlandırılır.

Yüzeysel akışın fazla olduğu alanlarda, rüsubat birikmesinin yoğun olması sebebiyle aşırı birikme, yapılan seddelerin kısa sürede tahrip olmasına sebep olduğundan bu tür alanlarda kullanılmamalıdır.



Fotoğraf 20: *Çuvallı Sedde Tesisi, Menzelet Baraj Havzası – Kahramanmaraş*

4.3.1.11 Diğer Tesisler

Oyuntu ve yamaç ıslahında pahalı sınaî tesisler yerine, sürgün veren ağaçlardan alınan çeliklerin doğrudan toprağa çakılması suretiyle çok daha ucuz yolla kalıcı tedbirler alınabilir.

Bu metotla oyuntu ıslahı, yatağın denge eğimine göre değil, sel yatağının her bölümündeki özel duruma göre belirlenen ve her bölüm için farklı olabilen ağaçlandırma tekniği uygulanabilir.

4.3.1.11.1 Cansız Ahşap Eşikler

Oyuntu tabanına veya dal yamaçlara dik olarak çakılan kazıklara, bölgede bol bulunan ince ağaçların odunu ve çubukları yatay şekilde yerleştirilir ve eşik oluşturulur. Eşik arkası toprakla dolduktan sonra yöreye uygun türlerle ağaçlandırılır.



Fotoğraf 21: *Cansız Kazık ve Ağaç Dalları ile Tesis Edilmiş Yamaç Islahı, Fransa*



Fotoğraf 22: *Cansız Kazık ve Ağaç Dalları ile Tesis Edilmiş Teraslar, Yöreye Uygun FidanlarlaAğaçlandırılmalıdır, Fransa*

4.3.1.11.2 Canlı Kazıklarla Oyuntu ve Dere Islahı

Sel yatağının düzenlenmesi ve yatakta sellerin taşıdığı materyalin durdurulması amacına yönelik olarak havzanın rutubeti bol topraklı oyuntularına, akan yamaçlarına ve dere mecralarına, sürgün verme kabiliyeti yüksek olan Söğüt, Kavak, Çınar ve Yalancı Akasya gibi ağaçlardan hazırlanan canlı kazıkların yamaçlara ve dere tabanına çakılmak suretiyle derenin süratle ağaçlandırılması ve böylece ıslahı sağlanabilir.



Fotoğraf 23: *Topraklı Dere Tabanlarında Canlı Kazıklarla Tesis Edilmiş Oyuntu Islahı, Fransa*



Fotoğraf 24: *Canlı Kazıklarla Oyuntu Islahı, Fransa*



Canlı kazıkların sürgün verebilmesi için en az yarısı toprağa girmelidir.

4.3.2 Ana /Yan Sel Deresindeki Enine Yapılar

Bir su toplama havzasının, sel derelerinin 3 m'den daha derin olan kısmından, birikinti konisine kadar (boğaz bölgesi dahil) olan bölümü ana sel deresidir. Ana sel deresi bölümü mecra ıslahında, havzanın en önemli bölümüdür. Dere havzasının bu bölümünde alınacak önlemlerin türü, miktarı ve boyutları, yukarı havzanın karakteristikleri ile yakından ilgilidir. Su toplama havzasının genişliği, bitki örtüsü durumu, toprak, jeoloji, eğim, hidrolojik karakteristikleri ve bu kısımda alınacak önlemler, boğaz bölgesinde ıslah çalışması yapılıp yapılmayacağı ve tesislerin niteliklerinin belirlenmesinde etken olur.

Havzanın ana sel deresi bölgesinde yapılabilecek tesislerin başlıcaları;

- Islah Sekileri
- Tersip Bendleri
- Sel Tırmıkları
- Taban Kuşakları
- Britler
- Kıyı Duvarları
- Mahmuzlar
- Taş Dolgu ve Anroşmanlardır.

Taş dolgu ve anroşmanlar oyuntuların tahkiminde ve akarsuların korunmasında emniyetli bir şekilde kullanılır; ancak, bu tesisler yapıldıktan sonra, ağaçlandırma veya diğer biyolojik önlemlerle güçlendirilmelidir.

Dere havzasının ana sel deresi bölümünde alınacak önlemler, su toplama bölgesinde alınan önlemlerin beklenen sonuçlarına göre belirlenir. Bu önlemler, taşıntı konisi bölümüne geçecek su ve materyal miktarını ve bu materyalin iriliğini düzenleme amacına dönüktür. Su toplama bölgesinden gelen materyal ana sel deresi bölümünde yapılan enine tesisler tarafından tutulur. Bu tesislerin arkası rüsubatla dolduktan sonra, yukarıdan gelen materyal birikme konisine taşınır

Havzada; teraslandırma ve ağaçlandırma, meşe imarı çalışmaları, koruma yoluyla diri örtünün geliştirilmesi gibi yamaç arazi ıslahına dönük tüm önlemler alındıktan sonra ana ve yan derelere gidecek su miktarları ve oyulmaların devam edip etmeme durumuna göre ana sel derelerinde sınai tesislerin yapılıp yapılmayacağına karar verilir. [15]

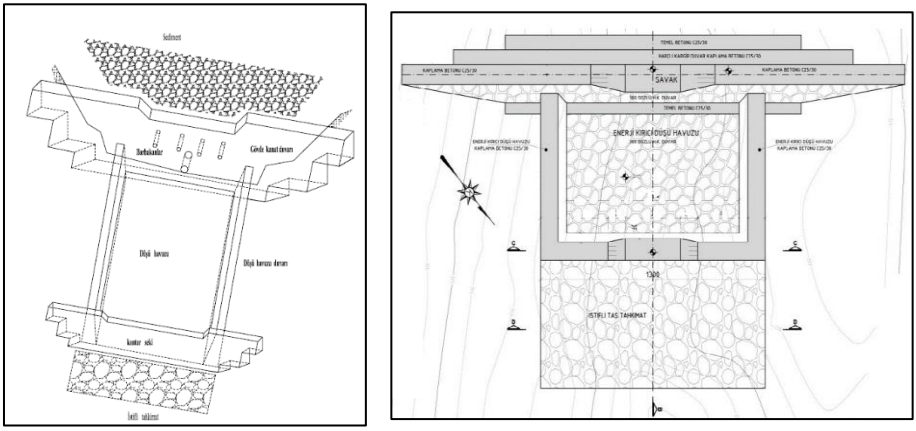
4.3.2.1 Islah Sekileri

a) **Tanımı**

Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliğinde;

"Islah sekisi: Akarsularda taban eğiminin düşürülerek suyun hızının, dolayısıyla sürükleme gücünün azaltılması suretiyle mecralardaki oyuntuları önlemek için dere eksenine dik olarak inşa edilen, sel derelerinde tabanın korunması, göçüntülü ve heyelanlı kıyıların ve yamaç eteklerinin desteklenmesi, sediment taşınımının azaltılması ya da taşınan fazla sedimentin uygun yerlerde depolanması amacıyla yapılan tek ya da bir dizi yapıyı" [1] İfade eder, şeklinde tanımlanmıştır.

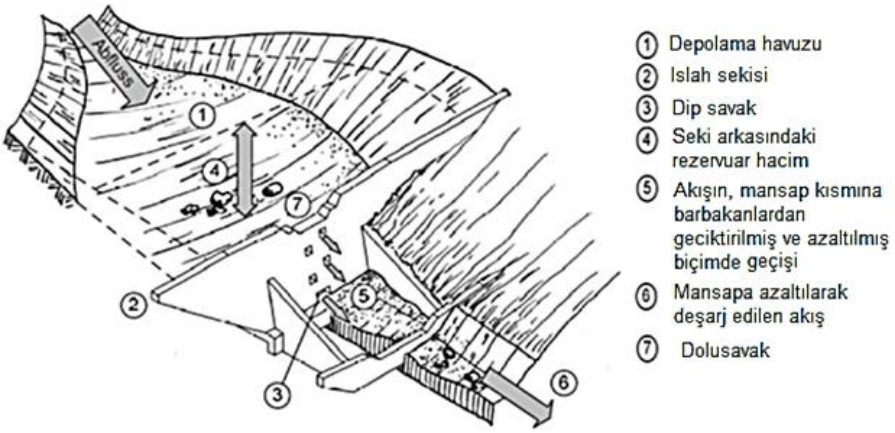
Enine yapıların en etkili olanı ıslah sekileridir.



Şekil 19 a,b: *Düşü havuzlu bir ıslah sekisinin genel görünümü ve bileşenleri*



Fotoğraf 25: *Islah Sekisi Genel Görünümü*



Şekil 20: *Islah Sekisi* [17]

b) Amacı

Mecra ıslahında kullanılan enine yapılardan en etkili olanı ıslah sekileridir. Çoğu kez tersip bentleriyle karıştırılan ıslah sekilerinin ana fonksiyonları, inşa edildikleri yerde ve membaya doğru belirli bir mesafe içinde, dere taban ve kıyılarını erozyona karşı korumak, oyulmalar sonucu oluşan yamaç göçmesi ve heyelanları kontrol altına almaktır. Bu ana fonksiyonlarının yanı sıra;

- Büyük boyutlu yatak yükünün hareketini durdurmak,
- Belirli bir mesafede derenin eğimini düşürmek,
- Dere tabanında çökelmiş materyali yeniden taşınmaktan alıkoymak,
- Daha yukarıdan gelecek sedimenti durdurmak ve bir kısmını depolamak,
- Daha yukarıda yapılmış ve yapılacak olan diğer tesislere dayanak oluşturmak,
- Bir miktar suyu geçici olarak depolamak.

Ancak esas amaçları, önceden açıklandığı gibi toprağı olduğu yerde tutup, aşınmayı ve taşınmayı yani sediment oluşumunu önlemektir**.**

Islah sekileri adından da anlaşılacağı gibi derelerde bozulmuş olan doğal dengeyi eski haline getirerek ıslah görevi yaparlar.



Fotoğraf 26 a.b: *Bir mecra oyuntusunun ıslah sekileri ile kontrolü Suşehri-Çamlıgöze Barajı Uludere, (Sümer, N. 2004.)*

c) Islah Sekilerinin Sınıflandırılması

Sekiler inşaatlarında kullanılan malzemeye göre; kargir, kuru taş, miks, beton, gabion (fildöfer), ahşap ve toprak seddeli ıslah sekileri olarak ayrılır. Bu tiplerin seçimini büyük ölçüde taşkın debileri, yöredeki malzeme cinsi ve ekonomi belirlemektedir. Ülkemizdeki uygulamalarda ıslah sekisi inşasında en çok kargir duvar kullanılmaktadır. Bazı zorunlu hallerde ise beton sekiler de inşa edilmektedir. Ana mecralarda kuru duvar ve miks duvarla seki inşası, mecralarda suyun seki memba tarafında birikmesi sonucu kuru duvar yarıklarından mansap yüze basınç yapması nedeniyle, bu yüzde hasarlar oluşturması ve yapının yıkılmasına neden olması dolayısıyla terkedilmiştir. Bu yapı tipleri oyuntu ve yan derelerin tahkiminde kullanılmaktadır.

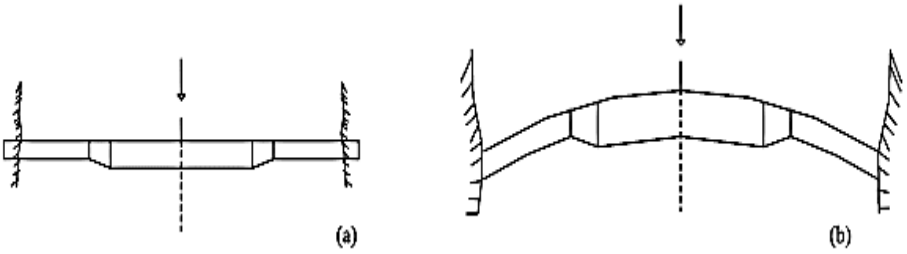
Ahşap sekiler, Ülkemizde ekonomik nedenlerle tamamen uygulama olanağını yitirmişlerdir.

Gabion (Fildöfer) sekiler ise, fazla materyalli derelerde hasarlar oluştuğu ve fazla bakım ve onarım gerektirdiği için tercih edilmemektedir.



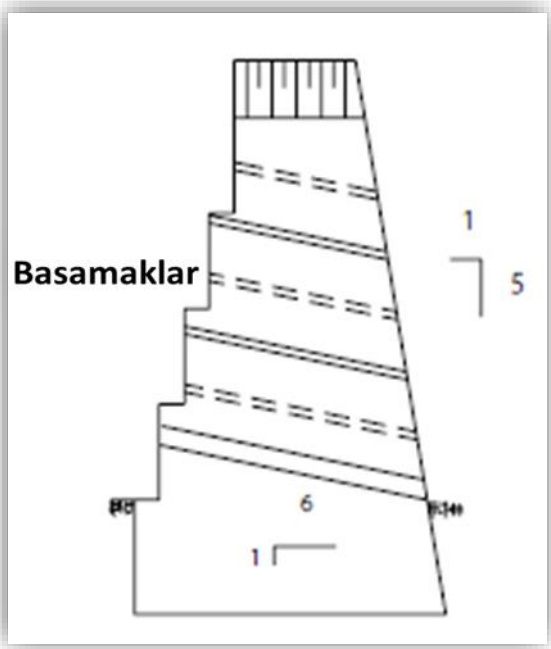
Fotoğraf 27*: Harçlı Islah Sekisi (Kargir Duvar) Giresun, Sipahi Deresi*

Islah sekileri izdüşümlerine göre; **düz eksenli** sekiler ve **kavisli** (kemer) seki tipinde olabilir **(**Şekil 21**)**. Kemer sekiler, derelerde açıklığın fazla olmadığı, yamaçların ise kayalık ve sağlam olduğu dere kesitlerinde, daha emniyetli yapılar yapmak ve küçük yapı kesitleriyle büyük kuvvetlere karşı koymak amacıyla kemer şeklinde inşa edilmektedir.



Şekil 21: Düz eksenli (a) ve kemer (b) sekiler

Kesit olarak en çok kullanılan ve tercih edilen seki tipi, ekonomi ve statik açıdan en uygun olan yamuk kesitli seki tipidir. Bu tipte memba yüzü dik olmakta, mansap yüzüne ise %20-25 eğim verilmektedir.



Ekonomi sağlanması açısından özellikle yüksek yapılarda memba yüzünde kademeli basamaklar yapılmaktadır (Şekil 22). Çok yüksek ve dar kayalık kanyonlarda memba ve mansap yüzü dik sekiler inşa edilir.

Şekil 22: *Bir ıslah sekisinin memba* yüzündeki kademeli basamaklar.

Sekiler işlevlerine ve derelerdeki problemin durumuna göre;

- Münferit,
- Dere mecrasında olan oyulmalar ve yamaç göçmeleri boyunca **sistematik** (bir sıra)
- Heyelanlar ve büyük yamaç göçmelerini önlemek için, birbirinin dolgusu üzerine kademeli olarak inşa edilen **breton** sekiler ve
- İri taşıntıyı tutup daha küçüklerini bırakmak üzere, gövdesinde bırakılan açıklığın yatay ya da düşey doğrultudaki tutucu elemanlarla bölündüğü **geçirgen** ıslah sekileri olarak ayrılırlar. [16]



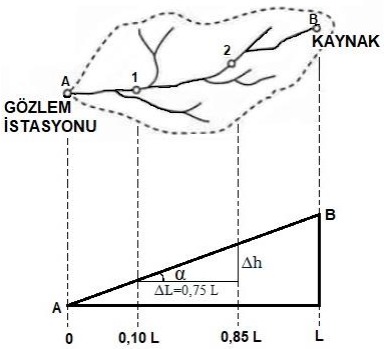
Fotoğraf 28: *Kademeli (breton) sekiler Kuyucak Şerabat dere, (Çokbaşaran, G. 1978)*

d) Akarsu Eğimi ve Dere Uzunluk Profilinin Alınması

d1) Akarsu Eğimi

Benson yöntemi: Akım gözlem istasyonundan (çıkış noktasından) itibaren kaynak yönündeki toplam ana dere uzunluğu saptanır.

Ana dere uzunluğunun %10'u ile %85'i harita üzerinde işaretlenerek elde edilen iki noktayı birleştiren doğrunun eğimi ana dere eğimini verir.



Benson Eğimi

$$tg\alpha = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

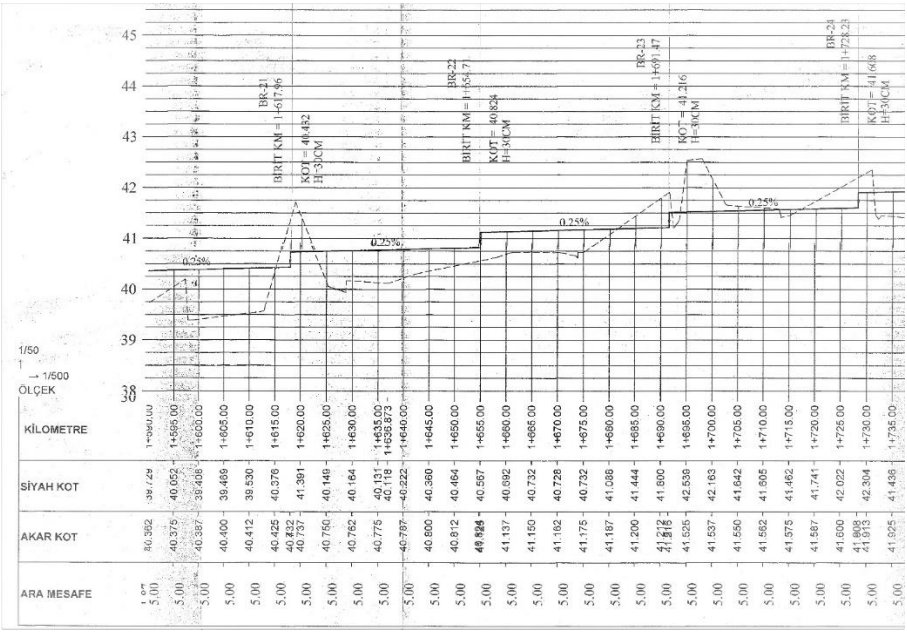
Şekil 23: *Akarsu Eğimi (Benson)*

d2) Dere Uzunluk Profilinin Alınması

Dere uzunluk profili, havzanın boğaz bölgesinin birikme konisine açıldığı noktadan yukarıya doğru alınır. Birikme konisinde de tesis yapılacaksa; uzunluk profili, koninin mansap kısmından itibaren alınır.

Derenin uzunluk profilinin tespitinde; derenin baraj inşaatına uygun olan noktalar arasındaki mesafe, eğim ve yükseklik farkları belirlenir. Bu ölçümler için bir şerit metre ve bir klizimetre yeterlidir. Uzunluk profili kâğıt üzerine geçirilirken, ölçme noktaları arasındaki kot farklarının daha belirgin bir şekilde gösterilebilmesi açısından, yükseklik ölçeği, mesafe ölçeğinden daha büyük alınabilir. Örneğin; mesafeler için ölçek 1/1000 alındığı takdirde, yükseklik ölçeği 1/ 200 ya da mesafe ölçeği 1/2000 olduğu zaman yükseklik ölçeği 1/ 500 olabilir. Ölçeklerin ne olması gerektiğine derenin uzunluğuna ve en üst nokta ile en alt nokta arasındaki kot farkına göre profili alan teknisyen karar verir.

Uzunluk profilinin arazi etüdü esnasında, baraj yapımı ile ilgili derenin diğer karakteristikleri de belirlenir. Örneğin; kayma ve yıkılma, şiddetli oyulma olan yerler, tesis yapılmasına gerek görülmeyen sağlam yapılı kısımlar, baraj tesis edilecek bölümler ve buralarda tesis için uygun olan veya uygun olmayan noktalar belirlenip, kroki üzerinde işaretlenir. [15]



Şekil 24: *Dere Uzunluk Profili*

e) **Islah Sekisi Yer Seçimi**

Seki yer seçiminde;

- Sekinin inşa nedeni,
- Hidroloji,
- Temel özellikleri gibi faktörler oldukça önemli rol oynar.

Yer seçiminde en önemli faktör sekinin inşa nedenidir. Islah sekileri, problem olan mecra kesiminin hemen mansabında inşa edilecekleri için yerleri aşağı yukarı bellidir.

En ekonomik kesit, genellikle dar kesit olmakla beraber; deredeki taşkın debilerinin büyük olması halinde, dar kesitlerde savak yükünün normalin üzerinde çıkmasına neden olacaktır. Bu da yapı kanat duvarları, seki ve düşü havuzu ebatlarının çok büyük olmasına dolayısıyla derelerde inşa edilecek sekilerin maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla derenin en dar yeri her zaman için seki inşasında en uygun yer olmayabilir.

Temel, sekinin maliyeti açısından oldukça büyük rol oynar. Seki temelinin sağlam olması açısından, dere tabanındaki kayalıklar en uygun yerler olup, inşaat maliyetleri düşük olmaktadır. Ancak, derelerde kayalık zeminler az bulunduğu için, sekileri genellikle kum-çakıl bir zemin üzerine oturtmak zorunluluğu doğmaktadır. Dere mecrasında çakılların büyük olması durumunda ise sızma tulü oldukça büyük çıkmakta, bu tulü karşılamak için dikey palplanşlar çakılarak oluşturulacak geçirimsizlik perdesi ise maliyetleri artırmaktadır.

Kil ve çamurlu zeminlerden genel olarak kaçınmak gerekir. Killi temellerde sızma tulü kısa çıkar. Kil zeminler su aldıklarında şişer, bünyelerindeki suyu attıklarında ise büzülmeler olur. Bu nedenle zeminde kayma ve çökmeler oluşur. Ayrıca yamaçlardaki çökmelerden dolayı kaymalar da olmaktadır. Derelerde yamaçları stabil olmayan, göçme ve heyelan olan mecra bölümlerinden kaçınılmalı ve mecbur kalmadıkça bu kesimlerde seki inşa edilmemelidir.

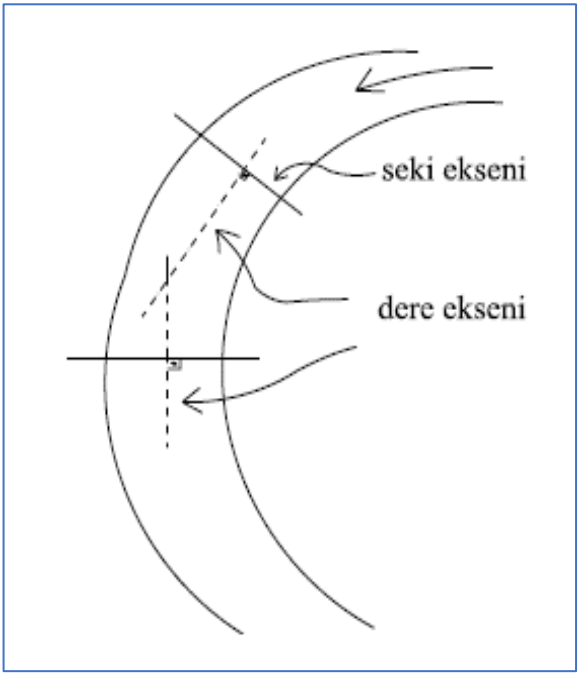
En mansapta inşa edilecek sekilerde mecrada kayalık zemin bulunamadığı zamanlarda, temelin emniyeti ve sağlamlığı yönünden önünün anroşmanla kaplanması, temelin mansaba doğru uzatılarak dişli yapılması ve kontur seki inşası gibi gerekli önlemler alınmalıdır. Sekilerin temellerini suyun oyma zararlarından korumak için yeteri kadar derin açılmalıdır. Uygulamada derelerin çoğunda mevcut olan kum-çakıl zeminlerde seki yüksekliğine (temel ve dolu

savak yüksekliği hariç) göre, Tablo 2' deki temel derinlikleri ön boyutlama olarak alınmaktadır.

Tablo 2: Seki Yüksekliklerine Göre Temel Derinliği

Seki Yüksekliği (m)	Temel Derinliği (m)
1-2.5	1
3-4.5	1.5
5-7	2
7.5-10	2.5
>10	3

Derelerde inşa edilecek ilk ve aralardaki kilit yapılarda temel için kayalık zemin bulunmadığı takdirde, zemin sert toprağa kadar kazılır ve bunun üzerine basıncı daha iyi yaymak için betondan bir hatıl atılır. Ayrıca yapıyı oyulmalara karşı korumak için kontur seki ve düşü havuzu gibi yapılar da yapılır. Derelerde mevcut materyal birikintileri üzerine inşa edilmesi zorunlu olan sekilerde genelde bu şekilde yapılır.



Yamaçlarda temeller dik açılı dişler şeklinde yapılır. Yapı kanat duvarları yamaçlara en az 1.5 m girmelidir.

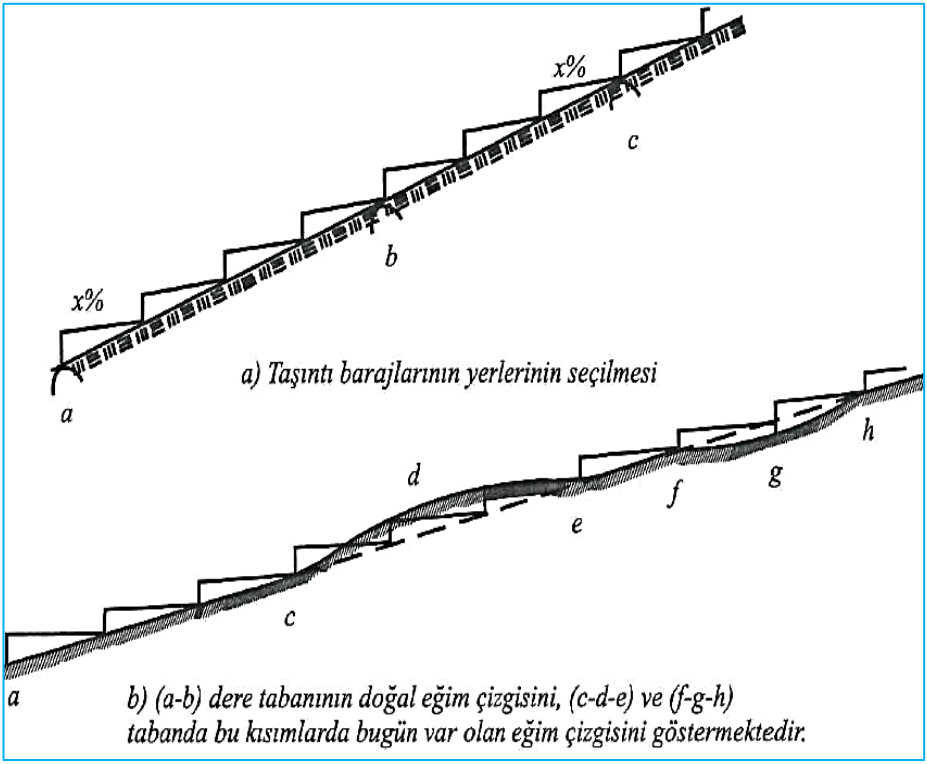
Sekiler doğrularda dere eksenine, kurplarda ise kurp eksenine dik olacak şekilde inşa edilirler.

Şekil 25: *Akım doğrultusu ile seki ekseni arasındaki ilişki*

İnşaat malzemesi naklinin mümkün olduğu kadar kolay olduğu yerler seçilmelidir.

Eşik yüksekliğinin 6-7 m 'den daha fazla olmayacağı kabul edilerek (K.AŞK), alttaki barajın arkasında meydana gelecek birikintinin, üstteki barajın ayağına kadar uzanması gerektiği; baraj yapılacak noktada zeminin sağlam olması, taban ve yan oyulmaların bulunmaması, derenin dikine profilinin maliyeti çok fazla artıracak kadar geniş olmaması vb. hususlar dikkate alınarak olası baraj yerleri belirlenir. Baraj yükseklikleri ve kompansasyon eğimi (denge eğimi) belirlendikten sonra, hangi noktalarda seki yapılacağına karar verilir.

Seki inşaatı için uygun görülen yerler, uzunluk profili üzerinde işaretlenir. (Şekil-26/a,b) [16]



Şekil 26: *Islah Sekisi yerlerinin tespiti*

f) Seki Yükseklik ve Aralıklarının Hesabı

fa) Denge Eğimi Hesabı

Sekilerin inşasındaki ana amaç, seki aralarında biriktirilecek sedimentle derede bir denge eğimi oluşturarak, kıyı ve taban oyulmaları ile bu oyulmalar sonucu oluşan yamaç göçmeleri ve heyelanları önlemek olduğuna göre, projelendirmeden önce oluşacak denge eğiminin bilinmesine ihtiyaç vardır.

Bir mecrada mevcut topografik, jeolojik ve hidrolojik koşullar altında, suyun erozyona neden olmadan akmasını sağlayan eğime **denge eğimi** denmektedir. Diğer bir deyişle; suyun aşındırma gücü, zeminin aşındırmaya karşı olan direncine eşittir. Denge eğimi zeminin cins ve yapısına bağlı olarak büyük değişiklikler gösterdiği gibi, suyla taşınan malzemenin özgül ağırlığı, tane boyutu ve granülometrisi, denge eğiminin oluşmasını etkileyen en önemli faktörlerdir.

Bir dere için denge eğiminin değeri bir taraftan en yüksek su seviyesine, diğer taraftan tabandaki taşıntının büyüklüğüne tabidir. Bundan dolayı denge eğimi kısa mesafeler içerisinde değişmeyebilir. Ancak dere boyunca denge eğimi sabit kalmaz. Çünkü, deredeki yüksek su seviyesi ve buna bağlı olarak suyun taşıma kuvveti yukardan aşağıya doğru, dere havzasının genişliğine bağlı olarak yavaş yavaş yükselmektedir. Taşıntı malzemesi boyutları ise, yukarıdan aşağıya taşınırken birbirlerine sürtünmesi nedeniyle küçülmektedir. Bu nedenle derelerde denge eğimi mansap bölümlerine doğru devamlı olarak azalır. Denge eğiminin değişmemesi için, derede enine profilin ve akım şartlarının değişmemesi gerekir. Bu ise sel derelerinde mümkün değildir.

Seri halde ıslah sekisi yapılması gerektiği zaman ıslah sekisinin bir alttaki sekinin gerisinde teşekkül edecek birikinti içine gömülmemesi açısından denge eğiminin bilinmesi ve ıslah sekileri arasındaki mesafenin denge eğimine göre hesaplanması önemlidir. Denge eğimi oluştuktan sonra, dere tabanı oyulmaz ve büyük materyalin taşınması durur.

Denge eğimini yaklaşık olarak veren bazı formüller geliştirilmiş olmasına rağmen, bu formüllerdeki parametreleri tespit etmek oldukça zordur. Bundan dolayı, özellikle sel derelerinde denge eğimini veren formüller takribi sonuçlar vermektedir.

- Bunların en basitlerinden biri olan **Valentini** formülü;

$$tga = \frac{\mathbf{c.a}}{\mathbf{R}}$$

Burada;

tga : Denge eğimi (%)
c : bir katsayı (c=0,093)
a : Ortalama sediment tanesinin hacmine eşit hacimdeki bir küpün kenar uzunluğu (m)
R : Yatak enkesitinin hidrolik yarıcapı (m), (Rıeld / Zachar, 1984)

- Diğer bir basit formül de **Steiger** formülü olup;

$$tga = \frac{\mathbf{k.L}}{\boldsymbol{h}}$$

tga : Denge eğimi (%)
k : bir katsayı (ortalama olarak *k* = 0,5)
L : derede taşınmakta olan en büyük tanenin uzunluğu (cm)
h : suyun derinliği (cm), (Tavşanoğlu, F. 1974)

- **Kritik hızdan hareketle** denge eğimini veren formül ise;

$$Vkr = c.\sqrt{R.i}$$

$$i = \frac{v_{kr}}{c^2 \cdot R}$$

şeklinde ifade edilir. Burada;

V_{kr} : Kritik hız (taşıntının harekete geçmesi için gerekli olan en düşük su hızı (m/s)
c : Hız katsayısı (**Bazin** formülü ile hesaplanır, boyutsuz)
R : Hidrolik yarıçap (m)
i : denge eğimi (%)

Denge eğimi, geçmiş tecrübelerden elde edilmiş bilgilere ya da laboratuvar sonuçlarına dayanarak belirlenir. En iyi yaklaşımı ise uzun zaman değişmemiş iki profil arasında kalan mesafenin eğimi verir. Uygulamada çok düşük eğimli (%1-2) dere yataklarında denge eğimi sıfır (0) olarak alınmaktadır. Yüksek eğimli (%15'den fazla) yan kollarda ise, pratik olarak mevcut eğimin yarısı denge eğimi olarak kabul edilmektedir (Kırık, S.1985). Aradaki eğimlerde ise tecrübelere dayanarak veya oluşmuş denge eğimleri varsa, bu eğimler göz önüne alınarak denge eğimi belirlenmektedir. Tahminlere dayalı eğimin biraz yüksek tutulması ileride dengenin oluşmadığı anlaşıldığında, mevcut yapıların biraz daha yükseltilmesi ya da mevcut yapıların arasına yeni yapılar inşa edilerek amaca ulaşılması uygulamada tercih edilen geçerli yoldur. [16]

Denge eğimi hakkında genel bir fikir vermesi açısından; seri olarak tersip bendi inşa edilecek dere tabanlarında azami denge eğiminin %8 olarak kabul edilebileceği belirtilmektedir. [15]

fb) Seki Sayısı ve Yüksekliklerinin Hesabı

Seki sayısının ve yüksekliklerinin tespitinden önce, mecranın ıslah edilecek bölümünün en alt noktası ile en üst noktası arasındaki kot farkının hesaplanması gerekir. İki nokta arasındaki kot farkı bulunduktan sonra, şayet yalnızca 1 adet ıslah sekisi inşası ile sorun çözümlenecekse, hesaplar ve arazideki tespitler ona göre yapılır. Şayet kot farkı fazla ise ve birden fazla seki yapılması gerekiyorsa sekilerin toplam yükseklikleri hesaplanır. Mecranın doğal eğimi ile denge eğimi arasındaki farka göre hesaplanacak en alt nokta ile en üst nokta arasındaki kot farkı, aynı zamanda toplam seki yüksekliğidir; çünkü, bir barajın etki mesafesi, savak yüksekliğinden itibaren, denge eğim hattının dere tabanını kestiği noktaya kadar devam eder.

Mecraya eşit aralıklarla bir dizi seki yapılacaksa, dere tabanının doğal eğimi, mecra genişliği, arazi yapısı, tesis maliyeti vb. faktörler dikkate alınarak ortalama seki yüksekliği belirlenir ve bu yüksekliğe toplam seki yüksekliği bölündüğü zaman da seki sayısı bulunur.

Birbirini takip eden bir dizi seki yapılmakla birlikte sekiler farklı yükseklikte olabilir. Çünkü, mecranın bazı noktaları seki yapımına çok uygun olabilir. Böyle durumlarda, uygun noktalar ile inşa edilecek seki yüksekliği belirlenir ve etki

mesafesi hesaplandıktan sonra, aralarda seki inşa edilecek noktalar ve seki yükseklikleri hesaplanır.

Tek seki inşa edilecekse veya müstakil etki alanlarına sahip sekiler yapılacaksa, bu sekilerin yerlerinin belirlenmesi, yükseklik ve etki alanlarının hesaplanması için aynı yöntemler uygulanır.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı gibi seki inşasına karar vermeden önce ve sekilerin yerlerinin belirlenmesi, yüksekliklerinin hesaplanması aşamalarında, tesis maliyetinin karar vermede en önemli etken olduğu da dikkate alınarak, çok iyi arazi etüdü yapılması gerekmektedir. [15]

Seki Yüksekliği Hesabı:

Sekilerin yüksekliği, sekinin inşa amacı, yapılacakları yerlerdeki tabanın eğimi, korunacak yatak uzunluğu ve yamaçların jeolojik yapılarına göre değişir. Kayalık, sarp, dar ve sağlam yamaçlı kesitlerde, yayvan ve çürük arazide inşa edilen geniş ve alçak sekilere göre daha yüksek sekiler inşa etme olanağı vardır. Ayrıca, dere boyunca yol ve yerleşim yerlerinin durumu da seki yüksekliğinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulur.

Derelerde erozyonla kısa bir mesafede mücadele etmek gerektiği takdirde, yeterli yükseklikte tek bir sekiyle dere, taban, kıyı ve yamaçlarına hakim olmak mümkündür. Sekinin etkisi, denge hattının dere tabanını kestiği yere kadar devam eder. Bu durumda sekinin yüksekliği oranında etki alanı da büyür. Sekileri fazla yüksek inşa etmemek gerekir. Çünkü yüksek sekilerin inşası teknik açıdan daha komplike ve zor olduğu gibi, yapım ve onarım masrafları da fazladır. Yüksek bir seki, aynı yükseklikteki alçak birkaç sekiye oranla daha fazla sediment depolayabilirse de gövde hacmi, bu sekiye verilmesi gereken boyutlar nedeniyle alçak sekilerin gövde hacimleri toplamından daha fazladır.

Erozyon kontrol çalışmalarında asıl amaç sediment tutmak olmadığı gibi, suyun, yüksek bir sekiden geçmesine göre, yukardan aşağıya alçak birkaç sekiden geçmesi sonucu hızından daha fazla kaybedecek ve daha az erozyon oluşturacaktır. Ancak sekileri fazla alçak yapmamak da gerekir. Çünkü, bu takdirde suyun hızını azalma bakımından yeterli fonksiyonu olmayabilirler.

(V) kesitli ve fazla sediment taşıyan mecralarda, yüksek sekilerle tahkimat çoğu zaman daha iyi sonuç verir. Çünkü, alçak sekilerin böyle mecralarda yamaçlara hakim olamaması ya da sediment altında gömülme olasılığı vardır. [16]

Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği'nin "Madde2-(2) Aşağıda belirtilen hususlar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır:

b) Yukarı havza yamaç arazilerinde yapılması gereken ağaçlandırma, teraslama ile yamaç arazi ıslahı kapsamında üç metreden daha düşük yükseklikteki sel dereciği, sel yarıntısı ve sel derelerindeki oyuntu ıslahı ve benzeri toprak muhafaza çalışmaları," denilmekte olup;

Yine aynı yönetmeliğin 3.Bölüm

"Proje debisi ve hidrolik kesit onayı' 'başlığında

***MADDE 15* – (1)** DSİ dışındaki diğer kurum ve kuruluşlarca akarsular üzerinde inşa edilecek köprü, menfez, taşkın kontrol tesisleri gibi yapıların proje debisi ile hidrolik kesit tahkikleri, projeyi hazırlayan kurum ve kuruluşlarca hesaplandıktan sonra DSİ'nin görüşüne sunulur."

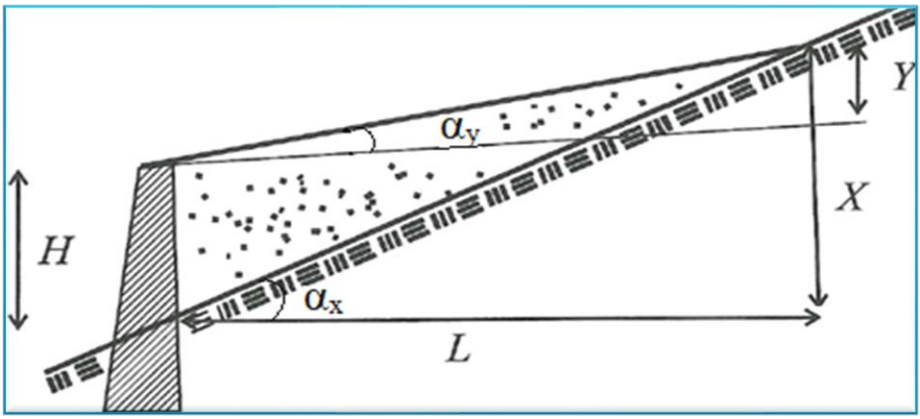
Maddesi uyarınca ***3m'den yüksek yapılarda DSİ 'nin görüşüne sunulması gerekmektedir***.

Seki Yüksekliği:

$$\mathbf{H = \frac{L(P_1 - P_2)}{100}}$$

H : Seki yüksekliği
L : Islah edilecek mecra uzunluğu,
P_1 : Mevcut mecra eğimi (%)
P_2 : Seki arkasının sedimentle dolmasından sonra oluşması beklenen denge eğimi (%)

formülüyle bulunur. [15]



Şekil 27: *Islah sekilerinde yüksekliğin hesabı*

Örneğin;

L= 50 m, P_1 = %14, P_2 = %8 ise;

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{L(P_1 - P_2)}}{\mathbf{100}} = \frac{50 \,.\, (14 - 8)}{100} = 3\ m$$

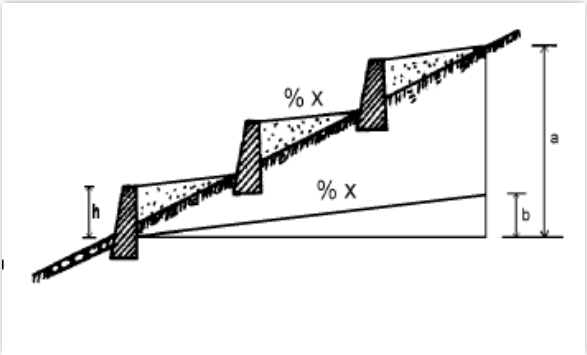
Seki Sayısı Hesabı:

Bir mecrada, belirli bir mesafe içinde birbirini izleyen ve birbirini kontrol edecek şekilde düzenlenen sekilere sistematik sekiler denilmektedir (Fotoğraf 31).



Fotoğraf 29: *Sistematik ıslah sekileri /Suşehri-Çamlıgöze Barajı Uludere, (Dinçsoy, Y. 2004)*

Belli bir mesafe içinde yükseklikleri eşit olan bir sıra sistematik seki inşa etmek istendiğinde, bunların sayısını veren formül (Şekil 26);



Seki Sayısı Formülü:

$$S = \frac{a - b}{h}$$

Şekil 28: *Islah sekisi sayısının hesabı*

S : Seki sayısı (adet)

a : Mevcut mecra eğimine ait ordinat (m) (*Mecranın en alt noktası ile en üst noktası arasındaki kot farkı (m). Bu değer tesviye eğrileri arasındaki kot farkından bulunur*.)

b : Denge eğimine ait ordinat (m) *(Denge eğimlinin, mecra eğimi olarak kabul edilmesi halinde, mecra uzunluğunun (L) iki ucu arasındaki kot farkı olup, denge eğimine göre hesaplanarak bulunur.)*

h : seki yüksekliği (m)

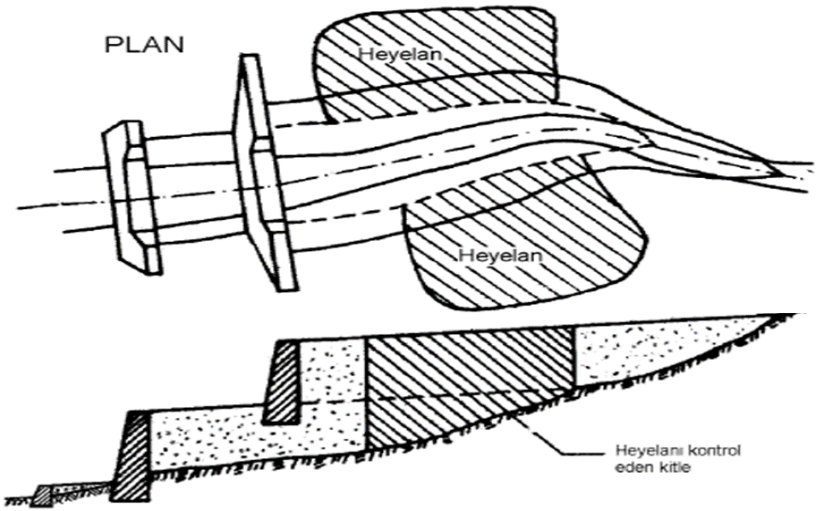
Ancak, uygulamada böyle düzenli ve elverişli bir mecra bulmak genellikle mümkün olmaz. Bu takdirde, kararlaştırılan seki yerlerinde birbirini kontrol edecek şekilde yüksekliklerinin belirlenmesi gerekir. Ancak, seki yükseklikleri belirlenirken, yüksek sekilerin inşasının teknik bakımdan daha güç olması, inşa ve onarım masraflarının fazla olması nedeniyle, sel derelerinin ıslahında özel durumlar dışında, sekiler 10-12 m' den daha yüksek yapılmaz. Taş ve beton olarak inşa edilen sekilerin yüksekliği genellikle 5-6 m'yi, ahşap olanlarınki ise 2 m'yi aşmaz.

Tek ya da sistematik olarak inşa edilen ıslah sekilerinin dışında, bir de kademeli ıslah sekileri (breton sekiler) uygulamada kullanılmaktadır (Şekil 29). Derelerde

taban ve kıyıların oyulması nedeniyle yamaçlarda oluşan büyük göçme ve heyelanların kontrolünde, kademeli düzenlenen sekilerin inşasına yönelmek gerekir. Bu düzenlemede, problemli yamaçların mansabında, sağlam bir kesitte, bir dayanak sekisi inşa edilir. Bu seki arkasının sedimentle dolmasından sonra gerekirse, geriye doğru öndeki sekinin dolgusu üzerine başka sekiler sırasıyla inşa edilirler. Böylece talveg kotu yükseltilerek, göçme ve heyelanları önleyecek hacimde bir topuk (destek) kitlesi oluşturulur. Oluşturulan kitle ile hareket halindeki yamaçların ve heyelanların stabilitesi sağlanır.

Breton sekilerin düzenlenmesinde dikkat edilecek noktalar;

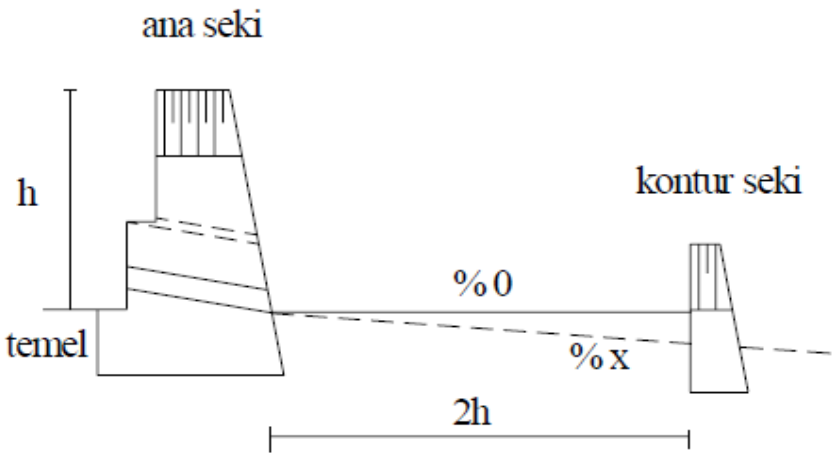
- Oluşturulacak kitlenin yamaçları stabil hale getirecek büyüklükte olması,
- Dayanak sekinin sağlam bir zemine oturtulması ve gerekirse önünün tahkim edilmesi,
- Seki aralıklarının sıçrama tulünden kısa olmaması,
- Her sekinin temel alt kotunun öndeki seki kret kotundan en az 1 m aşağıda olması,
- Dolu savaklarla oluşturulan akım seksiyonunun yamaçları etkilemeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.



Şekil 29: *Kademeli (breton) ıslah sekileri ile heyelan kontrolü (Bernard, J. 1960)*

Kontur sekilerde düşü havuzu işlevi gören ve seki temeli sağlam bir zemine dayanan, akıntı ekseni yönünde çok az çıkıntı yapan küçük bir sekidir (Şekil 20). Kontur sekinin fonksiyonu, savaktan dökülen suların oyucu tesirini önlemek amacıyla, radye üzerinde bir miktar su ve sediment biriktirmek suretiyle oyulmaları önlemektir.

Temel hariç, savak dahil seki yüksekliğinin iki katı bir mesafeye inşa edilen kontur sekiler ile ana yapı arasında, düşü yüksek ve zemin oyulmaya uygunsa radye tesisi düşünülmelidir.[15]



Şekil 30: *Ana seki ve kontur Seki (Kontur seki yüksekliği boyutlandırılması)*

fc) Yatay İzdüşümü Dikdörtgen Biçiminde Olan Eşiklerin Boyutlandırılmaları

Genellikle yükseklikleri 3 m'ye kadar olan sekiler için, pratikte denenmiş ve yeterliliği kabul edilmiş kesit ve boyutlarla yetinilebilir. Yüksekliği 3 m'den fazla olan ve özellikle 5 m'yi aşan taşıntı sekileri için ise gerekli kesit ve boyutların statik hesaplarla bulunması daha uygun olur.

Yatay izdüşümü dikdörtgen biçimindeki sekiler ağır sıklet duvarları olarak inşa edilmektedir. Enine kesitleri trapez biçiminde olan ve ağır sıklet duvarları olarak inşa edilen taşıntı sekilerinin, genellikle memba tarafı (su yüzü) düşey, mansap tarafı (hava yüzü) eğimlidir. Bu Harçlı Islah Sekilerin boyutları Wang'in düzenlediği tablodan alınabilir. (Tablo-3)

Tablo 3: Yatay İzdüşümü Dikdörtgen Şeklinde Olan Barajların Boyutlandırılması

En Büyük Eşik Yüksekliği (h) (Metre)	Havza Yüzü Eğimi (Max.)	Üst Genişlik (Metre)	Taban Genişliği (Metre)
4.50	0.25 h.	0.35 h.	0.60 h.
7.00	0.20 h.	0.41 h.	0. 61 h.
12.00	0.15 h.	0.46 h.	0.61 h.
28.00	0.10 h.	0.53 h.	0.63 h.
>28.00	0.05 h.	0.60 h.	0.65 h.

Prof. Dr. Tavşanoğlu -1974

g) Islah Sekilerinin Boyutlandırılması

Islah sekisi ve tersip bentlerinin projelendirilmelerinde hidrolik hesaplar ve statik tahkikler her iki yapıda da aynı şekilde yapılmaktadır. Hidrolik hesaplarda, yapının inşa edileceği yer ve yapının amacına göre farklı tekerrürlü debiler alınmaktadır. Yapıların statik sorgulaması, etki altında bulunacakları toprak, su cinsinden toprak ve hidrostatik basıncına göre farlı olmaktadır. Genelde ıslah sekileri yüksekliği 4-6 m, tersip bentlerinin ise 5-10 m olmaktadır. Çoğu zaman toprak basıncına göre yapılan hesaplarla elde edilen değerler, su basıncına göre yapılan hesaplamaların yarısını geçmemektedir. Sulu cinsinden toprak basıncına göre yapılan hesaplarda ise ikisinin arasında değerler elde edilmektedir.

Islah sekileri ve tersip bentlerinin üst ve alt genişliklerini veren çeşitli ampirik formüller vardır. Bunlardan bazıları;

a) Hoffmann formülü;

$$b : 0{,}462 \cdot H$$

Yüksekliği 8 m ve daha fazla olan yapılar için bu formül;

$b : 0{,}45 \cdot (H + x)$ şeklinde kullanılır (Hattinger, 1976).

Yüksekliği 8 m ve daha az olan yapılar için ;

$b : 0{,}35 \cdot (H + x)$ Kronfellner –Kraus formülü de kullanılır.

Bu formüllerde;

b : yapının taban genişliği (m)

H :yapının temel dahil yüksekliği (m)

x : dolu savak (akım seksiyonu) derinliği (m)

b) ***Yüksekliği 5 m'yi aşmayan yapılarda, yapının üst genişliği Avusturya'da çoğunlukla;***

$$\boldsymbol{k = 0{,}4 \cdot H} \text{ veya;}$$

$$\boldsymbol{k = 1 + \frac{H}{10}}$$

ampirik formülle hesaplanmakta ve üst genişliğin, taban genişliğinin yarısını aşmamasına dikkat edilmektedir. Bu formülde;

k : yapının üst genişliği (m)

H : yapının temel dahil yüksekliği (m)

c) Yapıların üst genişliklerinin hesaplanmasında Fransa'da kullanılan ampirik formül;

$\boldsymbol{k = 0{,}442 \cdot h_e}$ olup, burada;

k : yapının üst genişliği (m)

h_e *: y*apının efektif (temel hariç) yüksekliği (m)

d) Yükseklikleri 4 m' ye kadar olan yapılarda üst genişlik İtalya'da;

$$\boldsymbol{k = 0{,}70 + c \cdot h_e}$$

şeklinde ampirik formülle hesaplanmaktadır. Bu formülde;

k : yapının üst genişliği (m)

c : yatak yükünün büyüklüğüne göre 0,10-0,20 arasında değişen bir katsayı (boyutsuz)

h_e *:* yapının efektif (temel hariç) yüksekliği (m)

e) Hidrostatik basınca maruz, memba yüzü dik, mansap yüzü 1/5 eğimli yamuk kesitli ıslah sekisi ve tersip bentleri için;

Domentzey-Wang-Strele formülü;

$$d = 0{,}6 \cdot (H + x)$$ burada;

d : yapının taban genişliği (m)
H : temel dahil yapı yüksekliği (m)
x : savak yüksekliği (m)

Bulunan taban genişliğinden eğime göre üst genişlik hesap edilir.

Boyutları ampirik formüllerle hesaplanan yapıların boyutları, stabilite bakımından kesinlikle sorgulanmalı ve istenilen stabiliteyi sağlamadığı takdirde boyutlar duruma göre artırılıp azaltılmalı ve istenilen sonuca göre hesaplar tekrarlanmalıdır.

Yapıların kendi ağırlıklarıyla etki altında bulundukları basınçlara karşı dengede durabilmeleri için, yapının;

1) kaymaması,

2) devrilmemesi,

3) çatlayıp yarılmaması,

4) Zeminin ve yapının ezilmemesi gerekir.

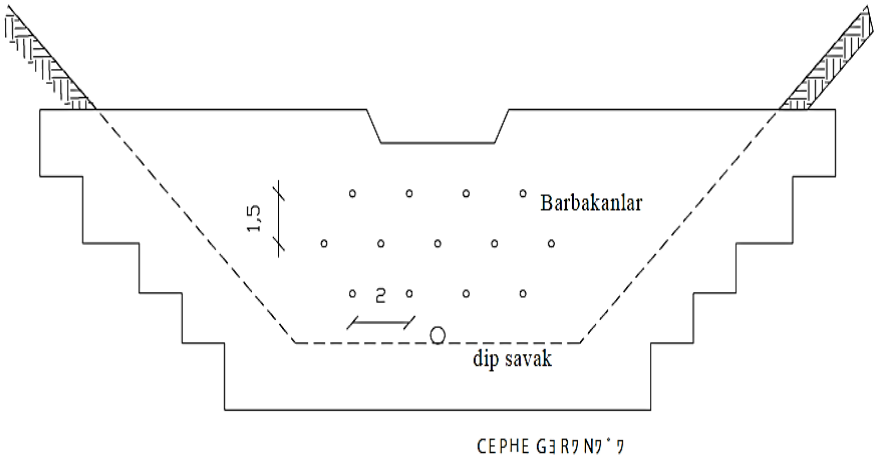
ga) Dip Savak ve Barbakanlar

Islah sekileri ve tersip bentlerinin inşaatları süresince inşaatın, derede bulunan akım dolayısıyla aksamaması ve suların tahliyesi için, derenin mevcut debisinin büyüklüğüne göre, dere talveg hizasında, yapıda dip savak dediğimiz bir ya da birkaç boşluk bırakılır. Yapının inşaatı tamamlandıktan sonra, memba yüzünde ince malzemeyi geçiren ancak iri malzemenin birikmesini kolaylaştırmak amacıyla, dip savakların önüne ahşap ya da demirden ızgaralar konması gerekir.

Dip savaklar, dik ayaklar üzerinde duran, silindirvari kemer şeklinde ya da dikdörtgen şeklinde taştan inşa edilir. Son yıllarda ki uygulamalarda ise, inşaat kolaylığı bakımından 0.40-0.60 m çapında büzler kullanılarak yapılmaktadır.

Derelerde inşa edilen yapıların rezervuarları havzadan gelen materyalle, durumuna göre belirli bir süre sonra dolacaktır. Bu materyalin küçük çaplı parçalardan oluşması ve fazla miktarda su içermesi nispetinde, yapıya yapacağı basınç büyük olmaktadır. Bu nedenle yüksek inşa edilen (genelde>2.5 m'den) yapılarda, materyal kitlesinin ihtiva ettiği suyu tahliye etmek için, ıslah sekisi ve tersip bentleri gövdelerinde **barbakan** adı verilen boşluklar bırakılır **(**Şekil 31).

Barbakanların şekil, büyüklük ve sayıları mevcut şartlara göre değişir. Barbakanların boyutları genelde 0.20 genişlik ve 0.30-0.40 m yükseklikte olup, 2 m yatay aralıklarla şaşırtmalı olarak yapılırlar. Barbakanlar arasındaki dikey aralık ise 1.5 m alınır. Barbakanlar yapı gövdesinde dikdörtgen şeklinde boşluklar şeklinde olabilecekleri gibi, 15-20 cm'lik büzlerin kullanılmasıyla da yapılırlar.



Şekil 31: *Bir yapıda dip savak ve barbakanların görünümü*

Dip savak ve barbakanlara mansaba doğru 6/1 oranında eğim verilir. Suların dip savak ve barbakanlardan tahliyesi esnasında, yapı içerisine sızıp zarar vermemesi için barbakanların yapımlarında yeterli titizlik gösterilmelidir. Barbakanlar büz kullanılarak yapıldığı takdirde, dolu savak üzerinden akan suların çarpma etkisiyle kırılmamaları için gövde hizasından kesilmeleri gerekir.

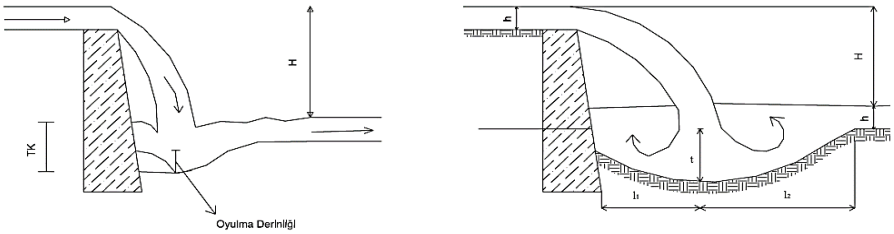
gb) Radye ve Kontur Sekiler

Islah sekisi ve tersip bentlerinde dolu savaktan düşen suyun çarpma etkisi nedeniyle yapının mansap bölümünde, korunmamış doğal zeminde, tabanda oyulmaya neden olur. Bu oyulmanın derinlik ve genişliğini, yapının yüksekliği, kret üzerindeki su düzeyinin yüksekliği, akımın şiddeti (debisi) ve zemini oluşturan materyalin kompozisyonu belirler.

Oyulmanın derinliği

$$T = (4{,}75 / d_{90}^{35}) * H^{0,2} * q^{0,57}$$

Şeklindeki Shocklitsch formülüyle hesaplanabilir (Hattinger, 1976**),** (Şekil 32).



Şekil 32: *Düşü yapısı önünde düşen suyun yatak tabanında yol açtığı oyulma ve uzunluğu*

Burada;

T *:* yapı önündeki oyulma derinliği ile su derinliğinin toplamı (m)

d_{90} *:* yatak tabanını oluşturan toprak partiküllerinin % 90'ının daha küçük, % 10'unun daha büyük olduğu standart çap (mm)

H : yapının arka ve ön yüzündeki su düzeyleri arasındaki kot farkı (m)

q : savağın 1 m'lik kısmından birim zamanda geçen akım miktarı (m^3/sn)

Bu formül ile elde edilecek (*T*)'nin, yatak tabanındaki oyulma derinliği (*t*) ile yapı mansabındaki oyulmamış yataktaki su derinliği (*h*)'ın toplamı olduğuna dikkat edilmelidir.

Oyulmanın yapının ön yüzünden itibaren etkili olacağı mesafe ve oyulmanın hangi noktada meydana geleceği de yaklaşık olarak hesaplanır.

$T=T+h$

$I_1 = T.\ (0{,}5 \pm 0{,}1)$

$I_2 = T.\ (1{,}8 \pm 0{,}2)$

$L=I_1+I_2$

Olmaktadır. Burada;

T =tabandaki oyulma derinliği ile yataktaki su derinliğinin toplamı (m)

t =tabandaki oyulma derinliği (m)

I_1 =suyun düştüğü noktanın yapıdan uzaklığı (m)

I_2 =suyun düştüğü noktanın oyulma ön kenarından uzaklığı (m)

L =yapıdan itibaren oyulmanın ulaşacağı mesafe (m) dir (Şekil 32)

Oyulma derinliğinin bulunmasında;

$$T = W \cdot \frac{H^{0,5} * q^{0,6}}{d_{90}^{0,4}}$$

formülünden de yararlanılabilir (Rield/Zachar, 1984). Bu formülde;

$$\boldsymbol{T = t + h}$$

W =bir oyulma faktörü olup, (d*)* değeri mm cinsinden verilmişse, bu faktörün değeri yaklaşık olarak 10 dur. [16]

Oyulma derinliğinin hesaplanması için "Computing Degradation and Local Scour, USBR, 1984" isimli kaynakta önerilen, Stochlist, Veronese, Zimmerman ve Maniak tarafından geliştirilen 3 farklı yöntem değerlendirilmiştir. Oyulma derinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda Stochlist yöntemi küçük yatak genişliklerinde daha doğru sonuçlar vermektedir. Veronese yönteminde ise yatak yükü dane dağılımı dikkate alınmadığından yüksek oyulma derinliği değeri vermektedir. [18]

Zimmerman ve Maniak'a Göre Oyulma Derinliği;

$$T = 2.89 \times \left(\frac{q^{0.82}}{d_{85}^{0.23}}\right) \times \left(\frac{h_{taşkın}}{q^{2/3}}\right)^{0.93} \qquad q = \frac{Q_{taşkın}}{B_{seç,}} \qquad t = T + h_{taşkın}$$

q: Savağın 1m'lik kısmından birim zamanda geçen akım miktarı (m^3/sn/m)

d_{85}: Yatak tabanını oluşturan toprak partiküllerinin %85'inden daha küçük olduğu standart çap (mm)

T: Yapı mansabında oyulma derinliği ile yatak su derinliğinin toplamı (m)

t: Oyulma derinliği (m) $h_{taşkın}$: Yatakta taşkın esnasında oluşan su derinliği (m)

Bir yapının mansabında oluşan oyulma sonucu, temelin açığa çıkması durumunda yapının stablitesini tehdit etmektedir. Bunu ortadan kaldırmak için, yapı temelini çok derine indirmek, kayalık zeminlere yapı yapmak gibi önlemler düşünülebilir. Bunun yanında radye, kontur seki ve anroşmanlarda kullanılır.

Radye yapı temelini oyulmalara karşı korumak, dolu savaktan geçen taş ve suların çarpma etkisini azaltmak, suyun hızını düşürmek amacıyla, yapının mansap tarafına yapılan ve toprağa gömülmüş bir nevi kaldırımdır. Radye harçlı kuru taş tarzında, ya da çimento harcı üzerine döşenmiş kesme taşlardan bir kaplama (pere) şeklinde yapılabilir. Düşü yatağına düşen suyun çarpma (darbe) etkisi yaratması nedeniyle, yatak koruma çalışmasının titizlikle yapılması gerekir.

Gerek harçlı ve kuru taş gerekse kaplama yapımında büyük boyutlu taşlar kullanılır. Bazen taşların yerlerinden oynamalarını önlemek amacıyla, beton bir alt tabaka içine gömülmesi düşünülebilir.

Radyenin aşağı ucunda, alttan oyulma tehlikesine karşı emniyet altına alınması gerekir. Bunun için genellikle kontur seki yapılır.

Kontur seki temeli sağlam bir zemine dayanan, akıntı ekseni yönünde çok az çıkıntı yapan küçük bir sekidir. Kontur sekinin fonksiyonu, savaktan dökülen suların oyucu tesirini önlemek amacıyla, radye üzerinde bir miktar su ve sediment biriktirmek suretiyle oyulmaları önlemektir.

Kontur seki iki şekilde yapılır. Ya kontur sekinin kretini radye içine gömerek ya da kreti radye seviyesinden yukarıda yapmaktan ibarettir. Birinci şekil sarfiyatın az olduğu mecralarla, yapı yüksekliğinin fazla olmadığı durumlarda yapılır. İkinci şekil ise sarfiyatın fazla olduğu mecralarda, yüksek inşa edilen yapılarda, radye üzerinde bir miktar su biriktirerek suyun hızının ve oyma tesirinin

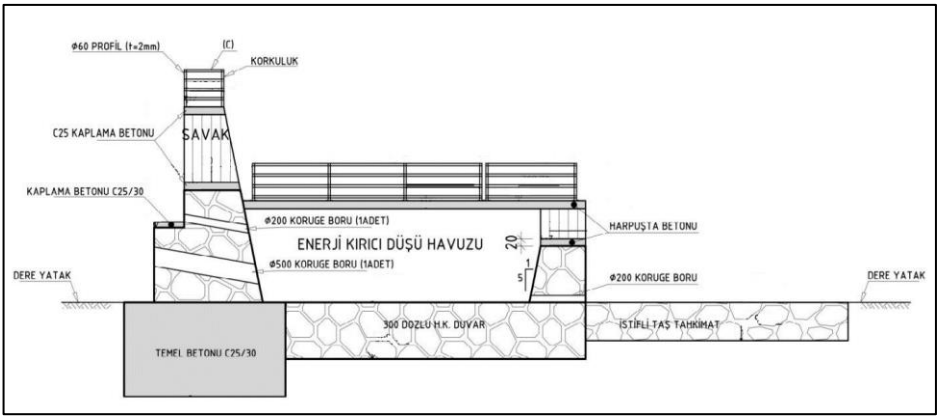
azaltılması gereken durumlarda uygulanır. Bazen kontur sekinin mansabında da oyulmalar görülebilir. Bu gibi durumlarda, kontur seki bir radye ve radye başı, ya da anroşman tahkimatla oyulmaya karşı korunur.

Radye, kontur seki ve anroşmanlar ıslah çalışmalarında önemli ve kilit yapıları korumak için uygulanırlar. Pahalı ve inşaatları zordur. Sık sık tahrip oldukları için devamlı bakım isterler.

Münferit yapılarda, sistematik ıslah sekilerinde ilk kademe yapısında, kilit yapılarda önlerinin oyulma tehlikesi varsa yapılmaları zorunludur.[17]

Radye uzunluğu hesabında, İtalya. Fransa ve diğer bazı ülkelerde,

$L = 2(h + x)$ formülü kullanılmaktadır. Burada;
L = radye uzunluğu (m)
h = temel hariç yapı yüksekliği (m)
x = dolu savak yüksekliği (m) [17]



Şekil 33: *Islah sekisi kesiti*

h) Islah Sekilerinin Hidrolik Hesabı

Dağlık arazi yan derelerinde genellikle yeterli akım gözlemleri yapılmadığı gibi, çoğu yan derenin devamlı bir sarfiyatı da yoktur. Genellikle yağışlı aylarda veya sağanak yağışlar sonucu oluşan taşkın anlarında sarfiyatları vardır. Bu nedenle,

derenin herhangi bir kesitinde beklenen akım değerleri formüllerle hesaplanır. DSİ'de, ***0-5 km² arasında yağış alanına sahip derelerde akım değerleri Rasyonel metotla, daha büyük yağış alanına sahip derelerde ise Mockus ve DSİ Sentetik Metot kullanılarak muhtelif tekerrürlü akımlar hesaplanmaktadır***. [16]

ha) Yatak Tahkiki

Yatak tahkiki yapı ekseninin bulunduğu kesitte su derinliği ve su hızının hesaplaması için kullanılmaktadır.

Yapıların dolu savak boyutlarının belirlenmesinde yaklaşım hızının dikkate alınıp alınmaması yapı boyutlarını etkilemektedir. Literatürde yapıların memba kısımlarında L=2,50 x hsavak mesafedeki kesitte hesaplanan hız yaklaşım hızı olarak kabul edilmektedir.

Yatak tahkikinde Manning Formülü kullanılmaktadır. [18]

Manning Formülü;

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times \sqrt{J} \qquad R = \frac{A}{P}$$

J: Eğim (m/m), R: Hidrolik yarıçap (m), A: Akış kesit alanı (m^2)
n: Pürüzlülük katsayısı, P: Islak çevre (m)

Manning pürüzlülük katsayısı Modifiye Cowan Yöntemi kullanılarak da hesaplanabilmektedir.

Modifiye Cowan Metodu (DSİ Formatı)

n_b: Yataktaki malzeme cinsine bağlı katsayı

n_1: Kanal şev durumuna bağlı katsayı

n_2: Kanal kesit değişimine bağlı katsayı

n_3: Kanaldaki engellere bağlı katsayı

n_4: Kanal bitki örtüsü durumuna bağlı katsayı

m: Kanal kıvrımlılık derecesi ($m= L_{yatak}/L_{kuş\ uç.}$)

L_{yatak}: Tahkik edilen akarsu kesiminin uzunluğu (m)

$L_{kuş\ uç.}$: Tahkik edilen akarsu kesiminin kuş uçuşu uzunluğu (m)

Cowan Yöntemi ve katsayıların seçimine ait ayrıntılı bilgi tablo halinde aşağıda sunulmaktadır. (Tablo 4)

Tablo 4: Modifiye Cowan Metodu (DSİ formatı)

$n = m.(n_b+n_1+n_2+n_3+n_4)$					
Yataktaki Malzeme Cinsi	Beton	Ort. Dane Çapı (mm)	--	n_b	0.012-0.018
	Kaya		--		--
	Sert Toprak		--		0.025-0.032
	İri Kum		1-2		0.026-0.035
	İnce Çakıl		--		--
	Çakıl		2-64		0.028-0.035
	İri Çakıl		--		--
	İri Taş		64-256		0.030-0.050
	Yumru kaya		>256		0.040-0.070
Kanal Şev Durumu	Pürüzsüz			n_1	0.000
		Beton Duvar			0.003
	Önemsiz	Taş Duvar			0.005
		İstifli Taş Tahkimat			0.008
	Orta	Ağaçsız Kaya / Toprak Yamaç			0.0010
		İstifsiz Taş Tahkimat			0.0015
	Şiddetli	Ağaçlı Yamaç			0.0020
Kanal Kesit Değişimi	Aşamalı			n_2	0.000
	Ara Sıra Değişen				0.005
	Sık Değişen				0.010-0.015
Kanaldaki Engeller (Birikinti,Tümsek, Düşü, Kaya, Köprü Ayağı)	İhmal Edilebilir	Engel/Kesit Alanı X 100	< % 5	n_3	0.000
	Önemsiz		%5-15		0.010-0.015
	Kayda Değer		%15-50		0.020-0.030
	Şiddetli		>%50		0.040-0.060
Kanal Bitki Örtüsü	Düşük			n_4	0.005-0.010
	Orta				0.010-0.025
	Yüksek				0.025-0.050
	Çok Yüksek				0.050-0.100
Kanal Kıvrımı	Önemsiz	Dere Uzunluğu / Kuş Uçuşu Uzunluk	1-1,2	m	1.000
	Kayda Değer		1,2-1,5		1.150
	Şiddetli		>1,5		1.300

hb) Dolu Savak Hesabı

hb1) Savak Kapasitesi ve Boyutlarının Tayini (Rasyonel Metot)

Baraj savak kapasiteleri, en yüksek taşkın debisine göre hesaplanır. Aksi halde taşkın sularının savaktan taşması durumunda, baraj kısa sürede tahrip olur ve yıkılabilir. Bu yıkılma, taşkın sularının kanat önlerini oyması sonucu meydana gelir.

Savak boyutlarının belirlenebilmesi için, belirli bir periyoddaki en yüksek taşkın debisinin bilinmesi gerekir. Debi hesabı için Rasyonel formülden yararlanılabilir:

Rasyonel Formül:

$$\mathbf{Q = C \times İ \times S / 3.6}$$

Q = Savak hesabına esas olacak maksimum debi (m^3/sn),

C = Akım katsayısı (Yağışın akım haline geçen yüzdesi),

İ = Suların toplanma süresi içindeki yağış yoğunluğu (mm/saat),

S = Yağış alanı (km^2)'dir.

C'nin değeri yağış alanının topoğrafik yapısına ve arazideki bitki örtüsü yoğunluğuna göre değişir. Toprağa inen yağışın tamamının yüzeysel akışa geçtiği kabul edilirse, C değeri 1 olarak kabul edilir. Bitki örtüsü yoğunluğu ve diğer etkenler nedeniyle, toprağa sızan veya buharlaşan suyun oranı arttıkça C değeri küçülmektedir.

Değişik şartlarda, C değeri olarak alınabilecek rakamlar (Tablo-5) gösterilmiştir.

Tablo 5: Yağış *Alanının Özelliğine Göre Yüzeysel Akış Katsayısı*

Yağış Alanının Özelliği	**C Değeri**
Su sızdırmayan satıhlar	0.95
Dik çıplak satıhlar	0.90
Dalgalı çıplak satıhlar	0.80
Düz çıplak satıhlar	0.70
Dalgalı otlaklar	0.65
Yapraklı ormanlar	0.60
İbreli ormanlar	0.50
Meyve bahçeleri	0.40
Vadi içi tarım arazisi	0.30

Prof. Dr. F. Tavşanoğlu -1974

Bu katsayılar, arazinin geçirgenlik ve diğer özelliklerine göre bir miktar değişebilir.

Ancak Yüzeysel Akış Katsayısı ile ilgili değerlerde, toprak, hidrolojik durum, arazi kullanım durumu ve yamaç eğimi gibi değişkenliklerden kaynaklanan farklılıklar gözardı edilmektedir. Dünyada Rasyonel Yöntemde kullanılan yüzeysel akış katsayısının belirlenmesine; özellikle, havza hidrolojik toprak grupları, arazi kullanım durumu ve arazi bitki örtüsüyle toprak koruma yöntemleri gibi etmenler ağırlıklı olarak dikkate alınmaktadır.

Bu açıdan yapılacak erozyon kontrolü projelerinde, Tablo 6 de belirtilen U.S Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Servisin 1986 da hazırlamış olduğu, Arazi Kullanım Biçimlerine Göre Yüzeysel Akış Katsayısı değerlerin kullanılmasında yarar görülmektedir.

Tablo 6: Arazi Kullanım Biçimlerine Göre Yüzeysel Akış Katsayısı

ÖRTÜ TİPİ	**HİDROLOJİK DURUM**		**Hidrolik Toprak Grubu**			
			A	**B**	**C**	**D**
Mera –Otlak – Çayırlık (Otlatmaya Açık)	Zayıf	<50% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı), ağır otlatma yapılan, malçlama yapılmayan	0,68	0,79	0,86	0,89
	Orta	50 – 75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı), ağır otlatma yapılmayan	0,49	0,69	0,79	0,84
	İyi	> 75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı), hafif veya mübadeleli otlatma yapılan	0,39	0,61	0,74	0,80
Mera -Otlak-Çayırlık (Otlatılmayan-Biçirilerek İşletilen)	İyi	>75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı)	0,30	0,58	0,71	0,78
Çalılık – Otlak Mera – Yem bitkileri	Zayıf	<50% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı)	0,48	0,67	0,77	0,73
	Orta	50 – 75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı	0,35	0,56	0,7	0,77
	İyi	>75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı)	0,3	0,48	0,65	0,73
Ormanlık – Mera Alanlar (%50 Ormanlık %50 Mera alanlar)	Zayıf	<50% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı)	0,57	0,73	0,82	0,86
	Orta	50 – 75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı	0,43	0,65	0,76	0,82
	İyi	>75% (bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplama oranı)	0,32	0,58	0,72	0,79

Ormanlık Alanlar	Zayıf	**0 ve 1 Kapalı Ormanlar** (Orman ağaçlarının toprak yüzeyi örtüş oranı %40'a kadar olan alanlar), (Orman ağaçlarının diri örtüsünün yoğunluğunda %40' dan düşük alanlar),	0,45	0,66	0,77	0,83
	Orta	**2 Kapalı Ormanlar** (Orman ağaçlarının toprak yüzeyi örtüş oranı %41 – 70 arası olan alanlar), (Orman alt tabakasının diri örtüsünün yoğunluğunda %40' dan fazla olduğu alanlar),	0,36	0,6	0,73	0,79
	İyi	**3 Kapalı Ormanlar** (Orman ağaçlarının toprak yüzeyi örtüş oranı %70' den fazla olan alanlar),	0,30	0,55	0,7	0,77
Ekili Alanlar	Zayıf	**Koruma Önlemleri Alınmayan** (Eş yükselti eğrilerine paralel tarım, tarım terasları vb. yapılar olmayan),	0,72	0,81	0,88	0,91
	İyi	**Koruma Önlemleri Alınan** (Eş yükselti eğrilerine paralel tarım, rotasyonlu tarım, tarım terasları vb. yapılar olan),	0,62	0,71	0,78	0,81
Nadas – Çıplak Satıhlar	Zayıf	Bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplamadığı alanlar	0,77	0,86	0,91	0,94

Tablo 7: Havza Hidrolik Toprak Grubu

Havza Hidrolik Toprak Grubu	**TOPRAK TİPİ**	**TOPRAK TİPİ ÖZELLİKLERİ**
Toprakların üzerindeki bitki örtüsü tipi değerlendirilmeden, içerdikleri kum, kil, toz oranlarından yararlanılarak, infiltrasyon kapasitesine göre yüzeysel akış Potansiyelin belirlenmesi esasına dayanılarak topraklar A, B, C ve D hidrolojik gruplara ayrılmaktadır. A tipi topraklarda geçirgenlik fazla, yüzeysel akış nispeten azdır. D sınıfı topraklarda ise	**A**	Düşük yüzey akış potansiyelli, derin, çok kumlu, az kil ve toz içeren, geçirgenlikleri yüksek (I = 11.4 – 7.8mm/saat) olan topraklar, **Kum, Kumlu Balçık, Balçıklı Kum**
	B	Orta yüzeysel akış potansiyelli, kumlu balçık, balçık, killi balçık bünyeli, derin, geçirgenliği orta (I = 7.6 – 3.8mm/saat) olan topraklar, **Balçık Topraklar**
	C	Yüksek yüzey akış potansiyelli, az derin, önemli düzeyde kil ve kolloid içeren, geçirgenliği düşük (I = 3.8 – 1.3mm/saat) olan topraklar**, Killi Kumlu Balçık Topraklar**

geçirgenlik çok düşük olduğundan yüzeysel akış oranı çok fazladır. (U.S. Soil Conservation Service, 1986)	**D**	Çok yüksek yüzey akış potansiyelli, şişme özelliği gösteren kil içeren, geçirgenliği çok az (I = 1.3' den az) alt katmanları geçirimsiz olan topraklar, **Killi Balçık, Tozlu Balçık,**

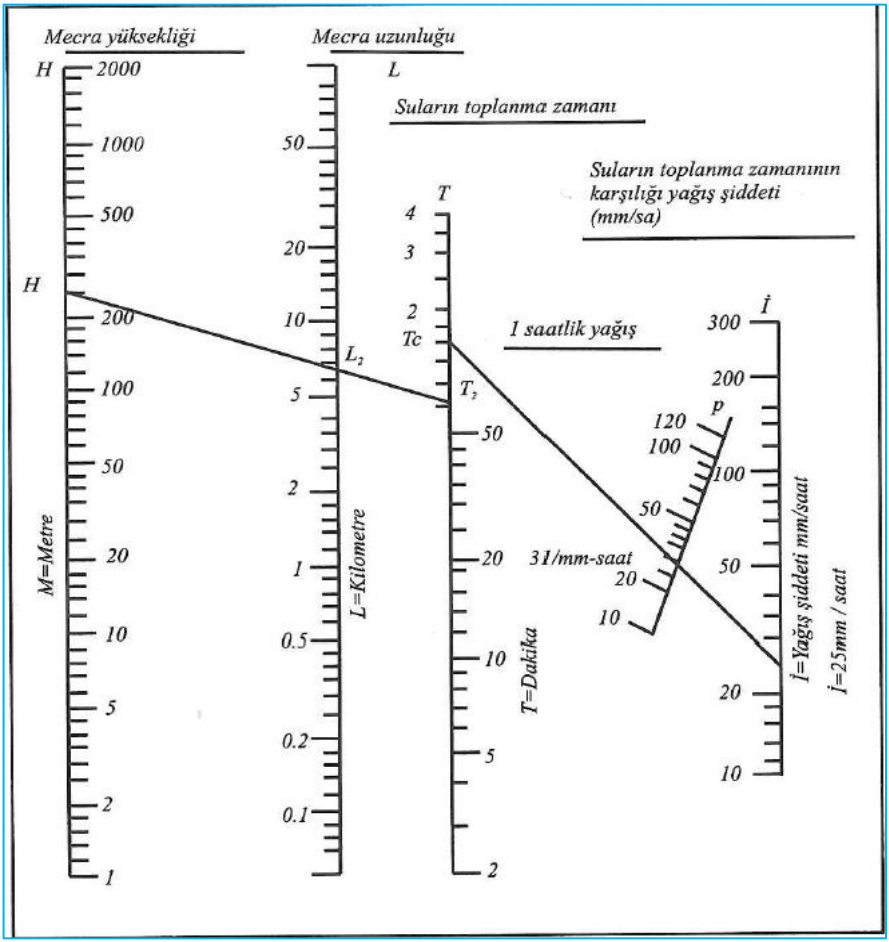
Rasyonel Formüldeki (İ) değeri; suların toplanma zamanı (Tc) içindeki yağışın şiddeti (mm/saat) olarak ifade edilmektedir. Suların toplanma zamanı, bir su damlasının havzanın en uzak noktasından dere yatağında belli bir profile gelinceye kadar geçen süredir.

Yağış şiddeti (İ) değerinin hesabı için aşağıdaki sıra takip edilmelidir:

Havzanın en uzak noktasından ıslah sekisi yapılacak profil noktasına olan mesafe (L) ve bu iki nokta arasındaki yükseklik farkı (H), 1/25000 ölçekli ve tesviye eğrili haritadan veya bizzat arazide ölçme yapmak suretiyle tespit edilebilir.

Suların toplanma zamanı (Tc), (Şekil -34)'deki ABAK yardımıyla bulunabilir.

Rasyonel formülü kullanabilmek için 10 veya 100 yıl frekanslı 1 saatlik yağış şiddetinin bilinmesi gereklidir. Daha yeni meteorolojik sonuçlar bulunamadığı takdirde, 1 saatlik yağış şiddeti değerleri (Tablo-9)'den alınabilir. Bir saatlik yağış şiddeti (P) *(Şekil- 34 'deki ABAK'ta 1 saatlik yağış şiddeti (P) ıskalasında gösterildiğinden, bu, ABAK'la ilgili formüllerde 1 saatlik yağış şiddeti (P) ile gösterilmiştir)* bulunduktan sonra 1 saatten başka zaman sürelerine karşılık gelen yağış şiddetleri (Şekil-34)'deki ABAK'tan tespit edilebilir. Bazen (P10) ve (Pl00)'den birisi bilinmeyebilir. Bu durumda 100 yıl frekanslı yağış şiddeti (P100), 0.6-0.7 arasında bir katsayı ile çarpılmak suretiyle 10 yıl frekanslı yağış şiddeti (P10) veya tersi bir işlemle (P100) bulunabilir. Bu katsayı, kara iklimi hüküm süren yerlerde, deniz iklimi hüküm süren yerlere oranla büyük alınmalıdır. Sonuç olarak, (P100) değeri bilindiği takdirde katsayı ile çarpılarak (P10) değeri belirlenebilir.



Şekil 34: *Belirli mecralarda suların toplanma zamanı ve bu zamana karşı gelen yağış şiddetleri hesabı için ABAK*

H	=	250m	Tc	=	W4dak.
L_2	=	6,7km	P_m	=	31mm/saat
T_2	=	62dak.	$İ_{100}$	=	25mm/saat

Rasyonel formüldeki havza alanını ifade eden (S) faktörü tesviye eğrili, 1/25000 ölçekli harita üzerinde planimetre veya noktalı şeffaf tablo yardımı ile ölçülerek bulunabilir.

Rasyonel Formül ile Q max Hesabına ilişkin Örnek:

Formülde;

Akım Katsayısı C = 0.7 kabul edilmiştir. (Tablo: 5' den alındı)

Su Toplama Havzasının Alanı S = 10 km^2, haritadan ölçülerek belirlenmiştir.

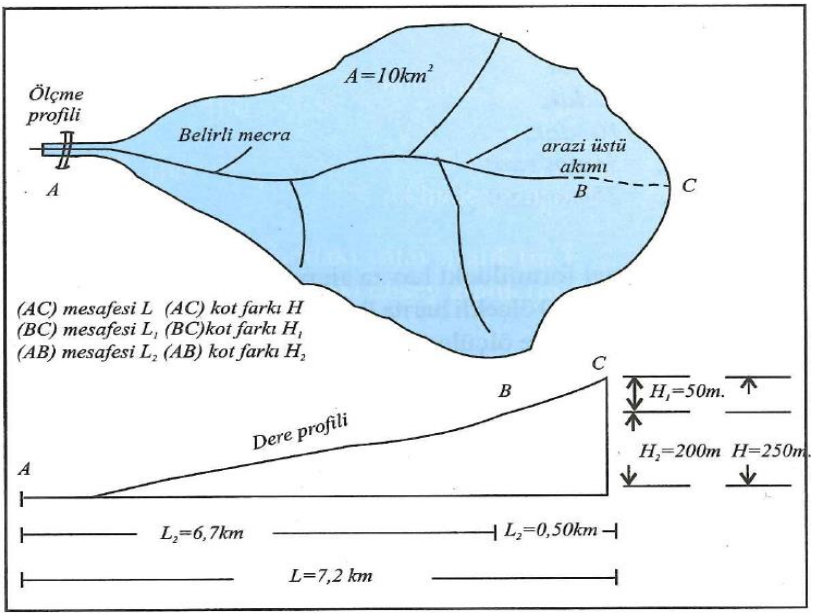
Mecra uzunluğu L tesviye eğrili haritadan ölçülerek bulundu.

Burada, **Q max** hesabı için belirlenen profil noktasından mecranın belirgin olduğu noktaya kadar olan mesafe:

$$L_2 = L - L_1$$

(L) Profilden (Tesis yapılacak kesitten) mecranın uzantısındaki havzanın en uzak (Su ayırım çizgisi üzerindeki) noktasına kadar olan mesafedir.

L = 7.2 km olarak ölçülmüştür. (L1) ise mecranın bittiği yerden havzanın en uzak noktasına olan (Arazi üstü) mesafedir ve L1 = 0.5 km olarak bulunmuştur. (L) ve (L1) değerlerinden yararlanılarak; belirli mecra uzunluğu L2 = L – L1 = 7.2- 0.5 = 6.7 km olarak bulunmuştur. (Şekil-35)



Şekil 35: *Yağış şiddetinde dikkate alınacak şema*

(L) ve (L1) değerleri olmadan da mecranın sona erdiği nokta işaretlendikten sonra harita üzerinde ölçüm yapmak suretiyle belirli mecra uzunluğu (L2 = 6.7 km) belirlenebilir.

Ölçme yapılan profille belirli mecranın başlangıç (yukarı) noktası arasındaki kot farkının; H=250 m olduğu, harita üzerinden bulunmuştur.

ABAK'daki (H) ıskalası üzerinde kot farkı (H = 250 m) ve (L) skalası üzerinde belirli mecra uzunluğu (L2 = 6.7 km) işaretlendikten sonra, iki noktayı birleştiren doğrunun (T) ıskalasını kestiği nokta, suların belirli mecrayı kat ettiği süreyi vermektedir. Bu süre (T) skalasında görüldüğü gibi 62 dakikadır. (T2 = 62 dakika).

Suların toplanma zamanını (Tc) bulabilmek için (T2) süresine, suların, en uzak noktadan, belirli mecranın başlama noktasına gelene kadar geçen sürenin eklenmesi gerekmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, en uzak noktadan belirli mecranın başlama noktasına kadar olan mesafe L1=500 metredir. İki nokta arasındaki kot farkı ise harita üzerinde yapılan tespite göre Hl = 50 metredir.

Suların; mecranın devamındaki en uzak noktadan, mecra üzerinde tesis yapılacak profil noktasına gelinceye kadar geçen (T1) süresi, L1 ve H1 değerlerinin yardımı ile hesaplanabilir. Bunun için önce, L1 ve H1 değerlerinden ortalama eğim hesaplanır.

Mecranın başlangıç (yukarı) noktası ile devamındaki en uzak nokta arasındaki;

$$\textbf{Ortalama arazi eğimi } = \frac{\mathbf{H_1}}{\mathbf{L_1}} = \frac{\mathbf{50}}{\mathbf{500}} = \%\mathbf{10'dur}$$

Hesaplanan ortalama meyle göre, havzanın su ayırım çizgisi üzerindeki en uzak nokta ile mecranın başlama noktası arasındaki akış halindeki suların hızı (Tablo-8)'den yararlanılarak belirlenebilir.

Tablo 8: Değişik Eğimli Alanlarda Yüzeyden Akan Suların Hızı

Alanın Eğimi	Su Hızı (m/sn)
%4'den fazla	0.15-0.30
%2 ile 4 arası	0.11-0.21
%2	0.18-0.09
%2'den az	0.15-0.08

Prof. Dr. Faik Tavşanoğlu -1974

Tablodan, eğimi %4'den fazla olan arazilerdeki su hızının, %0.15-0.3 arasında olduğu görülmektedir. Mecranın devamındaki arazinin ortalama eğimi, % 10 olarak hesaplandığı için bu kısımda, yüzeysel akışa geçen suların hızının V = 0.2 m/san. olarak alınması uygundur.

Buna göre;

$$\mathbf{T1 = \frac{H1}{V} = \frac{500}{0,20} = 2500\ saniye = 42\ dakika}$$

Suların toplanma zamanı;

$Tc = T_2 + T_1 = 62 + 42 = 104$ dakikadır.

(Tc) değeri olan 104 dakika, (T) ıskalası üzerinde işaretlenir. 100 yıl frekanslı yağış şiddeti P 100 = 31 mm/saat (Ankara için) (Tablo-9)'den alınmıştır. P 100 değeri 1 saatlik yağış şiddeti (P) skalasında işaretlenir.

(T) skalasında işaretlenen 104 dakika noktası ile (P) ıskalası üzerindeki 31mm noktasını birleştiren doğru uzatılır, (İ) skalasını kestiği nokta (Tc) süresine karşılık gelen 100 yıl frekanslı yağış şiddeti İ100 = 25 mm/saat olarak bulunur.

Bulunan değerler rasyonel formülde yerine konulduğunda;

Q_{100} = C x İ x S / 3 . 6

C = 0.70

İ = 25 mm/saat

S = 10 km^2

$Q_{100} = 0.70 \times 25 \times 10 = 175/3.6 = 48.6\ m^3/sn$

$Q_{100} = 48.6\ m^3/sn$ olarak bulunur.

10 Yıl Frekanslı Akını Miktarı (Q_{10})'nun Hesabı:

Değişik frekanslı yağış şiddetlerinin oranları (İa / Qa), aynı frekanslardaki akım miktarlarının oranına (İb / Qb) eşittir.

Bunu bir örnekle açıklamak gerekirse; 10 yıl frekanslı yağış şiddeti (İ10) nin, 100 yıl frekanslı yağış şiddeti (İ100) ne oranı, 10 yıl frekanslı akım şiddeti (Q10

)'nün 100 yıl frekanslı akım şiddeti (Q100)'e oranına eşittir. Bu eşitliği formüle ederek gösterirsek;

$$\frac{\text{İ } 10}{\text{İ } 100} = \frac{\text{Q } 10}{\text{Q } 100} = \text{olur}$$

Bu orantıdan yararlanılarak 10 yıl frekanslı akım miktarı hesaplanabilir.

$$\text{Q } 10 = \frac{\text{İ } 10}{\text{İ } 100} \text{ x Q } 100$$

Çevirme katsayısı $\left(\frac{\text{İ } 10}{\text{İ } 100}\right)$, 0.65 kabul edildi.

Q10 = 0.65 x 48.6 =31.6 m^3/ sn olarak elde edilir

Tablo 9: Türkiye'de 2, 10, 100 yıllık Frekanslı Yağış Miktarları

Max. Yağış Miktarları				Max. Yağış Miktarları			
İstasyonlar	2 Yıllık (mm)	10 Yıllık (mm)	100 Yıllık (mm)	İstasyonlar	2 Yıllık (mm)	10 Yıllık (mm)	100 Yıllık (mm)
Adana	29.4	44.1	62.6	Çatak	23.4	38.6	57.5
Adapazarı	20.5	31.8	45.8	Çatalca	21.6	32.4	46.0
Adıyaman	22.1	36.5	54.4	Çeltek	19.7	31.5	46.3
Afyon	16.1	27.4	41.1	Çemişgezek	12.6	20.2	29.7
Ağrı	15.4	26.2	39.6	Çivril	16.4	28.7	43.9
Ahlat	27.6	44.5	65.4	Çorlu	19.0	29.5	42.5
Akhisar	18.9	28.4	40.3	Çorum	13.1	21.6	32.2
Aksaray	12.5	21.3	32.2	Çubuk	12.3	20.3	30.2
Akşehir	26.3	46.0	70.4				
Alaçatı	20.6	30.9	43.9	Denizli	17.0	25.5	36.2
Alanya	38.2	59.2	85.2	Dikili	23.2	36.0	51.8
Alaşehir	14.9	22.4	31.8	Diyadin	13.5	23.6	36.1
Amasya	9.0	14.9	22.2	Diyarbakır	15.8	25.3	37.2
Anamur	40.4	60.6	86.1	Doğubayazıt	11.9	20.8	31.8
Ankara	11.6	20.3	31.1	Dörtyol	31.5	47.3	67.2
Antalya	58.2	90.2	129.9	Dumlupınar	19.6	31.4	46.2
Antakya	52.7	84.3	123.9	Dursunbey	15.8	25.3	37.2
Ardahan	13.2	21.1	31.0	Düzce	20.7	31.1	44.2
Artvin	25.3	40.5	56.5				
Aydın	24.5	38.0	54.7	Eskicine	26.1	39.2	55.7
				Edirne	20.9	34.5	51.4
Bafra	17.9	26.9	38.2	Edremit	22.7	34.1	48.4
Balıkesir	17.6	26.4	37.5	Elâzığ	13.2	21.1	31.0
Bandırma	18.9	28:4	40.3	Elbistan	8.0	14.0	21.4
Bayburt	14.8	23.7	34.8	Emet	16.0	26.4	39.3

Bergama	23.1	34.7	49.3
Besni	19.7	32.5	48.4
Beypazarı	11.5	19.0	28.3
Beyşehir	15.8	25.3	37.2
Biga	21.6	32.4	46.0
Bilecik	11.2	18.5	27.6
Bingöl	22.9	36.6	53.8
Birecik	9.1	14.6	21.5
Bitlis	26.1	43.9	67.2
Bodrum	22.7	35.2	50.7
Bolu	14.9	24.6	36.7
Bolvadin	14.5	23.2	34.1
Boyabat	17.8	29.4	43.8
Bucak	29.8	47.7	70.1
Burdur	21.0	34.7	51.7
Bursa	19.0	29.5	42.5
Büyükdere	22.9	34.4	48.8
Ceyhan	26.8	41.5	59.8
Cihanbeyli	11.3	19.3	30.3
Cizre	17.7	28.3	41.6
Çamlıca	20.1	30.2	42.9
Çanakkale	19.7	29.6	42.0
Çankırı	14.3	24.3	36.7
Çarşamba	19.5	29.4	41.7
Hınıs	19.5	33.2	50.1
Hopa	41.3	62.0	88.0
Ilgaz	17.1	29.1	43.9
Isparta	25.9	42.7	63.6
İnebolu	24.5	38.0	54.7
İnönü	11.8	19.5	29.1
İskenderun	26.8	40.2	57.1
İslahiye	25.8	38.7	55.0
İzmir	26.0	39.0	55.4
İznik	14.2	22.7	33.4
Kağızman	11.2	17.9	26.3
Kalecik	15.5	26.4	39.9
Kangal	11.4	19.4	29.3
Karacabey	16.2	24.3	34.5
Karaman	14.9	24.6	36.7
Kars	15.1	24.9	37.1
Kartal	18.4	28.5	41.0
Kastamonu	22.6	38.4	58.0
Kayseri	10.9	19.1	29.2
Kemah	5.8	9.9	14.9
Kemalpaşa	41.3	62.0	88.0
Kepsut	20.0	30.0	42.6
K. Ereğli	10.9	19.1	29.2
Kestelek	22.1	35.4	52.0
Keşan	22.3	34.6	49.8
Kırklareli	17.5	30.6	46.5
Kırıkhan	25.2	39.1	56.3
Kırşehir	11.8	19.4	28.9
Kızılcahamam	15.2	25.8	39.0
Kızıltepe	11.9	19.3	28.8
Kilis	19.6	32.3	48.1
K.Maraş	17.3	28.5	42.5
Kocaeli	20.5	32.8	48.2
Konya	12.4	21.7	33.2
Kula	20.6	30.9	43.9
Kuşadası	25.4	38.1	54.1
Kütahya	12.3	19.7	29.0
Emiralem	19.3	29.9	43.1
Erbaa	10.9	17.4	25.6
Erzincan	12.8	22.4	33.7
Erzurum	15.1	24.9	37.1
Eskişehir	8.0	13.6	20.5
Feke	23.2	36.0	51.8
Fethiye	40.9	63.4	91.3
Fırat	7.7	12.3	18.1
Florya	18.7	29.0	41.8
Gaziantep	13.7	21.9	32.2
Gelibolu	21.4	33.2	47.8
Gemlik	13.2	19.8	28.1
Geyve	15.2	25.8	39.0
Giresun	30.9	46.4	65.9
Gölcük	15.6	23.4	33.2
Göztepe	17.9	26.9	38.2
Gülşehir	10.3	17.0	25.3
Gümüşhane	16.7	26.7	39.2
Güney	16.4	26.2	38.5
Gürün	10.2	16.8	25.0
Halkalı	17.7	28.3	48.6
Haymana	18.6	30.7	45.7
Hayrabolu	17.2	25.8	36.6
Muğla	40.9	63.4	91.3
MK.Paşa	20.4	32.8	47.9
Muş	23.5	37.6	55.3
Nazilli	17.6	26.4	37.5
Nazimiye	27.9	48.8	74.7
Nide	12.2	20.1	29.9
Niksar	8.8	14.5	21.6
Ordu	30.6	47.4	68.3
Orhangazi	17.0	25.5	36.6
Osmaniye	26.8	40.2	57.1
Ödemiş	19.3	29.9	43.1
Pınarbaşı	11.1	18.3	27.3
Pınarhisar	18.2	27.3	38.8
Polatlı	11.8	19.5	29.1
Rize	48.2	74.7	107.6
Salihli	13.8	20.7	29.4
Samandağ	37.6	56.4	80.1
Samsun	15.4	23.1	32.8
Sandıklı	14.5	23.2	34.1
Sapanca	22.2	33.3	47.3
Sarayköy	14.1	22.6	33.2
Sarıkamış	20.5	34.9	52.7
Sarıyer	22.9	34.4	48.8
Silifke	27.8	43.7	64.2
Siirt	23.4	39.8	60.1
Simav	20.9	32,4	46.7
Sinop	20.4	32.6	47.5
Sivas	11.5	19.0	28.3
Siverek	14.6	24.1	35.9
Sivrihisar	12.5	21.3	32.2
Suçatı	10.4	16.6	24.4
Susurluk	22.0	33.0	46.9
Şarkışla	11.1	18.3	27.3
Ş. Karaağaç	17.7	30.1	45.5

Ladik	16.7	28.7	42.9	Şile	21.1	32.7	47.1
Lüleburgaz	20.0	34.0	51.3	Ş.Urfa	13.3	21.9	32.6
Malatya	9.1	14.6	21.5	Tarsus	24.5	36.9	52.4
Manavgat	45.9	68.9	97.8	Tavas	16.5	24.8	35.2
Manisa	25.2	40.3	59.2	Tekirdağ	17.9	26.9	38.2
Mardin	17.1	28.2	42.0	Terme	21.5	32.3	45.9
Mekiköy	12.2	20.7	31.3	Tokat	11.2	18.5	27.6
Mengen	12.9	21.9	33.1	Tosya	18.5	29.6	43.6
Mersin	27.6	44.2	65.0	Trabzon	25.4	38.1	54.1
Merzifon*	12.9	21.9	33.1	Tunceli	26.4	42.2	62.0
Milas	25.0	37.5	53.3	Turgutlu	19.9	30.8	44.4
Turhal	9.5	15.2	22.3	Yalova	19.7	29.6	42.0
				Yenişehir	11.3	17.5	25.2
Ulubat	17.0	27.2	40.0				
Ulukışla	13.4	22.8	34.4	Yeşilköy	16.9	25.4	36.1
Urla	34.5	53.5	77.0	Yozgat	16.5	28.1	42.4
Uşak	17.7	28.3	41.6				
Uşakbükü	8.9	15.1	22.8	Zir	12.5	21.3	32.2
				Zonguldak	35.5	56.8	83.5
Vakfıkebir	31.6	47.4	67.3				
Van	13.2	21.1	31.0				
Viranşehir	18.0	29.7	44.3				

Prof.Dr.F.Tavşanoğlu -1974

NOT: Bu tablodaki miktarlar yukarıda gösterilen frekanslara karşılık olmak üzere 1 saatte düşen yağmur miktarlarım mm olarak gösterir.

Rasyonel formülle debi hesaplanırken, baraj yapılacak noktaya 10 yılda bir gelen en yüksek su miktarının, barajın akım seksiyonunu doldurduktan sonra 20 cm'den daha fazla yükselmediği ve 100 yılda bir tekrarlayan en yüksek suların, barajın üst yan kenarlarını aşmadığı düşünülmektedir.

Rasyonel formül 1000 hektara (10 km2 'ye) kadar gerçeğe yakın değerler vermektedir. Bununla birlikte su toplama alanı 1500 hektara kadar olan havzalar için de kullanılmaktadır.[15]

Savak boyutunun hesabı:

Savak boyutlarını ve m^2 olarak ıslak kesit alanını aşağıdaki formül yardımı ile bulabiliriz.

$$\mathbf{S = \frac{Q}{V}}$$

Burada; S : Islak kesit (m^2),
Q : Debi (m/sn),
V : Suyun hızı (m/sn)'dir.

Q, rasyonel formülle daha önce hesaplanmıştı. Bu formülde ıslak kesit alanını (S) bulabilmek için (V) akım hızının bilinmesi gerekmektedir. (V) Akım hızı ise Chezy formülü ile hesaplanır.

$$V = C\,X\,\sqrt{R\,X\,P}$$ Burada;

V : Suyun hızı (m/san)'dir.

C : Derenin veya akım kanalının pürüzlülük katsayısı,

R : Hidrolojik yarı çap (m),

P : % olarak dere eğimidir.

Bunlardan C değeri Bazin'e göre (Tablo-9)'de verilmiştir.

Derenin denge eğimi (P) önceden hesaplanmıştır.

Hidrolojik yarıçap (R) ise ıslak kesitin, ıslak çevreye oranıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$R = \frac{S}{U}$$ Burada;

S : Islak kesit (m^2),

U : Islak çevre (m)'dir.

(S) ve (U) değerleri, su yüksekliğinin (H) birer fonksiyonudur. Dere içinde yapılacak etütler sonucunda su yüksekliği (H) belirlendikten soma S ve U tespit edilebilir. [15]

Tablo 10: Bazin Formülündeki C Katsayısı Değerleri

Hidrolik Yarıçap R m	Çok düz Cidar (beton, rendelenmiş ahşap) Y = 0.06 C	Düz cidar (ahşap), tuğla yontma taş Y = 1.30 C	Harçlı moloz taşlı cidar Y = 0.46 C	Karışık Tabiatlı cidar (perre yamaç) Y = 0.85 C	Tabii şartlarda Toprak kanallar Y = 0.16 C	Çok gayri muntazam toprak kanallar Y = 1.75 C
0.05	68.5	50.7	28.4	18.1	12.8	9.9
0.06	69.8	52.2	30.2	19.4	13.8	10.7
0.07	70.9	54.2	31.7	20.6	14.7	11.4
0.08	71.8	55.6	33.1	21.7	15.5	12.1
0.10	73.1	57.7	35.5	23.6	17.0	13.3
0.12	74.1	59.5	37.4	25.2	18.3	14.4
0.14	75.0	60.9	39.0	26.7	19.4	15.3
0.16	75.6	62.1	40.5	27.8	20.4	16.2
0.18	76.2	63.2	41.8	29.0	21.4	17.0
0.20	76.7	64.1	42.9	30.0	22.3	17.7
0.22	77.1	64.9	44.0	30.9	23.1	18.4
0.24	77.5	65.5	44.8	31.8	23.8	19.0
0.26	77.8	66.2	45.7	32.6	24.5	19.6
0.28	78.1	66.8	46.5	33.4	25.2	20.2
0.30	78.4	67.3	47.3	34.1	25.8	20.7
0.35	79.0	68.4	48.8	35.7	27.2	22.0
0.40	79.4	69.4	50.4	37.1	28.5	23.1

0.45	79.8	70.2	51.6	38.4	29.6	24.1
0.50	80.2	70.9	52.7	39.5	30.6	25.0
0.55	80.4	71.5	53.7	40.5	31.6	25.9
0.60	80.7	72.1	54.6	41.4	32.5	26.7
0.65	80.9	72.6	55.4	42.3	33.3	27.4
0.70	81.1	73.0	56.1	43.1	34.1	28.1
0.80	81.5	73.8	57.4	44.6	35.5	29.4
0.90	81.8	74.4	58.6	45.9	36.7	30.6
1.00	82.0	75.0	59.6	47.0	37.8	31.6
1.10	82.2	75.4	60.5	48.0	38.8	32.6
1.20	82.4	75.9	61.3	48.9	39.7	33.5
1.30	82.6	76.3	62.0	49.8	40.6	34.3
1.50	82.9	76.9	63.2	51.3	42.2	35.8
1.70	83.1	77.5	64.3	52.6	43.6	37.1
2.00	83.4	78.1	65.6	54.3	45.3	38.9
2.50	83.7	79.0	67.4	56.6	47.7	42.2
3.00	84.0	79.6	68.7	58.3	49.7	43.3
3.50	84.2	80.1	69.8	59.8	51.3	44.9
4.00	84.4	80.5	70.7	61.0	52.7	46.4
5.00	84.7	81.2	72.1	63.0	55.0	48.8
10.00	85.3	82.8	75.9	68.5	61.6	56.0
15.00	85.6	83.5	77.7	71.3	65.1	60.9
20.00	85.3	84.0	78.0	73.0	67.3	62.5

Kaynak : K. AŞK - Erozyonla Savaş

hb2) Dolu Savak Formu ve Hesabı

İçinden su akan düzgün şekilli boşluklara savak denir. Savağın üst tarafından akan kısma memba, alt tarafına mansap denir. Savağın üzerinden akan su hüzmesine nap denir. Nap hiçbir engele rastlamadan oluşursa serbest akışlı savak adını alır. Suyun akmasına neden olan su derinliği ise yüktür.

Islah sekisi ve tersip bentlerinde, akım seksiyonu ve dolu savak olarak ifade edilen kısım yapının emniyetli bir detayını oluşturur. DSİ'de genellikle dolu savak terimi kullanılmaktadır. Dolu savak ile suların yapının gövdesi üzerinde, yamaçlara zarar vermeden emniyetli bir şekilde akışı sağlanır. Dolu savak olarak adlandırılan bu akım seksiyonu genellikle simetriktir. Ancak yamaçların durumuna göre asimetrikte olabilmektedir. Yatak içerisinde sağa sola kaymış ve kıyı oyulmaları oluşturmuş, ayrıca bu oyulmaların ilerleme durumunda olduğu derelerde, savak suya verilmek istenen yöne uygun bir yere yerleştirilir. Bu duruma derenin kavis yaptığı yerlerde sıkça rastlanır. Buralarda savağı sağa sola kaydırmak suretiyle su kıyıdan uzaklaştırılarak oyulmalarının önüne geçilir.

Genel olarak savağa yamuk ve kavisli form verilir (Şekil 36). Bazen de dikdörtgen form verilir. Bu form daha ziyade kesitin yeterli olmadığı dar derelerde ve kemer sekilerde kullanılır. Dikdörtgen form tersip bentlerinde ıslah sekilerine göre daha fazla kullanılmaktadır.



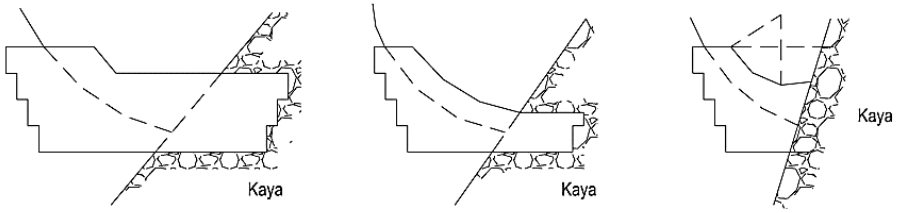
Şekil 36: *Yamuk ve kavisli bir formdaki savakta suyun dağılışı*

Savaklara verilen formların avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında; yamuk formda, su yüksekliği ne kadar olursa olsun, sular savağın genişliği kadar olan alana yayılır. Bu, suyun düşme anında oyma kuvvetinin azalmasına neden olacağından avantajlıdır. Ayrıca, iri materyal taşınması esnasında malzeme farksız olarak her kısımdan geçebilecek, bu nedenle yapının tahrip olma ihtimali geniş bir alana yayılacaktır. Dezavantajı ise, suları materyal birikintisinin ortasından sevk etmenin zorluğudur. Dere mecrası içerisinde geniş bir saha kaplayan materyal birikintisi değişen koşullara göre şekil alır ve sular sağa sola kaymak zorunda kalır. Bu şekilde oynak bir yatak oluşacağından kıyıların stabilitesi için yapılacak ağaçlandırma zorlaşır. Ayrıca akımı engellediğinden dolayı materyal birikintisinin ortasında kalan iri blokların devamlı kenarlara atılması gerekir.

Kavisli savak formunda sular derenin ortasında kolayca toplanır. Fakat bunun sonucu, bu kısımda toplanan materyal daha fazla zarar yapar. Yapıda tahrip olan kısım lokalize edilmiş olur.

Savak formların avantaj ve dezavantajları dikkate alınarak derelerin özelliklerine göre savağa form vermek gerekir.

Bazı durumlarda savağa özel bir form vermekte fayda vardır. Derede yamaçlardan biri kayalık ise, bu durumda sarfiyatları kayalık kısımdan akıtabilmeyi sağlayacak formlardan birinin kullanılması uygun olur (Şekil 37).



Şekil 37: *Bir kenarı kaya olan yatakta özel dolu savak formları*

Belirli bir debiye göre savak form ve boyutlandırması yapılırken, savaktan düşecek sarfiyatların yapının mansap kısmına düşmesi esnasında, yamaçlarda oyulmalara neden olmaması için, savak üst genişliğinin yatak taban genişliğinden fazla olmamasına dikkat edilmesi gerekir. Ancak bu her zaman için mümkün olmaz, özellikle genç sel derelerinde mecrada taban oyulması fazla olduğundan yatak dardır. Bu durumda bir form vermek gerekirse, savak tabanı dar ve oldukça yüksek bir form vermek gerekir ki bu, anormal bir şekil oluşturur ve seki boyutlarının büyük çıkmasına neden olur. Bu durumda, savağa yatak tabanına göre daha geniş bir form verilir ve yamaçların oyulmasının önlenmesi için gerekli önlemler alınır.

Lav akımı olan derelerde, savağın devamı olan kanat duvarlarına yamaçlara doğru %10-15 gibi bir eğim verilmesi, lav akımları esnasında sarfiyatları dere ortasına doğru sevk etmekte ve kıyılara zarar vermesinin önlenmesi bakımından tavsiye edilmektedir.

Yapılarda, akımların dolu savak bölümünde olması dolayısıyla en fazla yıpranmada bu kısımlarda oluşur. Bu nedenle, dolu savağın özenle ve oldukça sağlam yapılması gerekmektedir.

Dolu savak iri, sağlam, düzgün veya yontma taşlardan inşa edilmelidir. Yeterli uygun taş bulunamadığı durumlarda, yontma taşlar savağın üst kısmının inşasında kullanılır. Bu kısımda taşların uzunluğuna konması ve 450 dozlu çimento harcı kullanılarak düzenlenmeleri gerekmektedir.

Yapıların dolu savaklarının alt kenarına kuronman (Fotoğraf 26) adı verilen, 10-15 cm'lik bir çıkıntı verilmesi, su ve materyal tesiriyle yapı ön yüzünün yıpranmasını azaltacağından oldukça faydalıdır.



Fotoğraf 30: *Dolu savak alt kenarındaki kuronman, Japonya, (DSİ Eroz. Şb. Aşv.)*

Dolu savakların boyutlandırılmasında, tarım arazilerinde inşa edilecek ıslah sekilerinde 25 yıl frekanslı debiler kullanılmaktadır. Ancak yükseklikleri fazla ıslah sekisi ve tersip bentleri dolu savak projelendirilmesinde şartlara göre, 50 ve 100 yıl tekerrürlü debiler kullanılmaktadır.

Yerleşim yerlerinde, yıkılmaları halinde can kaybının olabileceği, devamlı yüksek sarfiyatların olduğu derelerde inşa edilecek yapıların dolu savakları projelendirilirken 100 yıl tekerrürlü debiler kullanılmakta ve 500 veya 1000 yıla göre hava payı verilmektedir. Her durumda dolu savak yüksekliklerinin 2-2,5 m'yi geçmemesine özen gösterilmelidir.

Yapıların dolu savak ebatlarının tespitinde, yaklaşım hızının hesaba katılıp katılmaması sonucu oldukça etkilemektedir. Islah sekisi ve tersip bentlerinde yapının membaında;

L = 2,5h (h =savak yüksekliği) mesafedeki kesitte hesaplanan hız, yaklaşım hızı olarak kabul edilebilir. Devamlı olarak su depolayan rezervuarlarda yaklaşım hızı oldukça düşüktür ve ihmal edilebilir. Islah sekilerinin rezervuarları kısa sürede sediment ile dolduğundan, taşkın suları oldukça yüksek yaklaşım hızları ile dolu savağa dahil olurlar. Eğer yan derelerde mecra kesiti yeterli ise, dolu savak boyutlandırmasında yaklaşım hızı almamak emniyet açısından önerilmektedir. Ancak mecra genişliği yeterli değil ise, yüksek debilerin olduğu derelerde oldukça büyük çıkan savak tüllerini mecraya sığdırmak mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda yaklaşım hızını hesaba katmak gerekir.

Yukarı havza ıslahında derelerde inşa edilecek düşü havuzlu yapılar dışında, yaklaşım hızının alınıp alınmamasının, inşa edilecek ıslah sekisi ve tersip bentlerinin maliyetlerine etkisi oldukça azdır. Ancak, düşü havuzlu yapılarda yaklaşım hızı dikkate alınmadığı zaman, enerji kırıcı yapıların boyutlarının büyük çıkması nedeniyle maliyetleri artmaktadır. Hesaplarda yaklaşım hızının alınıp alınmamasına bütün bu şartlar göz önünde bulundurularak karar verilir.

<u>Yaklaşım hızı Manning hız formülü ile hesaplanmaktadır</u>

$$V=1/n*R^{2/3}*J^{1/2}$$

Burada;

V : yaklaşım hızı (m/sn)
J : eğim (%)
n : pürüzlülük katsayısı
R : Hidrolojik yarı çap (m)

$$R=F/U$$

F : kesit alanı (m²)
U : ıslak çevre (m)

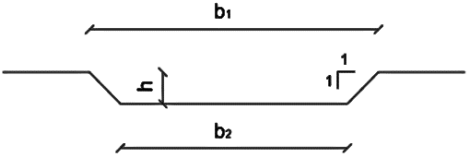
Islah sekisi ve tersip bendi projelendirmelerimizde dolu savak ebatları "Bernoulli (enerji ve süreklilik) Denkleminden" elde edilen ve aşağıda verilen formüllerle hesaplanmaktadır.

Yaklaşım hızı dikkate alınmadığı takdirde dolusavak ebatlarını veren formüller;

a) Dikdörtgen Kesitli Dolu Savaklarda

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

b) Yamuk Kesitli Dolu Savaklarda



$$Q = \frac{2}{15} \cdot \mu \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h} \cdot (2b_1 + 3b_2)$$

Yaklaşım hızı dikkate alındığı takdirde dolu savak boyutlarını veren formüller;

a) Dikdörtgen Kesitli Dolu Savaklarda

$$\boldsymbol{Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2\,g} \cdot \left[(h+k)^{3/2} - k^{3/2}\right]}$$

Burada;

$$k = \frac{V_0^2}{2g}$$

V_0 =yaklaşım hızı (m/sn)

μ =büzülme katsayısıdır. μ katsayısının değeri 0,63-0,68 arasında alınabilir.

b) Yamuk Kesitli Dolu Savaklarda

$$\boldsymbol{Q = \frac{2}{15} \cdot \mu \cdot (2b_1 + 3b_2) \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[(h+k)^{3/2} - k^{3/2}\right]}$$

<u>Örnek:</u>

Dolu savak kesiti yamuk, şevler 1/1

Q= 20 m^3/sn,

erilenler; μ = 0,67

V = 4 m/sn

Arananlar; Dolu savak boyutları (h_b) b_1

a-Yaklaşım hızı dikkate alınmadığına göre	**b**-Yaklaşım hızı hesaba katıldığına göre
$Q = \frac{2}{15} . \mu . h . \sqrt{2g . h} \ (2b_1 + 3b_2)$ h =1 alındığında; $20 = \frac{2}{15} . 0{,}67 . \sqrt{2 . 9{,}81} . B$ $B = (2b_1 + 3b_2) = 0{,}56$ $b_1 = b_2 + 2h = b_2 + 2$ olduğuna göre $2b_2 + 4 + 3b_2 = 50{,}6$ $5b_2 + 4 = 50{,}6$ $b_2 = 46{,}6/5 = 9{,}32$ m $b_1 = 9{,}32 + 2h = 10{,}32$ m bulunur.	$Q = \frac{2}{15} . \mu . (2b_1 + 3b_2) . \sqrt{2g} . \left[(h + k)^{3/2} - k^{3/2}\right]$ Burada; $k = \frac{V_0^2}{2g}$ $20 = \frac{2}{15} . 0{,}67 . B . \sqrt{2 . 9{,}81} . \left[(1 + 0{,}81)^{3/2} - 0{,}81^{3/2}\right]$ $B = (2b_1 + 3b_2) = 30$ $b_1 = b_2 + 2$ $5b_2 + 4 = 30$ $b_2 = \frac{26}{155} = 5{,}2$m $b_1 = 5{,}2 + 2h = 7{,}2$ m bulunur

Düşü Havuzu Derinliği ve Uzunluğu Hesabı

Düşü havuzu (durgunlaştırma baseni), suyun savaktan geçtikten sonra düştüğü ve enerjisini kaybettiği, böylece yapı mansabındaki oyulmaların önlendiği bir tesistir. Düşü havuzu radye, kanat

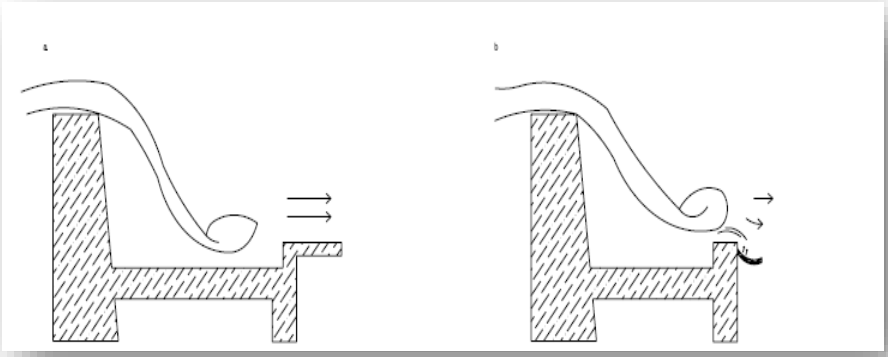
duvarları ve parafuy ile parafuyun önündeki istifli ya da istifsiz tahkimattan oluşur. Zeminin kaya olduğu dolayısıyla yapı önünde oyulma tehlikesinin olmadığı ve sistematik yapılarda inşaatlarına gerek yoktur.

Düşü havuzu aşağı ucunda bir set (parafuy) bulunur. Bu şekilde, baraj gövdesi ile düşü yatağı arasında küçük bir su havuzu oluşur. Düşü havuzu yapının tamamlayıcı bir bölümüdür. Hidrolik sıçrama bu havuzda oluşur. Düşen suyun kinetik enerjisi suyun havuz içerisinde sakin bir akışa dönüşmesi sonucu azalır. Hidrolik sıçrama suyun, alttaki su yastığı (havuz) üzerine düştüğü noktada meydana gelir. Bu, su yastığının derinliği akım debisinin fazla olduğu zamanlarda artar. Suyun havuza düşüşünden doğan türbülans nedeniyle kinetik enerji artık yatak tabanına zarar veremeyecek ölçüde zayıflar.

Düşü havuzunun etkinliği havuz boyunun uzunluğunun ve derinliğinin bir fonksiyonudur.

Eğer düşü havuzu çok kısa ise hidrolik sıçrama havuz içinde değil, ya alt uçtaki set (parafuy) üzerinde ya da onun da ötesinde meydana gelerek yatak tabanında oyulmaya, parafuy duvarının altının kazılmasına ve tüm yapının stabilitesinin zayıflamasına neden olur (Şekil 38)**.** Diğer taraftan, eğer düşü havuzu çok uzun olur ise, hidrolik sıçramanın sönümlendirilmesi tam anlamıyla

değerlendirilemez ve havuz için yapılan masraf boşa gider.



Şekil 38*: Uzunluğu doğru ve yanlış hesaplanmış bir düşü havuzunda hidrolik sıçrama*

Düşü havuzlarının tabanları harçlı taş ya da çimento harcı üzerine kaplama şeklinde yapılır. Materyalli derelerde düşü havuzu kısa zamanda sediment ile dolmaktadır.

Düşü havuzlarının mansap kısımlarını oyulmalara karşı korumak için anroşmanla tahkim etmek gerekir. Anroşman tahkim uzunluğu 10 m'den ve mansap sonu kalınlığı ise 0.75 m'den az olmamalıdır.

Düşü Havuzu Uzunluğu Hesabı

Düşü havuzunun uzunluğu, sadece suyun yapının gövdesinden yatay mesafe olarak ne kadar uzağa düştüğü esas alınarak hesaplandığı takdirde, elde edilen sonuç, havuzun fonksiyonunu yerine getirebilmesi için gerekli olandan daha kısadır. Meydana gelecek hidrolik sıçramanın uzunluğu dikkate alınmamış olur. Hızlı akımdan sakin akıma geçişte yer alan süreçlerin anlaşılmasıyla, düşü havuzlarının boyutlarını veren formüllerin çıkarılması mümkün olmuştur.

Hidrolik sıçrama tulünü veren birçok formül vardır. Bunlardan en basit ve en çok kullanılanları aşağıda verilmiştir.

a) Batchmeteff Formülü;

$$L = \left(\frac{5{,}4 \cdot h_1}{h_2} - 0{,}06\right) . \left[\left(\frac{h_1}{h_2}\right)^2 - 1\right]$$

Batchmeteff Formülü ile bulunan değerin 3/ 4 alınır.

b) Pietrowski Formülü;

$$L = 5{,}91 \, . h1 \, . M_1 = 4{,}33 \, . h_2$$

c) Smetana Formülü;

$$\frac{L}{(h_2 - h_1)} = 6 \ , \qquad L = 4{,}5 \, . h_2$$

d) Woycicki Formülü;

$$L = \left(8 - 0{,}05 \, . \frac{h_1}{h_2}\right) . ((h_2 - h_1)$$

e) Mazman Formülü;

$$L = \frac{(h_2 + h_1) \, . \, (h_2 - h_1)}{2h_1}$$

Bu formüllerde;

L =sıçrama tulü (m)

h_2 = sıçramadan sonraki derinlik (m)

h_1 = sıçramadan önceki derinlik (m)

$$M_1 = \frac{U_1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$$ Froude sayısını göstermektedir

.

Bu hesaplar sonucunda bulunan en büyük (L) uzunluğu, düşü havuzu boyu olarak tercihe dilecektir.

Yukarı havzada ıslah sekisi ve tersip bendi düşü havuzu hesabında yüzeysel sıçrama tulü genellikle;

$$L = 0{,}612 \cdot C \cdot \sqrt{H}$$

formülü ile bulunmaktadır

L : Yüzeysel sıçrama tulü (m)

H : En yüksek su yükü (yapının membada savak üstü seviyesinden, mansapta radye üstüne kadar olan yükseklik farkı), (m)

C : Zemin cinsine bağlı bir katsayı olup değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

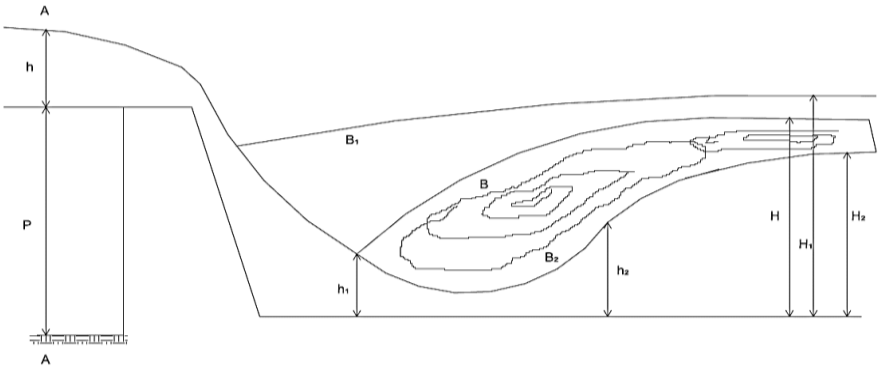
Tablo 11: Yüzeysel Sıçrama Tulü Hesabında (C) Katsayısı Değeri

Zemin cinsi	C katsayısı
İri çakıl ve sürüntü maddesi	6-4
Kum-çakıl	9
İri kum	12
İnce kum	15
Çok ince kum vb.	18

Hesaplamalarımızda genelde *C* katsayısı için 6 değeri alınmaktadır

Düşü Havuzu Derinliği Hesabı

Hidrolojik sıçramanın meydana geldiği ve düşen suyun kinetik enerjisinin azaldığı yer düşü havuzu olduğuna göre, düşü havuzu boyutlarının doğru olarak belirlenmesi önemlidir. Bunun içinde, yapı mansabında oluşacak akımın karakteristiklerinin bilinmesi gerekmektedir. Ancak yan derelerde bunların tespit edilmesi mümkün olmamaktadır. Yapı mansabında oluşması muhtemel üç ayrı akım Şekil 39'te şematik olarak çizilmiştir. Bunların özelliklerine kısaca göz atacak olursak;



Şekil 39: *Yapı mansabında oluşan akım şekilleri*

1) Serbest naplı akım

Sıçrama seki mansabından çok uzağa sürüklenmiş ve hızlar oldukça büyüktür. Suyun taşıdığı enerji nedeniyle yapıların ömrü bakımından tehlikeli oyulmalara neden olabilirler. Nap dalgalı bir şekil alır. h2' nin tespiti güçtür.

Akım karakteristikleri; $P>H_2$ $h_2>h_1$

2) Kritik naplı akım

Sıçrama seki eteğine oldukça yaklaşır. h2 = h1 olursa, akım serbest ile örtülü naplı akım arasında özel bir karakter alır. Düşü havuzu hesapları yapılırken bu durum esas kabul edilir.

Akım karakteristikleri; $P>H$ $h_1= h_2$

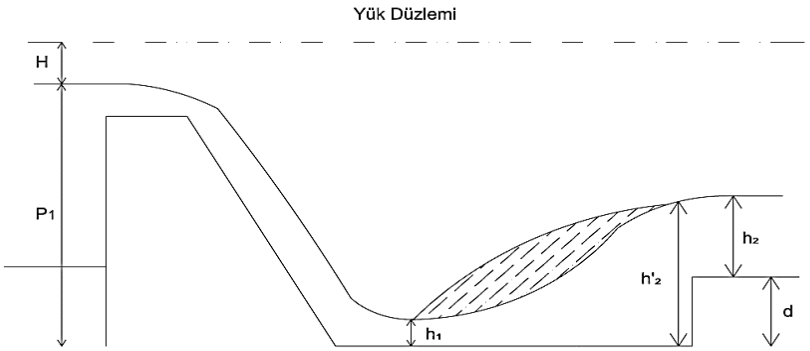
3) Örtülü naplı akım

Akımın enerjisi yapı eteğinde kırılır ve kaybolur. Böylece mansap oyulmalarının önüne geçilmiş olur.

Akım karakteristikleri; P>H1 h2 <h1

Sıçrama mansap seviyesinin altında kaybolmuş ve yapı eteğinde çalkantılı hareketler yoktur. Mühendislik yapıları için genel olarak kabul edilen durum budur.

Islah sekisi ve tersip bentleri düşü havuzlarının derinliklerinin hesaplanmasında Creager'in önerdiği metot oldukça kabul edilebilir ve güvenilir değerler verdiğinden kullanılmaktadır. (Şekil 40). Buna göre;



Şekil 40: *Düşü havuzu derinliği*

a) Sıçramadan önceki derinliğin hesabı (h1)

$$\boldsymbol{P1 + H = h1 + \frac{q^2}{2.g.h_1^2} + \frac{n^2.\ q^2.P_1}{h_1^{10/3}}}$$

burada birim debi (q);

$$Q = \frac{2}{3}\ .b.h\ .\sqrt{2g.h}$$

b	=	1 m
H	:	savak yüksekliği (m)
C	:	0,013 (katsayı)
P_1	:	radye üzerinden yapı savak kretine kadar olan mesafe (m)

formülde değerler yerine konularak (h_1) hesaplanır.

b) Sıçramadan sonraki derinliğin hesabı (h'_2)

$$h_2 = \sqrt{\frac{2.g^2}{g \cdot h_1}} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4}} - \frac{h_1}{2}$$

c) Parafuy ucundaki savak hesabı (h2)

$$Q = \frac{2}{3}\ .b.\sqrt{2.g}\ .h_2^{3/2}$$

formülü ile parafuy savak yüksekliği (h_2) bulunur.

Düşü havuzu derinliği (d) ise, sıçramadan sonraki derinlikten (h'2), parafuy savak yüksekliğinin (h'2) çıkarılması ile bulunur.

$$d = h'_2 - h_2$$

Sızma Tulü ve Alttan Basınç Diagramının Tespiti

Sızma Tulünün Tespiti

Sızma tulünün tayini, düşü havuzlu yapılan ıslah sekileri ve tersip bentleri için oldukça önemlidir. Sızma tulü hesabında en çok kullanılan **Lane** formülüdür. Lane, yapmış olduğu denemeler ve tecrübeler sonucu aşağıdaki formülü geliştirmiştir.

$L = C \cdot H$ *Formülünde;*

L : Sızma tülü (m)

C : Zemin cinsine bağlı bir katsayı olup, Tablo 12'deki değerleri almak mümkündür

H : Azami yük (yapının memba ve mansap su seviyeleri arasındaki en çok fark)

Tablo 12: Lane Formülünde Zemin Cinsine Göre (C) Katsayıları

Zemin cinsi	C katsayısı
Çok ince killi kum, silt vb	8-8,5
İnce ve orta kumlar	6,5
Homojen kaba kum	4,5
Kum ve ince çakıl	3,5-4,5
Taş, çakıl ve çok ince olmayan kum karışımı	3-4
Kumsuz çakıl ve taş	3
Az çok çatlaksız kitle halinde kaya	3-5
Çatlaksız tabaka halinde kaya	2,5
Plastik kil	4
Kil, çakıl ve killi kum	2
Sert kil	2,5
Marn ve çok sert kil	2

Hesaplamalarımızda genelde sızma tulü hesabında *C* katsayısı için 3 veya 4 değeri alınmaktadır.

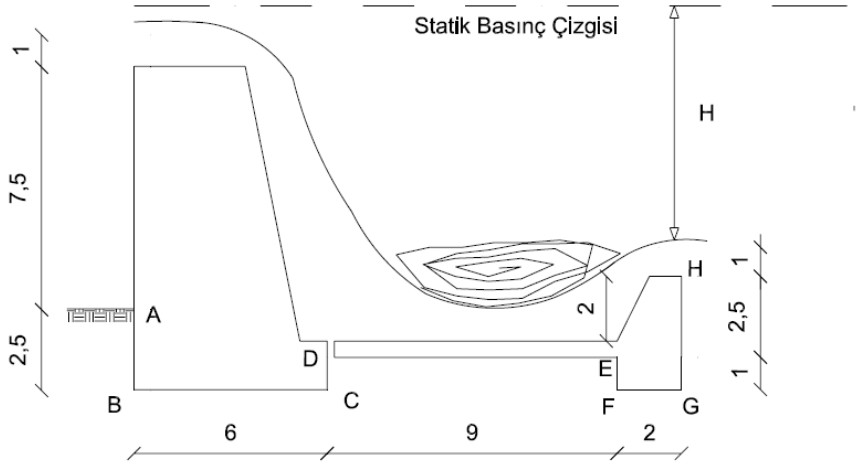
Taş, çakıl ve çok ince olmayan kum karışımından oluşan normal bir dere yatağında bir ıslah sekisi yaptığımızı kabul edelim;

C = 3 alınabilir.

H = 6,5 (m) olduğuna göre (Şekil 41, Lane formülüne göre sızma tülü;

L = 3*6,5=19,5 m olmaktadır.

Şimdide Şekil 41' ye göre yapının temin ettiği L_1 sızma tulünü hesaplayalım



Şekil 41: *Lane formülüne göre sızma tülü uzunlukları*

$$\boldsymbol{L_1 = 2,5 + \frac{6}{3} + 1,0 + \frac{9}{3} + 1,0\frac{2}{3} + 3,5 = 13,66\ m}$$

Yapının sağladığı sızma tülünün hesabında dikey ve ufukla 45^o 'den büyük açı yapan uzunluklar olduğu gibi, yatay ve ufukla 45^o 'den küçük açı yapan uzunlukların ise 1/3' ü alınır.

Lane formülüyle hesaplanan sızma tulü ile yapının temin ettiği tul arasında,

19,5-13,66 =5,84 m lik bir tüle ihtiyaç vardır. Bu tül muhtelif şekillerde sağlanır.

1) Palplanş çakmak

Yapının memba ya da mansap uç kısımlarına paplanş çakılarak sızma tülünü uzatmayı kabul ettiğimizde, gerekli paplanş tulü;

5,84=C (3)*x

x=1,94 m bulunmuş olur

2) Memba geçirimsizlik perdesi oluşturmak

Paplanş çakmanın mümkün olmadığı zamanlarda sızma tülünü uzatmak için yapının memba tarafı beton veya kil bir perde ile kaplanır.

3) Parafuyu derinleştirmek ya da düşü havuzunu uzatmak

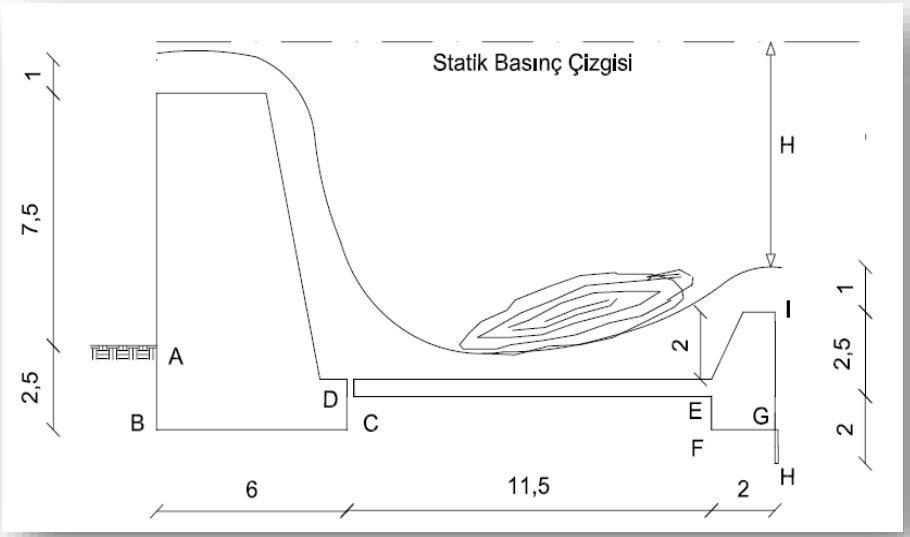
Bu çözüm diğerlerine göre pahalı değil ise uygulanır. Çünkü alttan kaldırma kuvvetinin büyük çıkmasına neden olmaktadır. Alttan kaldırma kuvvetinin azaltılması için, düşü havuzu başlangıcında 1,5-2 m ara ile 0,15x0,15 m boyutlarında delikler açılarak üzerleri ızgara ile kapatılır. Deliklerin altına ise filtre koymak gerekir. Aksi takdirde temel boşalacağından yapı yıkılabilir. Böylelikle ızgaralar hizasında yük 0,65 gibi bir katsayı ile çarpılabilir (Şentürk, F. 1957).

Alttan Basınç Diagramının Tespiti

Lane formülüne göre tespit edilen sızma tulu L ve yük H olsun,

$\frac{\mathbf{H}}{\mathbf{L}} = \boldsymbol{J}$ sızma eğimi

O halde statik basınçtan, yük kaybını ($J \cdot L$) çıkartırsak alt basınç diagramını elde etmiş oluruz. Bu işi bir tablo ile yapmak faydalıdır (Tablo 12). Aşağıdaki örnek konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. (Şekil 42)



Şekil 42: *Alt basıncın hesabında temel üst seviyesi altındaki uzunluklar.*

$H = 6{,}5$, $C = 3$

Lane formülüne göre sızma tulü;

$L = C \cdot H \Rightarrow L = 6{,}5*3 = 19{,}5$ m

Yapının temin ettiği sızma tulü L_1 ise,

$$\boldsymbol{L_1 = 2,5 + \frac{6}{3} + 1 + \frac{11,5}{3} + 1,0 + \frac{2}{3} + 1,0 + 4,5 = 16,50\ m}$$

Yapıda sızma şartının emniyetli bir şekilde sağlanması açısından, yapının temin ettiği sızma tülünün, Lane formülü ile hesaplanan sızma tulüne eşit, ya da büyük olması gerekir.

$$\boldsymbol{J = \frac{H}{L} = \frac{6,5}{16,5} = 0,39}$$ Sızma eğimi

Tablo 13: Alt Basınç Hesabı

Nokta	Hodrostatik Basınç	J	l	JxL	Alt Basınç
A	8.500	0,39	-	-	-
B	11.00	〃	2.50	0.98	10.02
C	11.00	〃	6/3	0.78	9.24
D	10.00	〃	1.00	0.39	7.85
E	10.00	〃	11.5/3	1.49	6.36
F	11.00	〃	1.00	0.39	6.97
G	11.00	〃	2/3	0.26	6.71
H	12.00	〃	1.00	0.39	7.32
I	7.50	〃	4.50	1.76	1.06

Yapının (**C)** gibi bir noktasında alt basınç **9,24** olmaktadır**.** Alttan basıncı düşürmek amacıyla, bu noktadan geçen dik bir hat üzerinde, yukarda bahsettiğimiz delikleri açacak olursak, basıncın değeri 0,65*9,24=**6,06** olur. Bu noktadan itibaren alttan basın hesabında, yük kayıplarını bu değerden çıkarmak suretiyle hesaplamalarımıza devam edebiliriz **(**Tablo 13).

Tablo 14: Düşürülmüş Alt Basınç Hesabı

Nokta	Hodrostatik Basınç	J	l	JxL	Alt Basınç	
A	8.500	0,39	-	-	-	
B	11.00	〃	2.50	0.98	10.02	
C	11.00	〃	6/3	0.78	9.24	6,06
D	10.00	〃	1.00	0.39	4.67	
E	10.00	〃	11.5/3	1.49	3.18	
F	11.00	〃	1.00	0.39	3.79	
G	11.00	〃	2/3	0.26	3.53	
H	12.00	〃	1.00	0.39	4.14	
I	7.50	〃	4.50	1.76	-2,12	

C' noktasında basınç dilatasyonla **0,65**'e düşürüldü.

Tahkimat Tulünün Tespiti

$$L' = 0,642 \cdot C \cdot \sqrt{H \cdot q}$$

formülü ile hesaplanan L' değerinden, L (düşü havuzu uzunluğu) çıkarılarak tahkimat tulü bulunur.

Tahkimat tulü (m) =$L'-L$

Burada;

H : maksimum su yükü (yapının membada savak üstü seviyesinden, mansapta radye üst kotuna kadar olan fark),

C: zemin cinsine bağlı bir katsayıdır (Tablo 10). Hesaplamalarımızda genelde *C* katsayısı için 6 değeri alınmaktadır.

$$Q = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2.g} \cdot h_2^{3/2}$$

(b=1 m tülden geçen birim debi, m³ / sn / m)

h_2 = parafuy savak yüksekliği (m) [16]

ı) **Uygulamada Dikkat Edilecek Hususlar**

1. Devlet ormanı olmayıp, mülkiyeti hazineye ait tescilli veya tescil harici yerlerde yapılacak Yukarı Havza Sel Kontrol çalışmalarında, 2020/1 sayılı Kadastro Mülkiyet Daire Başkanlığının "Hazinenin Özel Mülkiyetinde veya Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Bulunan Taşınmazların Tahsisi ile Orman Rejimine Alınma Usul ve Esasları" hakkındaki tamim esaslarına uyulacaktır.

2. Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği'nin

"(2) Aşağıda belirtilen hususlar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır:

b) Yukarı havza yamaç arazilerinde yapılması gereken ağaçlandırma, teraslama ile yamaç arazi ıslahı kapsamında üç metreden daha düşük yükseklikteki sel dereciği, sel yarıntısı ve sel derelerindeki oyuntu ıslahı ve benzeri toprak muhafaza çalışmaları," denilmekte olup

yine aynı yönetmeliğin

"Proje debisi ve hidrolik kesit onayı

MADDE 15 – (1) DSİ dışındaki diğer kurum ve kuruluşlarca akarsular üzerinde inşa edilecek köprü, menfez, taşkın kontrol tesisleri gibi yapıların proje debisi ile hidrolik kesit tahkikleri, projeyi hazırlayan kurum ve kuruluşlarca hesaplandıktan sonra DSİ'nin görüşüne sunulur."

Maddesi uyarınca ***3m'den daha derin*** sel dereceği, sel yarıntısı ve sel derelerindeki ***oyuntu ıslahı yapılarında DSİ görüşü alınması gerekmektedir***.

3. Enine objeler;
   - taşkın sularını depolayarak yüksek akışları hafifletmek,
   - taşkın akımını daha uzun bir zaman dilimine yaymak ve
   - suyun akım ekseninde akışını sağlayarak kıyı oyulmalarını önlemek yoluyla taşkın zararlarının önlenmesi amacıyla inşa edildikleri gibi,
   - rüsubat biriktirmek amacıyla da inşa edilirler.

   Bunun için, mecra içinde daha fazla depolama kapasitesi kazandıracak uygun yerler aranır. Burada önemli olan 1 m^3 sınai tesise karşılık tutulacak rüsubat miktarının yüksek olmasıdır.

4. Islah sekisi yükseklikleri, zorunluluk yoksa fazla olmamalıdır. Çünkü, ıslah sekisi yüksekliği arttıkça inşa ve onarım maliyeti yükselmektedir. Yine rüsubat depolama kapasitesi açısından ıslah sekisi maliyeti değerlendirildiğinde, azami tutabileceği rüsubatın birim miktarının maliyeti, yüksek sekilerde daha fazladır. Yüksek bir ıslah sekisi inşası yerine, aynı maliyet tutarına 2 veya daha fazla alçak ıslah sekisi yapıldığı takdirde, bu küçük sekilerin toplam rüsubat kapasitesi daha fazla olur

5. Bir dere üzerinde tasarlanan ıslah sekileri ve tersip bentlerinin imalatları mevcut problemin niteliğine göre bir program dahilinde uygulanmalı, yataktaki sediment durumu ve deredeki gelişmeler gözlenerek belirli zaman aralıklarında yapılmalıdır. Özellikle çok sayıda ıslah sekisinin aynı yıl içerisinde yapılmasından kaçınılmalı ve problemin niteliği ve çözüm şekline göre bir derenin ıslahının uzun yıllar alabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

6. Dere profilinin kayalık, dar ve sarp olduğu, sağlam yamaçlar arasında inşa edilecek ıslah sekileri; yayvan ve çürük arazide inşa edilecek geniş barajlara oranla daha yüksek olabilir.

7. Islah sekisi yüksekliğini etkileyen diğer bir faktör de ıslah sekisi yüksekliğinin arttırılması veya azaltılması halinde ıslah sekisinin rüsubat depolama kapasitesinin ne ölçüde etkileneceği hususudur. Bu bakımdan, ıslah sekisi yüksekliğine karar verirken, mecra eğimi ve depolama hacminin ne kadar artacağı veya azalacağı da dikkate alınmalıdır.

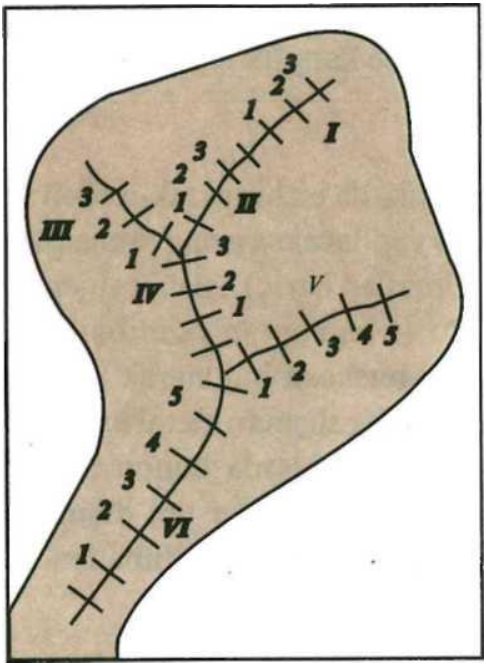
8. Temel ve kanat kazıları yapılırken, ıslah sekisinin temelde veya yanlarda sağlam zemine oturmasına dikkat edilmelidir.

9. Dere tabanında aşırı oyulmalar sonucu, yamaç araziler, denge kaybederek vadiye kaydıklarından ve mecrada akmakta olan su tarafından kolaylıkla taşındıklarından rüsubat artışına neden olmaktadır. Bu durumun önlenmesi için kayan veya kaymak üzere olan toprak kitlesini durdurmak, rüsubat artışını önlemek için, ıslah sekisinin vadinin uygun bir kesitinde, membasında birikecek rüsubatı tutabilecek yükseklikte olması sağlanmalıdır.

10. Mecra ve oyuntularda birbirini takip eden ve kontrol eden birden fazla tesis yapılacaksa genel prensip; (oyuntulardaki canlı eşik tahkimatlar hariç) ıslah çalışmasının aşağıdan yukarıya doğru (mansaptan membaya) yapılmasıdır. Mansapta sağlam bir kesit bulunarak ilk yapı buraya inşa edildikten sonra, ıslah çalışması membaya doğru devam eder. Ancak, bazı özel durumlarda bunun tersi uygulanabilir. Örneğin; mecra içinden geçen yol dışında başka ulaşım olanağı yoksa ıslah membadan mansaba doğru olur.

11. Islah çalışmasına havzanın durumuna göre ana mecradan veya yan dere havzasından başlanabilir. Rüsubatın büyük kısmı yan dere havzasındaki oyuntulardan oluşuyorsa ıslaha yan dere havzasından başlanması daha doğrudur. Çünkü, ana mecradan başlandığı takdirde, buraya tesis edilen yapılar, yan dere havzasından gelen yoğun rüsubatla gömülebilir. Bunun tersi de olabilir, ana mecrada oyuntu ıslahına öncelik verilerek inşa edilen yapıların arkası boş kalabilir ve bu tesisler fonksiyonlarını

yerine getiremezler. Bu bakımdan mecra ve oyuntu ıslahındaki önceliklerin, her havzanın kendi öz şartları dikkate alınarak dengeli bir şekilde gerçekleştirilmesi uygun olur. Bir sel deresi havzasında ıslah çalışmalarının sırasına ilişkin örnek (Şekil-43)'de gösterilmiştir.



Şekil 43: *Bir sel deresi havzasında ıslah çalışmalarının sırası*

12. Derede akan bir su varsa, bu durum inşaatı güçleştireceğinden mümkün olduğu kadar inşaata havzanın kurak mevsimde başlatılıp bitirilmesi gerekir. Yarım kalmış inşaatın kışın su ve taşkınlardan zarar görmemesi için kurak mevsimde tamamlanacak şekilde iş planı yapılmalıdır.

13. Havza bir bütün olarak değerlendirilmeli ve problemin özelliğine göre yamaç arazide su ve toprağı koruyucu önlemler de alınmalıdır.

14. Islahı tamamlanmış olan yan derelerde inşa edilen ıslah sekileri ve tersip bentleri her yıl periyodik olarak, ayrıca her taşkından sonra kontrol edilmeli ve oluşan hasarlar yapıların emniyeti bakımından acilen giderilmelidir.

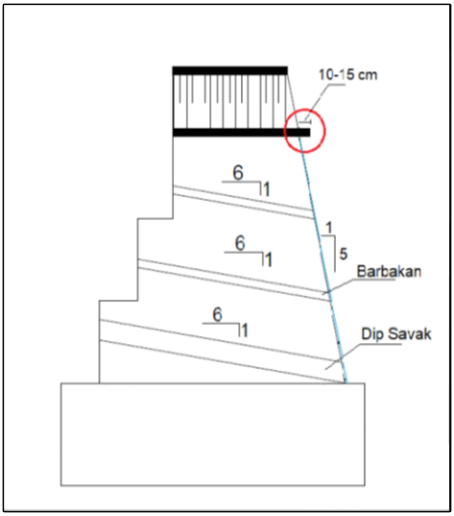
15. Geçirgen tersip bentleri ve sel tırmıklarında; her yıl periyodik olarak ve feyezanlar sonrasında, yapı arkasında tutulan rüsubat temizlenmelidir.

16. Islah sekileri ve tersip bentleri; betona göre daha ucuz, bakım ve onarımları daha kolay ve derelerin doğal yapısına daha uygun olduğundan, mümkün olduğunca kargir olarak inşa edilmelidir. Kargir inşaat için taş malzeme teminin mümkün olmadığı hallerde, beton olarak inşa edilecek yapılarda derzler arasında kenetlenmeyi artırmak için, yatay ve düşey derzlerde kenetlenme dişleri bırakılmalıdır.

17. Yapılarda dolu savak derenin yıpratıcı etkilerinden en fazla etkilenen kısım olduğundan, savak özenle yapılmalı, bunun için mümkünse yontma taşlarla, mümkün değilse sağlam büyük taşlarla ve 450 dozlu harçla uzunluğuna yerleştirilerek inşa edilmelidir.

18. Çimento harçlı kargir yapılarda da proje esas olup, projede aksi belirtilmemişse gövdede min. 250 dozlu, savak inşaatı ve derzlerde min. 450 dozlu harç kullanılmalıdır.

19. Yapıların ön yüzeylerinde su ve taşınan sediment nedeniyle oluşabilecek aşınmaları önlemek üzere, savağın mansap ucunda l0-15cm uzunluğunda bir konsol çıkıntı bırakılmalıdır.



Şekil 44: *Islah sekisi kesiti*

20. Fazla sediment getiren ve heyelanlı derelerde dolu savağın devamı olan kanat duvarlarına yamaçlara doğru %5-15 arasında bir eğim verilmelidir.

21. Yapıların arkalarında birikecek suların tahliyesi için talveg hattı üzerinde bir ya da iki adet dip savak bırakılmalı, krete en fazla l.00-1.50 m yaklaşılarak 1.50 m dikey ve 2.00 m yatay aralıklarla, mansaba doğru 1/6 eğimli barbakanlar konmalıdır.

22. Yapıların temel derinlikleri kaya zeminler dışında 1.00 metreden az bırakılmamalı, düşük eğimli ve ince sedimentle kaplı mecralarda inşa edilen sistematik ıslah sekilerinde, seki temel alt kotunun öndeki yapının kret kotundan en az 0.50 m aşağıda bulunmasına dikkat edilmelidir.

23. Yapıların projelendirilmesinde temel genişliğinin, savak üst genişliğinden en az 2,00 m fazla olması son derece önemlidir. Ayrıca kademeli dişler şeklinde yamaçlara sokulan kanat duvarlarının uzunluğu zeminin cinsine bağlı olup, normal zeminlerde kanat duvarları şevlere en az 1.50-2.00 m girmeli, yapıların inşasından sonra kanat duvarlarının memba ve mansap yüzlerinde oluşan kazı boşlukları sıkı bir şekilde doldurulmalıdır.

24. Ana mecralarda ıslah sekileriyle sistematik bir yapı sistemi oluşturma gereği duyulduğunda, en mansaptaki kilit sekinin önüne kontur seki inşa edilerek yapı emniyet altına alınmalıdır.

25. Yapıların enkesitleri genellikle arka yüzleri dik ya da kademeli dişli, ön yüzü %20 eğimli yamuk kesittir. Daha fazla eğim verilmesi halinde özellikle sediment taşıyan derelerde yapı mansap yüzlerinin hasar gördüğü tecrübelerden anlaşılmaktadır. Bu nedenle büyük blok hareketlerinin olduğu derelerde mansap yüzünün korunması için, yüksek ve beton yapılarda daha az eğim verilmelidir.

26. Devamlı ve yüksek sarfiyatların olduğu derelerde yapılar düşü havuzlu olarak inşa edilmelidir.

27. Enine yapılar tasarlanırken, arazi durumuna göre, kıyı tahkimat

yapılarının gerekliliği de beraberinde değerlendirilmelidir.

28. Uygulama projeleri tanzim edilirken; eğer 3 m'den daha az derinlikteki oyuntularda ve yamaç arazide çalışılacaksa bu projenin adı "Erozyon Kontrol Projesi" , 3 m'den daha derin oyuntularda, yapılar inşa edilecekse "Yukarı Havza Sel Kontrol Uygulama Projesi" olacaktır. Her iki faaliyeti içeren projeler ise; hangi faaliyet ağırlıklı ise önde o faaliyetin adı yazılarak; "Sel ve Erozyon Kontrol Projesi" ya da "Erozyon ve Sel Kontrol Projesi olarak adlandırılacaktır. Proje dispozisyonlarında hangi faaliyet ağırlıklı ise ilgili faaliyetin dispozisyonu kullanılacak olup planlanan faaliyetler başlığı altındaki her bir imalat için gerekli bilgilere ayrı ayrı yer verilecektir. [15] [16] [20] [21] [22]

j) Beton, Betonarme, Harçlı Kargir Duvarlar ve Yapım Şartları

j.1 Tanımlar

Kargir taşkın kontrol duvarı: Kargir taşkın kontrol duvarı, doğal taşların veya beton blok ve benzeri diğer yapı taşlarının, çimento vb. bir mineral bağlayıcı ile yapılmış harç kullanılarak örülmesi yolu ile oluşturulan yapı elemanıdır.

Harç: Bir veya daha fazla sayıda inorganik bağlayıcı, agrega ve suyun, bazı durumlarda, mineral ve/veya kimyasal katkılar da ilâve edilerek, kargir yapıda örme, derz oluşturma ve derz doldurma için hazırlanan karışıma verilen addır.

Beton ağırlık istinat duvarı: Bu duvarlar donatısız olarak betondan üretilmektedir. Ağırlık duvarlarının kesiti çoğunlukla tabana doğru genişleyen yamuk şeklinde olur. Beton dökümünde kolaylık için arka yüzey bazen kademeli olarak inşa edilebilir.

İnşaat derzi veya soğuk derz: Beton dökümünün sınırlarında yeterince uzun (bir saatten fazla) bir süre durması sebebiyle oluşan sertleşme (priz geciktirici özelliği olan kimyasal katkılı betonlarda bu süre 1,5 saat olabilir) derz olarak adlandırılır.

Genleşme veya büzülme derzleri: Beton yapıların genleşme ve/veya büzülmesi sebebiyle komşu yapıya göre olası yer değiştirebilmesine olanak sağlayan derzlerdir.

Agrega: Doğal, yapay veya her iki cinsten yoğun mineral malzemenin çeşitli boyutlardaki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerinin bir yığınıdır.

Nervürlü çelik donatı: Nervürlü çelik betonla aderansı artırmak amacıyla, yüzeyinde oluşturulmuş çubuk eksenine belirli bir açıyla veya açılarla yer alan ve çubuk boyunca devam eden çıkıntıları olan beton çelik çubuğudur. [23]

j.2 Kargir Duvarlar

j.2.1 Kargir Duvarlarda Kullanılan Taşlar

- Moloz Taş
- Kaba Yonu Taş
- Yonu Taş
- Kesme Taş
- Yapay Taş

j.2.2 Kargir Duvarın Bünyesinde Kullanılacak Taş Çeşitleri

Sıra Taşı (Yükseltici Taş)

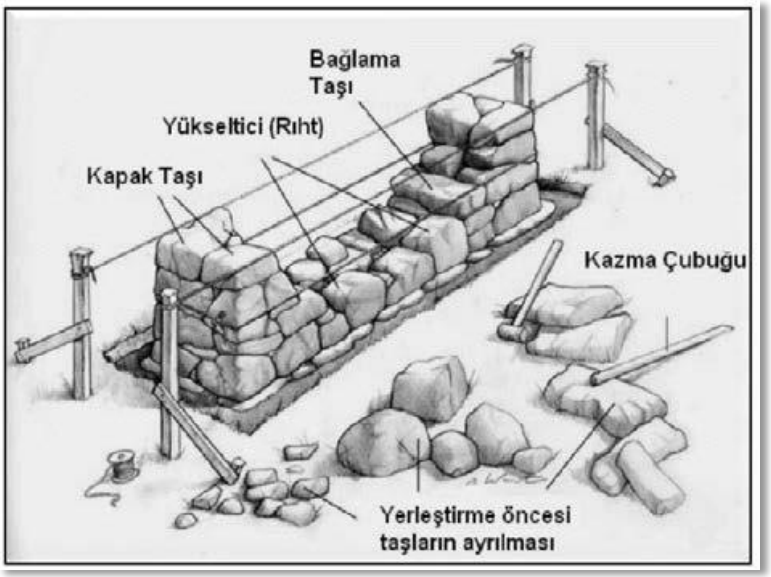
Kargir duvarın yükseltilmesi için kullanılacaktır. Taşın uzun kenarı duvar yüzeyine paralel olacak şekilde yerleştirilecektir.

Kenet (Bağlama) Taşı

Kenet Taşı (Enine Bağlantı Taşı), kargir duvar içerisindeki bağımsız olan taşları birbirine bağlamak için kullanılacaktır. Bu taş üstten gelecek yükün duvar içerisinde orantılı olarak dağılması ve duvarın iki yüzünün birbirine bağlanmasını sağlar. Taşın uzun kenarı duvar yüzeyine dik olacak şekilde yerleştirilecektir. Kenet Taşı duvar içerisinde eşit aralıklarda olmak üzere 2 adet/m2 den az olmayacak şekilde uygulanacaktır. Kenet Taşının kalınlığı 0.15 m'den, uzunluğu 0.40 m'den az olmayacaktır.

Kapak Taşı (Köşe Taşı)

Kargir duvarın köşelerinde, başlangıç ve bitiş kısımlarında, açıklık kenarlarında kullanılacaktır (Şekil-42).



Şekil 43: *Kargir inşaatta kullanılan taşlar*

j.2.3 Kargir İmalatta Kullanılacak Taşlara Ait Özel Nitelikler

Taşkın kontrol duvarları yapımında kullanılacak olan taşların su ile temas edileceği göz önünde bulundurularak andezit, bazalt, Bergama graniti gibi su ile temasında kayda değer değişikliğe uğramayacak taşlar seçilecektir.

İmalatın yapımında kullanılacak malzeme iş yerinde kullanılmadan önce dikkatle gözden geçirilecek; toprak, kil ve benzeri kirleticiler bulaşmış veya yosun tutmuş taşlar yapı imalatına konmadan önce temizlenecek, gerekirse yıkanacaktır.

Taşlar homojen, sert, yoğun, damarsız, çatlaksız, hava etkilerine ve dona dayanıklı, ocak nemini kaybetmiş, darbe etkisiyle dağılmayacak nitelikte olacaktır.

Taşın harca yapışması tam olacak, kırıldığında yüzeyleri sedef gibi veya pul pul gözüken taşlar kullanılmayacaktır.

Toplama taşlar, kargir imalatlarda kullanılmayacaktır. Ancak kazıdan çıkan taşlar ilgili şartnameler ve standartlar dâhilinde gerekli deneyler yapılarak İdarece uygun görülmesi halinde kullanılabilecektir.

İnşaat aşamasında zaman zaman, imalatlarda kullanılan taşlardan kalite kontrol amaçlı örnekler alınıp ilgili deneyler yaptırılarak imalatın kalitesi denetlenecektir. Söz konusu kontrollerde veya idarece gerek duyulan durumlarda yapılacak kontrollerde, öngörülen koşullara uymadığı tespit edilen malzeme iş yerinden bedelsiz uzaklaştırılacaktır. [23]

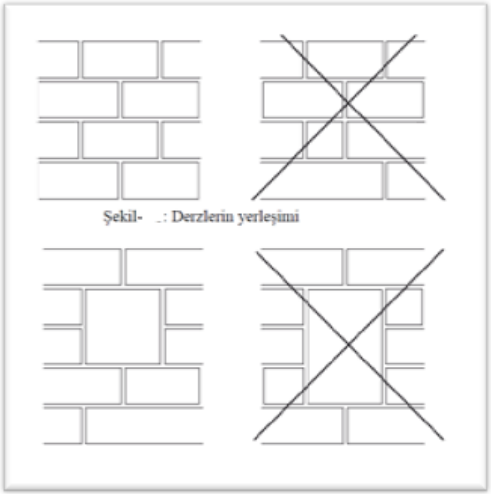
j.2.4 Yapım Şartları

j.2.4.1 Genel Şartlar

Kargir inşaatlarda bütün cephe taşları aynı düzlemde veya projesinde gösterilen yüzeyde olacaktır.

Duvar bütün kalınlığınca aynı zamanda yapılarak yükseltilecektir. Taşlar yerlerine konmadan önce iyice temizlenecektir.

Taş duvarlarda yüklerin projelendirilme şartlarının dışında yapıya etkimemesi ve yapı statik ve stabilitesinde olumsuzlukların meydana gelmemesi için duvar projesine uygun olarak ve ölçüsünde imal edilecek, dik duvar ise şakuli, eğimli ise şevlendirilmesi düzgün yapılacaktır.



Duvarın örülmesinde üst üste gelen sıralardaki düşey derzler birbirinde şaşırtmalı, taş büyüklüklerinin uygun olmaması nedeniyle mecbur kalınan hallerde ise en çok iki sıra üst üste gelebilir.

Şekil 43: *Derzlerin Yerleşimi*

Harçlı kargir imalatlarda kullanılacak doğal taşlar su ile ıslatılarak hidratasyonu ve fiziki yapışmayı önlemeyecek derecede suya doygun hale getirilecektir.

Kargir imalatlar, betonlarda olduğu gibi düzenli sulanacaktır. Don olacağı tespit ve tahmin olunabilen $+5^0$C derecenin altındaki hava sıcaklıklarında harçlı kargir imalat inşaatı yapılmayacaktır. Zorunlu hallerde Yüklenici gereken koruyucu tedbirleri alarak İdarenin izni ile imalata devam edebilir. Bu durumda koruma 7 gün sürecektir.

Kargir duvar temeli alt kotu, inşaat alanı için "Türkiye Don İndeksi ve Don Penetrasyon Derinliği Haritası"nda verilen don derinliği dikkate alınarak belirlenecektir.

Duvar yapımına başlamadan önce duvar enine kesitinin ölçüsünde ve kotunda yapımının sağlanması için ahşap tahta veya çelik profiller kullanılarak duvar şablonu yapılacaktır. Bu şablonlar taş duvarda ano başı olacak yerlerde veya gereken başka ara yerlerde duvar doğrultusuna dik, duvar enine kesiti doğrultusunda olmak üzere yerlerine dikkatle yerleştirilecektir. Şablonların ön yüzleri arasına duvar yapımının her kademesinde ip çekilecektir. İp doğrultusu muhakkak surette yatay olacaktır. Duvar yüzeylerinde bulunan taşların ön yüzleri bu iplere teğet yapılacaktır. Taşların önyüzü bu iplere değecektir. Duvar yükseldikçe ipler şablon (kalıp) yüzeylerine temas ettirilerek yukarı çekilecektir.

Çimento harçlı kargir inşaat imalat devamlı olarak sulanacaktır. Kargir duvar imalatında kullanılmak üzere hazırlanan harç içindeki bağlayıcının priz yapmaya başlamasına kadar bekletilmeden kullanılacaktır. Hazırlanan harçlarda, çimentonun su ile karşılaştığı andan itibaren en çok 90 dk içinde harcın duvardaki yerine yerleştirilecektir. Bu nedenle fazla miktarda harç yapılmasından kaçınılacak işin büyüklüğüne göre sertleşmeye başlamadan yerine yerleştirilebilecek kadar hazırlanacaktır.

Kargir duvar imalatlarının kazıları projesine göre yapılacaktır. Duvar arka yüzeyleri İdare tarafından görülmeden hiçbir suretle dolgu yapılarak kapatılmayacaktır. [23]

j.3 Betonarme Duvar ve Islah Sekileri

Betonarme yapılarda, işin projesinde verilmiş olan bütün detay çizimlere, proje notlarına ve proje eki şartnamelere uygun olarak imalatların yapımına dikkat edilecektir.

Beton ile ilgili genel şartlar aşağıda belirtilmiştir.

j.3.1 Beton Çeşitleri

Beton çeşitleri temel olarak 4 grup altında toplanır

j.3.1.1 Basınç Dayanımlarına Göre Beton Çeşitleri

a. Normal Dayanımlı Betonlar

(Basınç dayanım sınıfı C50/60 ve daha küçük olan normal veya ağır beton ve basınç dayanım sınıfı LC50/55 ve daha küçük olan hafif beton)

b. Yüksek Dayanımlı Betonlar

(Basınç dayanım sınıfı C50/60'den daha yüksek dayanımlı olan normal veya ağır beton ve basınç dayanım sınıfı LC50/55'den daha yüksek dayanımlı hafif beton)

j.3.1.2 Birim Hacim Kütlelerine Göre Beton Çeşitleri

a. Hafif Betonlar

(Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi 800-2000 kg/m^3 olan betonlar)

b. Normal Betonlar

(Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi 2000-2600 kg/m^3 olan betonlar)

c. Ağır Betonlar

(Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi 2600 kg/m^3 'den büyük olan betonlar)

j.3.1.3 Çevresel Etki Sınıflarına Göre Beton Çeşitleri

a. Korozyon veya Zararlı Etki Tehlikesi Olmayan Beton
b. Karbonatlaşmanın Sebep Olduğu Korozyon Etkisine Maruz Kalan Beton
c. Deniz Suyu Haricindeki Klorürlerin Sebep Olduğu Korozyon Etkisine Maruz Kalan Beton
d. Deniz Suyundan Kaynaklanan Klorürlerin Sebep Olduğu Korozyon Etkisine Maruz Kalan Beton
e. Donma/Çözülme Etkisine Maruz Kalan Beton
f. Kimyasal Etkilere Maruz Kalan Beton
g. Mekanik Aşınma Etkisine Maruz Kalan Beton
h. Alkali Silika Reaksiyonu Nedeniyle Tahrip Olan Beton

j.3.1.4 Kıvamına Göre Beton Çeşitleri

a. Kendiliğinden Yerleşen Beton

(Kendi ağırlığı ile akabilen ve sıkışabilen, homojenliğini koruyarak içerisinde donatı bulunan kalıpları, kanalları, çok sık donatılı beton bileşenleri gibi yapı elemanlarını doldurabilen beton, çökme-yayılma ve ilave olarak viskozite, geçiş yeterliliği veya elek ayrışma direncine göre sınıflandırılabilir)

b. Normal Kıvamlı Beton

(Çökme, sıkıştırma, yayılma veya çökme-yayılmaya göre sınıflandırılan beton) [24]

j.3.2 Uygulama Esasları

Nitelikler

- Beton, TS EN 206 ve TS 13515 Standartlarına uygun olmalıdır. Bu standartlara uygunluk, "Yapı Malzemelerinin Tabi Olacağı Kriterler Hakkındaki Yönetmelik" şartları gereği betonun bu standartlar kapsamında "G Uygunluk İşareti" taşıyacak şekilde piyasaya arz edilmiş olmasıyla gösterilir.

- Betonun bileşen malzemeleri TS EN 206 ve TS 13515'te belirtilen standartlara uygun olacaktır.[24]

j.3.2.1 Betonun Dökümü, Yerleştirilmesi ve Sıkıştırılması

- Beton dökümü, sorumlu bir mühendis gözetiminde yapılmalı, bu mühendis beton üretim tesislerini, beton tedarik miktarını ve yerleştirme sırasındaki gerekli değişiklikleri koordine etmelidir. Mühendis tüm döküm işlemi boyunca hazır bulunmalıdır.

- Betonun yerleştirilmesinde özel bir durum varsa işe ait özel teknik şartnamesinde belirtilmelidir. Şartnamede gerekli görülen yerlerde, bir beton döküm planı hazırlanmalıdır.

- Betona hiçbir surette döküm sahasında su ilave edilmesine izin verilmez.

- Betonda nitelik denetimi ve kabul koşulları, TS 500 Standardının 3.4 maddesinde belirtildiği üzere TS 13515 Ek B1'e uygun olmalıdır.

- Betonun dökümü karıştırıcı donanımı olmayan kamyon, transmikser, sabit veya hareketli pompa, kova vb. yöntemlerle olabilir. Şartnamede betonun döküm yöntemi belirtilmelidir. Taşıyıcı kovalar ya da oluklar kullanıldığında, bunlar gereğince yıkanacak ve ayrışmayı önleyecek şekilde kullanılacaktır. Beton, alüminyum veya alüminyum alaşımı borulardan boşaltılmayacak ya da pompalanmayacaktır.

- Döküm öncesi kalıpta, beton kalıntısı, buz, kar ve serbest su bulunmamalı, inşaat derzleri temiz olmalı ve ıslak duruma gelinceye kadar rutubetlendirilmelidir. Betonun, doğrudan zemine döküleceği hâllerde taze beton zeminle karışmaya karşı korunmalıdır. Donmuş zemin üzerine beton dökülmesine izin verilmemelidir.

- Döküm öncesi paspayı elemanlarının ve donatı mesnetlerinin, donatıya gerekli aderansı sağlamak ve donatıyı dış etkilerden korumak için TS 500 vb. standartlara göre belirlenmiş net beton örtü tabakası kalınlığını sağladığı kontrol edilmelidir. Uygun donatı mesneti ve paspayı elemanının seçiminde, donatının yerleştirilmesi esnasında ve betonun dökümü esnasında oluşan yükler dikkate alınmalıdır.

- Şantiyede betonun boşaltılması esnasında gözle muayene yapılarak, olası ayrışma, terleme, şerbet sızması vb. taze beton kusurları tespit

edilmeye çalışılmalıdır. Betonun görüntüsünün anormal olduğuna karar verilirse, betonun boşaltılması durdurulmalıdır.

- Taze beton beyan edilen ömrüne ulaştığında, betonun boşaltılması ve yerleştirilmesi durdurulmalıdır.

- Yerleştirme ve sıkıştırma hızı, soğuk derzi önlemek için yeterince yüksek ve aşırı oturmaları, kalıp sisteminin aşırı yüklenmesini önlemek için kalıp sisteminin uygulama projesinde belirtilmiş taze beton basıncı limitlerinde kalınacak şekilde yeterince düşük olmalıdır.

- Anormal hava koşullarında (aşırı sıcak, aşırı soğuk) betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması TS 1248'e göre yapılmalıdır. Döküm esnasında ve kür süresi boyunca ortam sıcaklığının düşük veya yüksek olacağının tahmin edildiği hallerde, betonun zarar görmesinin önlenmesi için tedbir alınmalıdır. İlave tedbir olarak ortam sıcaklığının alt veya üst sınır değerleri tanımlanabilir.

- Yerleştirme ve sıkıştırma sırasında beton, güneş ışınlarından, şiddetli rüzgâr, yağmur ve sudan korunmalıdır. Sıkıştırma sırasında, katmanlar üzerinde herhangi bir harç oluşumu önlenmelidir.

- Sıcak havada kabuk oluşumunu ve plastik rötre çatlaklarını önlemek amacıyla, katmanların üstü güneş ışınımından korunmalıdır. Gerekirse, katmanların yerleştirilmesi arasında geçen süre azaltılmalıdır.

- Betonun sıkıştırılması (kendiliğinden yerleşen beton hariç) iç ve dış vibrasyon yöntemiyle yapılmalıdır. Vibratör uygulaması beton içerisindeki hapsolmuş hava çıkışı duruncaya kadar sürdürülmelidir, ayrışmaya yol açabilecek aşırı vibrasyondan kaçınılmalıdır. Vibratör, kalıplara ve donatıya kesinlikle temas ettirilmemelidir. Etki alanları birbirlerine çakışacak şekilde vibrasyon yapılmalıdır. Vibratörler, betonun taşınması için kullanılmamalıdır.

- Beton, teknik zorunluluk olmadıkça yatay tabakalar halinde dökülerek sıkıştırılmalıdır. Beton dökümü olabildiğince sürekli olmalı, yeni dökülen betonun önceki tabaka ile kaynaşması sağlanmalıdır.

- Beton dökümünde ayrışma olmaması için serbest düşme yüksekliğinin en fazla 1,5 metre olmasına dikkat edilmelidir.

- Betonda soğuk derz oluşumundan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Soğuk derz bırakılması durumunda kolon ve kirişlerde soğuk derz bırakılması tavsiye edilmez. Gerekli durumlarda aderansı sağlamak için kimyasal malzemeler kullanılabilir. Aderans arttırıcı kimyasallar püskürtme veya fırça ile önceden temizlenmiş yüzeye uygulanır ve bu işlemin hemen arkasından yeni beton dökümü gerçekleşir. Eğer önlem almadan soğuk derz oluşmuş ise özel su tutucu bantlar, su ile şişen ürünler ve harçlar kullanılabilir.

- Kendiliğinden yerleşen beton, mümkün olduğu kadar, yerleştirme hızına uygun döküm hızı sağlanarak sürekli ve tek seferde dökülmelidir. Kendiliğinden yerleşen betonun serbest düşüş yüksekliği ve yatay akış mesafesi, beton kalitesi ve homojenliği üzerinde olumsuz etki oluşturmayacak şekilde sınırlandırılmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton uygulamasında vibrasyon genellikle yapılmamalıdır.

- Kayar kalıpta kullanılacak betonun kıvam ve priz süresi uygun olmalıdır. Kayar kalıp, belirlenmiş beton donatı örtüsü, beton kalitesi ve yüzey şartlarının sağlanmasına yeterli donanım ve yöntemle uygulanmalıdır.

- Su içinde dökülecek betonlar için beton kohezif özelliklere sahip olmalıdır. Genel olarak betonun su içinde karışmayacak şekilde önlem alınarak dökümünün yapılması sağlanır. Bunun için tremi yöntemi ile su altına beton dökümü önerilir. Tremi kullanımında tremi borusunun ucu, daima önceden dökülen beton içinde kalmalıdır ve beton dökümü sürekli olmalıdır. Özel geoteknik işlerdeki beton dökümü için TS EN 206 Ek D dikkate alınır.[24]

j.3.2.2 Betonun Bakımı

(1) Kür metot ve süreleri betonun gerekli sağlamlık ve dayanıma ulaşması ve mümkün olan en az şekil değiştirmenin sağlanması ve çekme sonucu oluşacak çatlakların engellenmesi amacıyla belirlenecektir.

(2) Beton, dökümünden ve yerleştirilmesinden sonra aşağıdaki yöntemlerden biri veya birkaçı ile bakıma (küre) tabi tutulmalı ve korunmalıdır:

a. Beton yüzeyinin, görünür şekilde, uygun su ile ıslak tutulması,

b. Beton yüzeyine ıslak örtü konulması ve bu örtünün kurumaya karşı korunması,

c. Uygunluğu deneylerle belirlenmiş kür bileşenleri kullanılması.

d. Beton yüzeyinin, buhar geçirmez bir örtü ile kaplanması,

e. Kalıbın sökülmeden yerinde bırakılması,

(3) Betonun kürüne yerleştirme ve yüzey işlemlerinin tamamlanmasının hemen ardından başlanmalıdır.

(4) Betonun kür süresi, betonun yüzey bölgesindeki özelliklerinde meydana gelen gelişmeye bağlıdır ve TS EN 13670 Standardının 8.5 (5) ve F.8.5 (5) maddelerine göre belirlenmelidir.

(5) Beton yüzeyi, yapım esnasında hasar görmemeli veya yüzey biçimi bozulmamalıdır.

Kalıptan çıkan veya çıkmayan yüzeylerin sahip olması gerekli şartlar varsa, yapım şartnamesinde verilmiş olmalıdır. [24]

j.4 Betonarme Donatılarının Yerleştirilmesi

Eğer duvar tipinde var ise, projesine uygun olarak yerleştirilecek, donatılar uygun bir şekilde kıvrılacak ve kesilecek, yerine konulacak, bağlanacak, kenetlenecek, gerektiği yerde bükülecektir. Şartnamedeki ve projesindeki donatı aralıklarına dikkat edilecektir.

Donatıların yerleştirilmesinde paspayına dikkat edilecektir. Esas donatısı altta bulunan bir yapı elemanı doğrudan doğruya (temel plakalarında olduğu gibi) zemin üzerine yapılacaksa, zemin ilk olarak en az 5 cm kalınlığında beton veya benzeri bir tabaka ile örtülmelidir.

Proje asıl olmak kaydıyla paspayı aşağıdaki şekilde olmalıdır; [24]

Tablo 15: *Paspayı*

	Paspayı (cm)
Toprak ile temasta	7,5
Su ile temasta	5,0
Döşeme ve kiriş	3,0
Kolon	5,0
25 cm ‘den ince duvar	3,0
25 cm ‘den kalın duvar	5,0

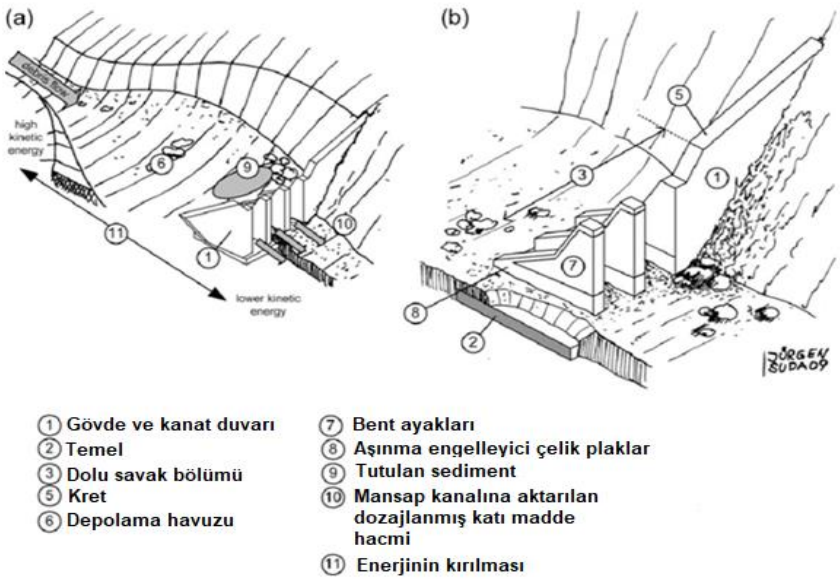
4.3.2.2 Tersip Bentleri

Tanım ve Amacı

Tersip bendi: Fazla miktarda sediment taşıyan ve bundan dolayı mansapta çeşitli problemlere sebep olan akarsularda, yağış havzasından kaynaklanan sedimentin mansaba taşınmadan mecrada depolanması maksadıyla akarsu yataklarında inşa edilen enine yapıları,

Geçirgen tersip bendi: Diğer tersip bentlerinden farklı olarak, istenilen çapta rüsubatın yapı rezervuarında tutulmasına veya istenilen çapta rüsubatın mansaba geçişine olanak sağlayan, feyezanlar sonrasında düzenli olarak temizlenmesi gereken enine yapıları, ifade eder. [1]

Islah sekilerinin asıl işlevi bir yağış havzasında bulunan derelerin mecralarındaki oyulmaları önlemeye ve ıslahına yönelik olup, tersip bentlerinin işlevi taşınan sedimenti mansaba intikal etmeden uygun bir yatak kesitinde depolamaktır. [20]



***Şekil 47**: Geçirgen Tersip Bendi Şematik Görünümü: (a)Depolama Havuzu Bölümü (b) Gövde Detayı [25]*

4.3.2.2.1 Geçirgen Tersip Bentleri

Süzücü bentler planlanırken bu tür yapıların işlevi göz önünde bulundurulmalıdır. Fiebiger (2008), söz konusu yapıların yaptığı görevleri şu şekilde sınıflandırmıştır;

- Yatağın stabilizasyonu
- Tahkim (ıslah, konsolide) etme
- Depolama (tersip)
- Ayıklama, sınıflandırma ve boyutlandırma
- Odunsu taşıntının tutulması
- Enerji kırma
- Yatak yükünün ayıklanması (ayarlama)
- Sel suyu miktarının ayarlanması (dozajı) [26]

Tersip bentleri yapılarına göre 3 gruba ayrılmaktadır:

4.3.2.2.1.1 Ayaklı Süzücü Bentler

Odunsu taşıntının tutulması, kaba rüsubatın tutan ince boyuttaki rüsubatın geçişine imkân vererek yatak yükünü ayıklama ve enerji kırma,

4.3.2.2.1.2 Ayaklı ve Izgaralı Süzücü Bentler

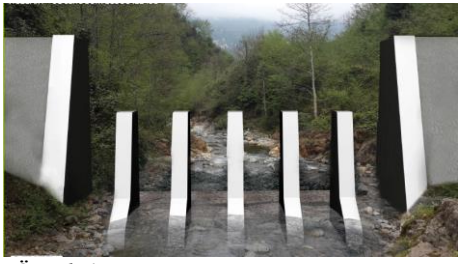
Tip-1'den farklı olarak daha küçük boyutlardaki odunsu taşıntının ve kaba rüsubatı tutmak, daha ince boyuttaki rüsubatın geçişine imkân vererek yatak yükünü ayıklama ve daha sınırlı oranda enerji kırma,

4.3.2.2.1.3 Dip Açıklıklı Süzücü Bentler

Sel suyu miktarının ayarlanması ve taşkın sularının enerjisini kırma, akarsu ekosistemini koruma ve balık geçişine olanak sağlama şeklinde belirlenmiştir.

Projelendirme kriteri olarak göz önüne alınması gereken en önemli husus, söz konusu bentlerin havza karakteristiklerine göre değerlendirilmesi gerektiğidir. ***Havza planlanırken en iri malzemeler en memba kesimde kalacak ve giderek daha ince malzemeler sistematik olarak bentlerde tuzaklanacak şekilde projelendirilmektedir. Bentlerin ızgara aralığı problemin durumuna göre değişebilmekle birlikte genel olarak, geçirilmesi istenilen malzemenin 1,5 katı olacak şekilde hesaplanmaktadır***. Çarpma etkisine maruz kalacak bentlerde dinamik çarpma etkileri göz önüne alınmaktadır. Membadaki bentler daha iri blok kayaları tuzaklayacağından genellikle betonarme tiplerle, daha mansaptaki bentler ise daha ince malzemeleri tuzaklayacağından, çelik ızgaralarla projelendirilmiştir. Söz konusu bentlerin tıkanma olasılığı göz önünde bulundurularak, savak boyutlandırmasında dolu gövdeli tersip bendinin hidrolik kriterleri uygulanmaktadır. [26]

<u>Tip 1 (Ayaklı süzücü bent)</u>



Örnek 1



Örnek 2

Tip:2 (Ayaklı ve ızgaralı süzücü bent)



Örnek 1



Örnek 2



Örnek 3



Örnek 4

Tip:3 (Dip açıklıklı süzücü bent)



Örnek 1



Örnek 2



Örnek 3



Örnek 4



Örnek 5



Örnek 6

Tersip Bentleri Yerleri Seçimi

Ekonomik olmaları ve fazla miktarda sediment depolayabilmeleri için tersip bentlerinde yer seçimi oldukça önemlidir. Bu bakımdan, ***dar kesitli ve düşük eğimli, ancak depolama kapasitesi bakımından geriye doğru genişleyen yatak bölümleri en uygun yerlerdir***. ***Bu bölümler genel olarak, dere havzaları materyal toplanma bölgesinden dere boğaz bölgesine geçişte yer alırlar***. Bu kısımlar, büyük havzaya sahip derelerde birkaç yerde bulunabildiği gibi, bazı dere havzalarında tersip bendi inşasına uygun hiçbir kesit bulunmayabilir.

Tersip bendi inşa edilecek dere aks yerinde zeminin, temel ve yamaçlarda sağlam olmasına dikkat edilmelidir. Kayalık bir zemine oturtulan tersip bentlerinde enerji kırıcı tesislere gerek olmayacağından dolayı ekonomik olacağı gibi, stabilite açısından problemler asgariye indirilmiş olur. Ancak derelerde tersip bendi yapımına uygun olan yerlerde, her zaman için sağlam zemin bulmak mümkün olmayabilir, bu durumda zemini iyileştirici önlemler alınarak inşaat yapılmalıdır.

Derelerde bulunan ve yapının stabilitesi için uygun olmayan killi ve siltli zeminlerden ise olabildiğince kaçınılmalıdır.

Bir oyuntunun direk mansap olduğu aks yerine tersip bendi yapılmamalıdır.

Yer seçiminde dikkat edilecek oldukça önemli bir hususta, tersip bendi inşa edilecek aks yerinin sedimenti oluşturan havzanın tamamını, ya da büyük bölümünü kapsamasıdır. Aksi takdirde tersip bendinden beklenen fayda tam olarak sağlanamaz ve mansaba sediment taşınımı devam eder. Havzasında önemli ölçüde sediment taşınımı olan bir yan derenin, ana mecraya mansap olduğu yerin membaına yapılacak bir tersip bendi, inşasından beklenen amacı sağlamaktan uzak kalır. [16]

Tersip Bendi Yüksekliği ve Depolama Hacminin Hesabı

Tersip bendi yüksekliğinin tayininde en önemli etken, depolanmak istenen malzemenin miktarıdır. Bir dere yağış havzasından 50 yıllık ekonomik periyot içerisinde gelen sedimentin depolanarak kontrolü amaçlanıyorsa, hacim-yüzey grafiği çizilerek, havza sediment verimine göre tersip bendi yüksekliği belirlenir. Ancak, yan derelerde sediment ölçümleri yapılmadığından dolayı uygulamada, çeşitli ampirik formüllerle havza sediment verimi hesaplanmakta ve hesaplanan yıllık sediment miktarı, arazi gözlemleri sonucu yapılan yıllık sediment miktarı tahminlerimizle karşılaştırılarak bir sonuca varılmaktadır. Bu sonuca göre, belirli bir yükseklikte inşa edilecek tersip bendi rezervuarının depolayacağı sediment miktarı bulunmaktadır.

Tersip bentlerinde depolama hacminin hesaplanması; bent inşası ile sediment probleminin çözülüp çözülmeyeceği, tersip bendinin kaç yıl süre ile koruyucu işlevini sürdüreceği, bent yüksekliği tespiti ve ekonomisi açısından gereklidir. Bu amaçla tersip bendi rezervuarının 1/1000 veya 1/2000 ölçekli ve 1-2 m kot eğrili, aks yerinin ise 1/500 ölçekli plankotesi çıkarılarak hacim-yüzey grafiği çizilmeli ve çeşitli bent yüksekliğine göre depolama hacmi hesaplanmalıdır. Hacim hesabında rezervuarda sediment birikiminden sonra oluşacak yeni denge eğiminin depolama hacmine katacağı ilave hacimde dikkate alınmalıdır.

Hacim yüzey grafiğinin çizilmediği durumlarda depolama hacmini;

$$V = \frac{1}{2} . H . B_{ort} . L$$

formülüyle pratik olarak ve kabaca hesaplamak mümkündür.

$$L = \frac{100.H}{x-y}$$

formülü ile hesaplanır. [16]

Burada;

V : depolama hacmi (m^3)
H : temel hariç, dolu savak kretine kadar olan bent yüksekliği (m)
B_{ort} : sedimentin birikeceği rezervuar alanının ortalama genişliği (m)
L : tersip bendi arkasında birikecek sedimentin etki mesafesi (m)
x : mevcut mecra eğimi (%)
y : oluşan denge eğimi (%)

4.3.2.2.2 Sel Tırmığı

“Sel Tırmığı” olarak adlandırılan bu yapılar, geçirgen tersip bendi uygulamalarından biri sayılmaktadır. Yüzen ağaç gövdelerini tutmayı amaçlayan sel tırmıklarında genel olarak dere eksenine doğru; ‘’V’’ , ters ‘’V’’ (Λ) veya düz olarak konumlanan kazıkların uygulama tipleri görülmektedir. Çeşitli açılarda konumlandırılan örneklerine de rastlanılabilmektedir.

‘’V’’ , ters ‘’V’’ (Λ) ve düz tipler kendi içinde de tek sıralı ya da şaşırtmalı çift sıralı olacak şekilde değerlendirilmektedir. Kazıklar doğrudan alüvyon zemine çakılabileceği gibi betonarme bir temel üzerinde tek tek ya da bütün olarak donatılabilmektedir. Kazıklar; ı profil, içi boş çelik borular ya da dışı çelik kaplı betonarme kolonlardan oluşabilmektedir.

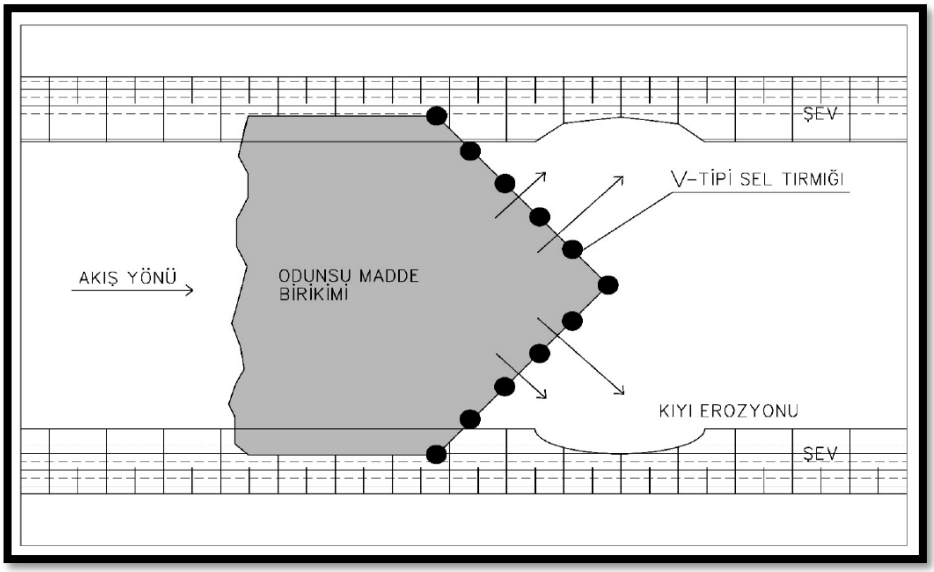
Literatürde genellikle sel tırmığı yapılarında her bir kazık arasındaki açıklık mesafesi odunsu materyal için, tutulması amaçlanan ağaç gövdesi uzunluğunun 1/2'si ile 1/3’ ü arasında önerilmektedir. Açıklık mesafesinin belirlenmesinde ağaç gövde çapı yerine uzunluğunun alınması da ağaç gövdelerinin çapraz olarak birikme eğiliminde olması ve çok nadir olarak akış yönüne tam paralel olarak akma eğilimi göstermesi olarak açıklanmaktadır. Sel tırmıklarında ana amacımız yüzen ağaç gövdelerini tutmak olduğundan kazıklar arası açıklığın mümkün olduğunca en uygun genişlikte olmasına dikkat edilmelidir. Bu amaçla da özellikle taşkın anında yerinden oynaması olası akarsu yatağı içi ve kıyısındaki ağaçlar ile yamaç akması görülebilecek gevşek zeminlerdeki ağaçların gözlemlenmesi ve buna göre tutulması gerekli ağaç gövdesi uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Yabancı uygulamalarda, ‘’V’’ ve ‘’Λ’’ tipi yapıların %5 eğimden az yataklarda uygulanması özellikle önerilmekte olup düz sıralı yapılarda da benzer yaklaşımın dikkate alınması yararlı olacaktır.

Sel tırmıklarında odunsu materyalin tutulmasının yanında taşkın sularının mansaba deşarjının da sürekli olması amaçlanmaktadır. Düz yapı sisteminde akış yönünde süreklilik olurken daha hızlı depolamaya olanak veren bu tipte, taşkın esnasında odunsu materyalin hızlıca kesiti tıkamasıyla oluşacak göllenme ya da odunsu materyalle birlikte rüsubatın da aynı anda birikmesiyle yapının klasik tersip bendi gibi çalışma riski diğer tiplerden daha fazla olup bu durumda da ağaç gövdelerinin yapı üzerinden savaklanarak mansaba geçişi görülebilecektir. Etüt ve raporlamada bu durum dikkate alınmalıdır. Burada dikkat edilmesi gerekli diğer bir konu

ise; korumasız şevlerde kıyı oyulmaları sonucu tesisin işlevsiz kalabileceği ve bunun yanında tesis arkasında birikme sonucu oluşacak düşüyle de mansapta kıyı ve kıyıya bitişik yatak tabanında oyulmaların oluşabileceğidir. Bu nedenle yan şevlerden suyun dolanmasının yanı sıra mansap yatağı ve şevlerde oyulmaları önleyen yapısal önlemler alınmalıdır.

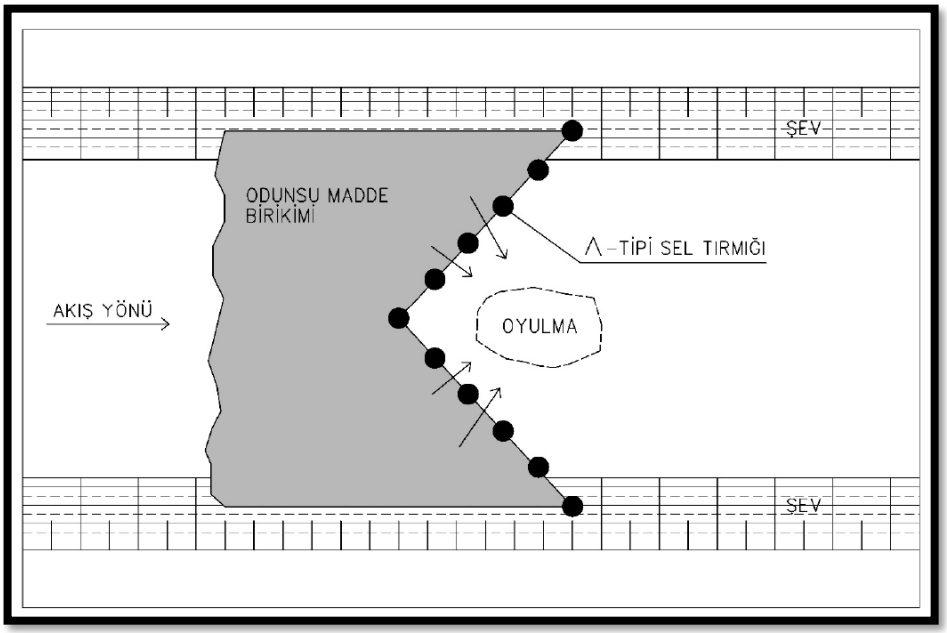
‘’V’’, ters ‘’V’’ (Λ) ve düz tiplere sahip yapılardan beklenen çalışma şekli ise aşağıdaki gibidir.

‘’V’’ Tipi olarak adlandırılan yapıda sivri uç akış yönünde mansaba doğru olup buradaki amaç, yüzer odunsu materyal ortada toplanırken, feyezan suları ve süspanse sedimentin olabildiğince yan açıklıklardan boşalmasına olanak tanınmasıdır.



***Şekil 48**: ‘’V’’ Tipi sel tırmığının çalışması*

Ters ‘’V’’ (Λ) Tipi olarak adlandırılan yapıda sivri uç akış yönünde membaya doğru olup buradaki amaç; yüzer odunsu materyal kenarlarda toplanırken, feyezan suları ve süspanse sedimentin olabildiğince yan açıklıklardan boşalmasına olanak tanınmasıdır.



Şekil 49: *Ters ''V'' (Λ) Tipi sel tırmığının çalışması*

Düz sıralı sel tırmıklarında adından da anlaşılacağı üzere düz bir hat üzerinde yüzen odunsu materyal tutulmaktadır. Bazı yabancı uygulamalarda, kenarlardan ortaya doğru kazıkların yüksekliklerinin fazla olmamakla birlikte basamaklı olarak azaltılıp yerleştirildiği görülebilmektedir.

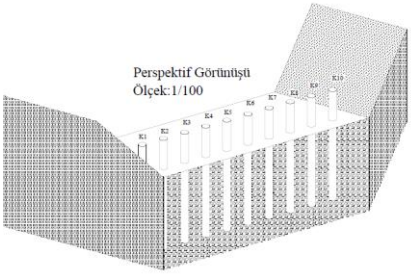
Sel tırmığı yapılarının yurt dışı uygulamalarında genel olarak yukarı havzada geçmiş yıllarda klasik veya değişik tiplerde geçirgen tersip bentlerinin yapılmış olduğu ve sel tırmıklarıyla da bu yapılardan savaklanan odunsu materyalin tutulması amaçlandığı görülmektedir.

Bu yapıların beklenen hizmeti sağlaması için yatakta kaba ve iri boyutlu rüsubat hareketinin olmaması ya da mümkün olduğunca az olması gerekmektedir. Kaba rüsubat hareketi kontrol edilemez ise sel tırmıklarından beklenen fonksiyonların tam olarak sağlanamama riski bulunmaktadır. Belirtilen problemin çözümü amacıyla; kazıklar arası açıklık en uygun genişlikte tutulmalı, membada iri boyutlu rüsubatı depolayıcı tersip bentleri ya da yatakta birikmiş iri boyuttaki rüsubatın hareketini engelleyen tutucu enine yapılar da inşa edilmelidir.

Etüt ve karar verme sürecinde yukarıda belirtilen konular dikkate alınarak en uygun çözüm önerileri bir bütün halinde verilmelidir. Projelerde kullanılacak kazıklar arası açıklık mesafesi, söz konusu kazıkların plandaki yerleşimleri, yükseklikleri, temel derinlikleri ve dayanımları (kesit genişliği ile mukavemetleri), kuşaklama ihtiyacı olup olmayacağı, yaklaşım duvarlarının boyutları, geometrisi ve ihtiyaç duyulan en az dayanım düzeyi ile kesit genişliği gibi konular akarsu, havzanın yapısı ve beklenen faydalara göre belirlenecek olup her bir yapı bu açısından kendine özgü olacaktır.

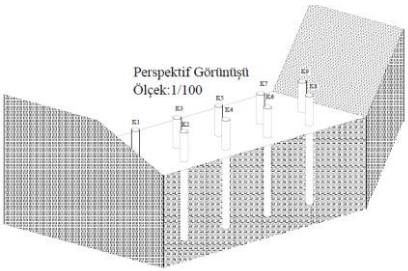
Bu sebeple aşağıda yer alan tipler, akarsu ıslahı/taşkın kontrolü projeleriyle bütüncül bir şekilde ele alınıp akarsuyun topoğrafik, morfolojik, jeolojik, hidrolik ve yatak stabilite şartları vb. hususlar dikkate alınarak seçilmeli ve projelendirilmelidir. Tip projelerde verilen ölçüler kesin olmayıp yaklaşık değerlerdir. Kesin ölçüler uygulama projesi aşamasında belirlenmelidir.[27]





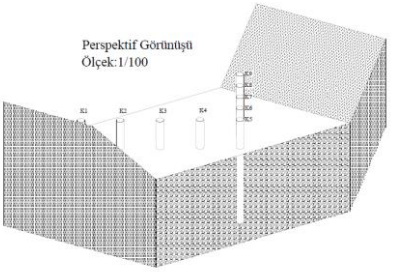
TİP 1





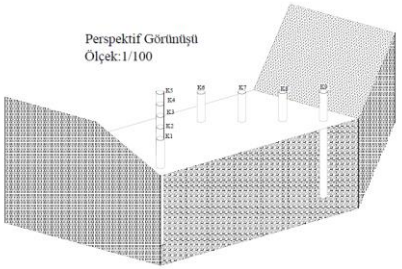
TİP 2



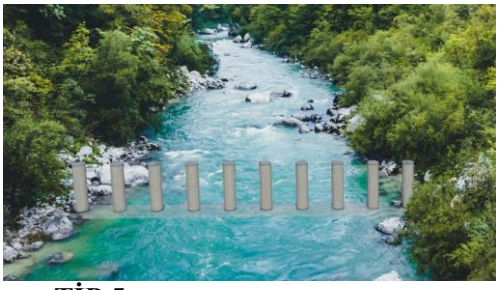


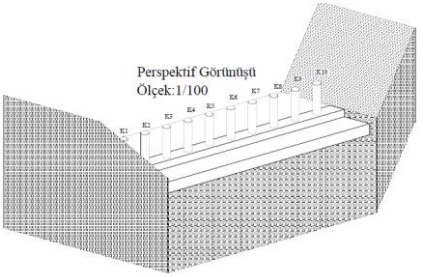
TİP 3





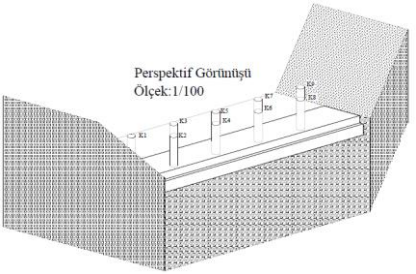
TİP 4





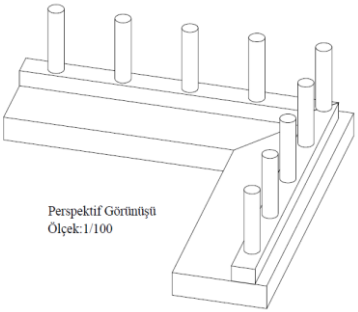
TİP 5





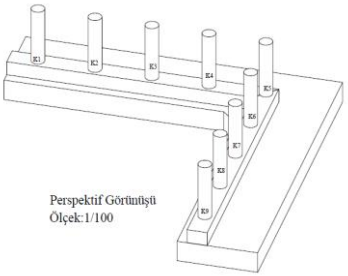
TİP 6





TİP 7





TİP 8



Fotoğraf 27: *Sel Tırmığı*

4.3.2.2.3 Çelik Moloz Bariyeri

Rüsubat çiti olarak da bilinen rüsubat bariyeri, genel olarak rüsubatın etkisini azaltmak, hızı ve aşındırıcı potansiyeli sınırlayarak olayın yıkıcı gücünü kontrol etmeye yardımcı olmak için tasarlanmış rijit bir yapıdır.

Kaya düşmesi bariyeri gibi, yıkıcı nesneleri tutmak, rüsubatın hareketini kontrol ederek altyapı ve yaşam alanlarındaki etkisini azaltmakla yükümlüdür. Darbelere daha dayanıklı olması için genellikle halka ağ sistemi ve altıgen ağın bir kombinasyonu kullanılır. Halka ağ sistemi genellikle doğal vadilerde, kanyonlarda, kanallarda ve şevlerde akış yönüne dik olarak konumlandırılır. Halka ağ sistemi genellikle büyük taşları, yüzen kütükleri ve büyük yıkıcı nesneleri engellemek için kullanılırken, altıgen ağ, yalnızca küçük nesneleri tutarak akan suyun geçmesine izin vermek üzere tasarlanmıştır. Sonuç olarak, büyük ve küçük tüm yıkıcı nesneler çelik moloz bariyeri tarafından tutulur, böylece aşağı akıştaki altyapıya ve yerleşim alanına etkilerini azaltır. [28]

Tasarım Özellikleri:

Ana Taşıyıcı Ağ, Yüksek Performanslı Çelik Halka: Art arda bağlanmış ana halka ağı, ϕ 350mm halka çapında, dört bağlantı noktası olacak şekilde ve 9 tur sarımlı ϕ 3mm'lik çelik tel kullanılarak yapılmalıdır. Çelik halatlar TS EN 10244-2 standardına uygun olarak A sınıfı ve Zn tipi galvaniz kaplı olmalıdır.

Ana Taşıyıcıya Destek İkincil Çelik Tel Ağ: Çift sarmallı altıgen ağ UNI EN 12385-4 standardına uygun ϕ 3mm'lik çelik tel kullanılarak 80 mm göz açıklığında imal edilmelidir. Çelik tel ağlar TS EN 10244-2 standardına uygun olarak A sınıfı ve Zn tipi galvaniz kaplı olmalıdır.

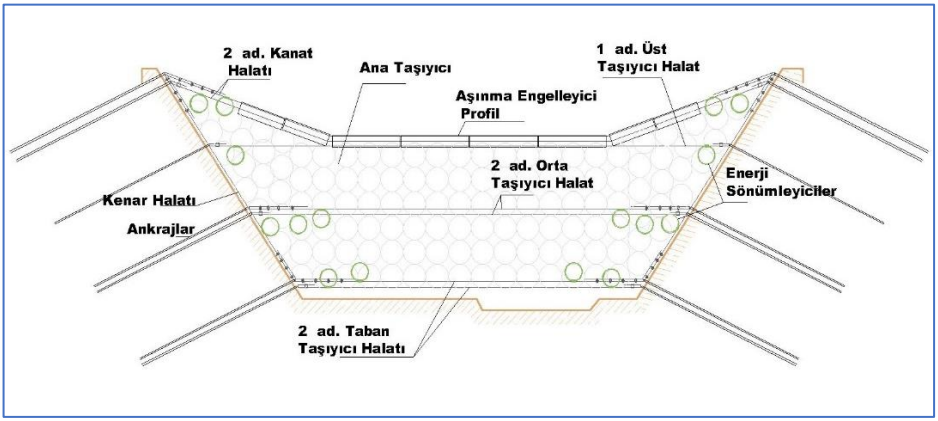
Taşıyıcı Halat: TS EN 12385-4 standardına uygun 1770 N/mm^2 anma basıncına dayanımına göre 6x19S WSC halat tipine göre minimum 14 mm çapında, halatlarla imal edilmelidir. Çelik halatlar TS EN 10244-2 standardına uygun olarak B sınıfı ve Zn tipi galvaniz kaplı olmalıdır.

- Üst taşıyıcı: 2 halat
- Orta Taşıyıcılar: 2 halat (1 m aralıklarla)
- Alt Taşıyıcı: 2 halat
- Yatay Bileşimler: 1 halat

Enerji Sönümleyiciler: ϕ 30 mm çapında, 1.5mm et kalınlığında, 500 mm uzunluğunda, TS EN 573-3 standardına uygun A16060 alüminyum tüp ve TS EN 12385-4 standardına uygun 1770 N/mm2 anma basıncına dayanımına göre 6x19S WSC halat tipine göre minimum 14 mm çapında, halatlarla imal edilmelidir. [29]

Tablo 16: Çelik Moloz Bariyer Sistem Elemanları [30]

1		Ana Taşıyıcı Ağ, Yüksek Performanslı Çelik Halka
2		Taşıyıcı Halat
3		Aşınma Engelleyici Profil
4		Spiral Çelik Halat Ankrajı
5		Enerji Sönümleyici
6		Çelik Halat Kilidi
7		Çelik Halat Klemensi



***Şekil 50**: Çelik Moloz Bariyeri Elemanları*



***Fotoğraf 32 a/b:** Çelik Moloz Bariyer Uygulaması*

4.3.2.3 Taban Kuşakları

Geniş tabanlı doğal yataklar içinde malzeme hareketinin durmadığı ve mansaba geçişinin sürdüğü durumlarda, belirli bir denge eğimi oluşturarak, hareket eden malzemeyi durdurmak için yapılırlar. Aynı zamanda, önceki yıllarda birikmiş sedimentin oyularak mansaba taşınmasını önlemek ve bu sedimenti yerinde tutmak, kıyı oyulmaları olan yatak kesitlerinde oyulmaları önleyip, geniş yataklarda düzenli bir akım da sağlamak amacıyla inşa edilen enine yapılardır (Fotoğraf 29). Bu yapılar söz konusu oyulmaları önledikleri gibi, yatakta düzgün bir akımda sağlarlar. Fazla yüksek olmayan (0,5-1,5m) bu yapıların tamamı, bazı durumlarda savak olarak çalıştırılır. Taban kuşakları da ıslah sekileri gibi projelendirilir ve yöredeki malzemenin durumuna bağlı olarak kargir ya da beton olarak inşa edilirler. [16]



Fotoğraf 33: *Taban kuşakları (ÇEM Arşivi)*

4.3.2.4 Britler

Britlerde taban kuşaklarına benzer yapılardır. Ayrıcalıkları sediment akımı olmayan ya da sediment akımının problem oluşturacak düzeyde olmadığı, ancak oyulma problemleri olan doğal ve yapay mecralarda, suyun enerji hattı eğimini düşürerek oyulmaları önlemek, yatak tabanını korumak için yapılan kaplama, taş, kaya tesisler ve kıyı duvarlarının korunması amacıyla inşa edilen alçak enine yapılardır. (Fotoğraf 30). Seçilen proje eğimi nedeniyle, taşınan ve sürüklenen ince materyalin zamanla britler arasında birikmesi olağandır. [15]



Fotoğraf 34 :*Britlerin görünümü, (DSİ Eroz. Şb. Aşv.)*



Fotoğraf 35 :*Britlerin görünümü,*

4.4 Ana/Yan Sel Deresindeki Kıyı Tahkimi Tesisleri

Kıyı erozyonunun söz konusu olduğu kısımlarda, kıyıların stabilizasyonunun sağlanması gerekir. Kıyıdaki mevcut sürükleme gücüne, oyulmanın şekline, derinliğine, kıyıda sürekli sarfiyatın bulunup bulunmamasına ve düzeyine, taşıntı maddesinin miktarına göre kıyıda alınacak önlemin tipi kararlaştırılır.

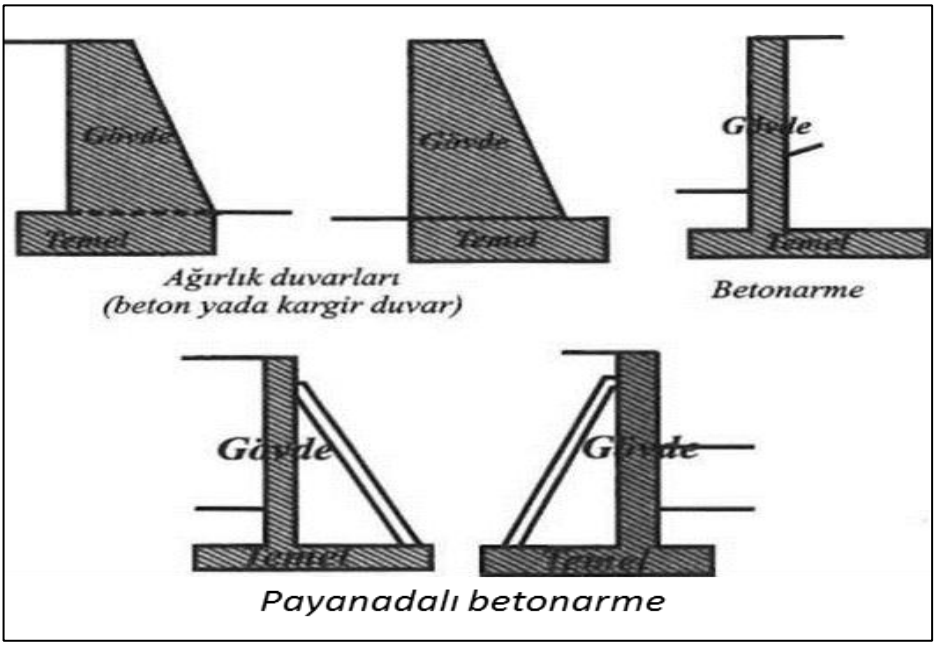
Mecranın düz kısımlarında her iki kıyıda da tahkim yapılmasına karşılık, kurplarda yalnızca dış tarafta yapılır. Kararlılık kazanmamış derelerde, değişmelere uyabilen ve buna göre şekil alabilen taş dolgu anroşman, fildöfer (Gabion) gibi yapılar; kararlılık kazanmış derelerde ise kıyı duvarları, kazıklı iksa gibi yapılar kullanılır.[15]

4.4.1 Kıyı Duvarları

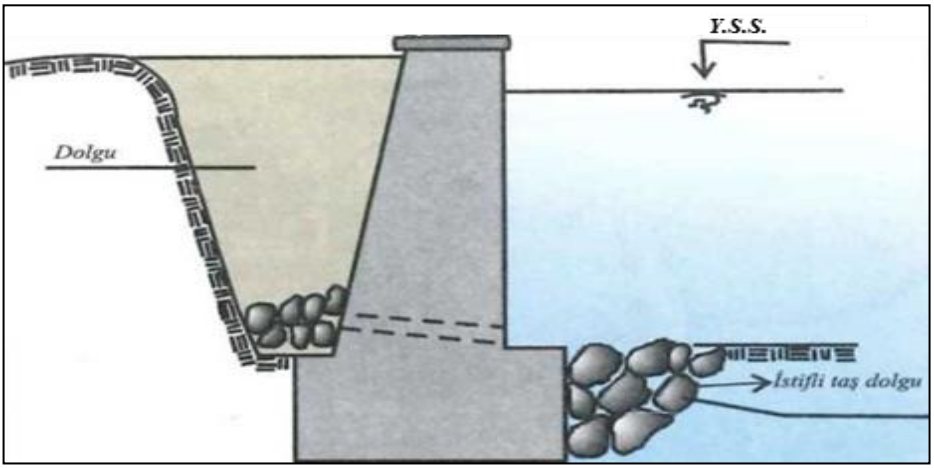
Mecra tabanının erozyon nedeniyle oyulması veya suyun doğrudan doğruya kıyıları oyması sonucunda, yamaç göçmelerini önlemek için kıyıların önüne kıyı duvarları yapmak suretiyle kıyı ve yamaçların güvenliği sağlanabilir.

Kıyı duvarlarının maliyeti yüksek olmasına karşılık etki alanı sınırlıdır. Ayrıca, yalnızca bu tesisleri inşa ederek boğaz bölgesinin ıslahı mümkün değildir.

Kıyı duvarları, ıslah sekileri ile tahkim edilmiş bir sel deresinde fazla miktarda yan yıkılmalar varsa bunların önlenmesi ya da dere üzerindeki kıvrımların düzeltilmesi amacı ile inşa edilebilir. Uygulamada en çok kullanılan kıyı duvarları tipleri (Şekil-51)'de gösterilmiştir. Kıyı duvarları, aynı zamanda dere içinde ve yamaçlarda yapılacak diğer tesislere dayanak teşkil eder.



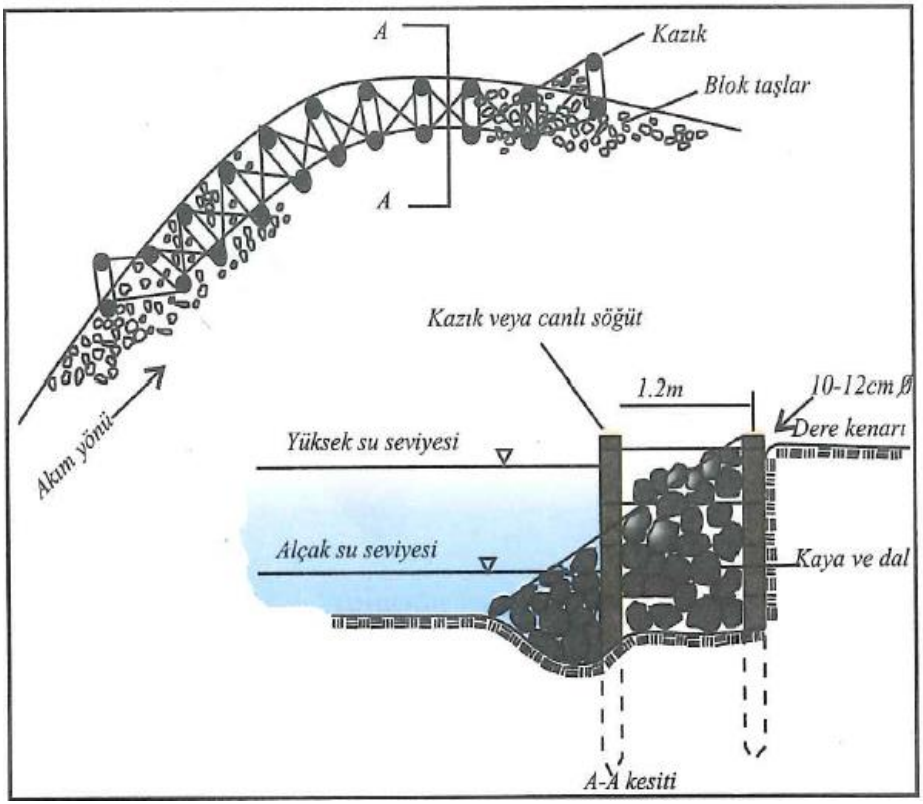
Şekil 51: *Uygulamada en çok kullanılan kıyı duvarları*



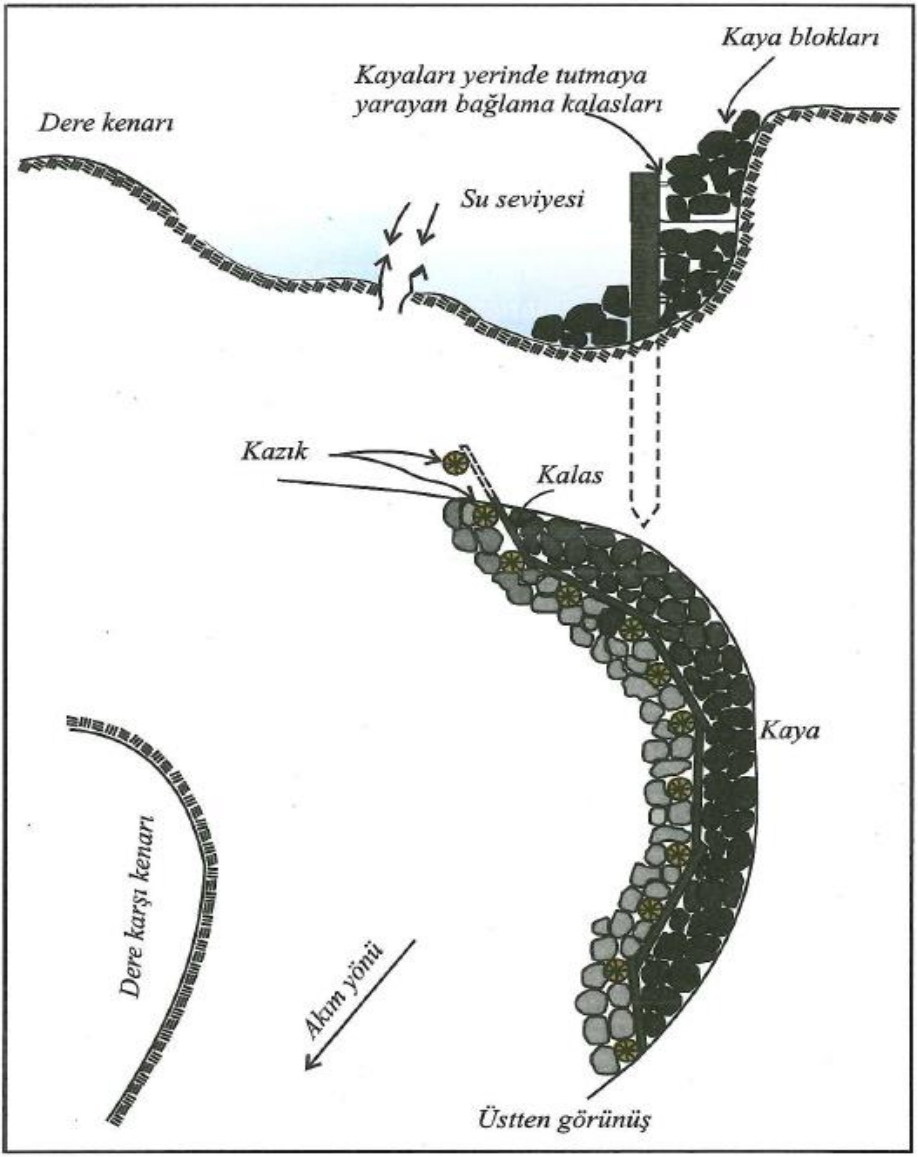
Şekil 52: *Bir kıyı duvarı en kesiti*

Yüksek dağlık arazilerdeki derelerde kıyıların (taşıntı konileri hariç) duvarlarla sağlamlaştırma olanağı dere profillerinin dar olması gibi nedenlerle sınırlıdır. Dağlık kesimlerde kıyıların sağlamlaştırılması yalnızca göçmekte olan yamaçların tutulması için söz konusu olabilir. Bir Kıyı duvarı en kesiti (Şekil-52)'de gösterilmiştir.

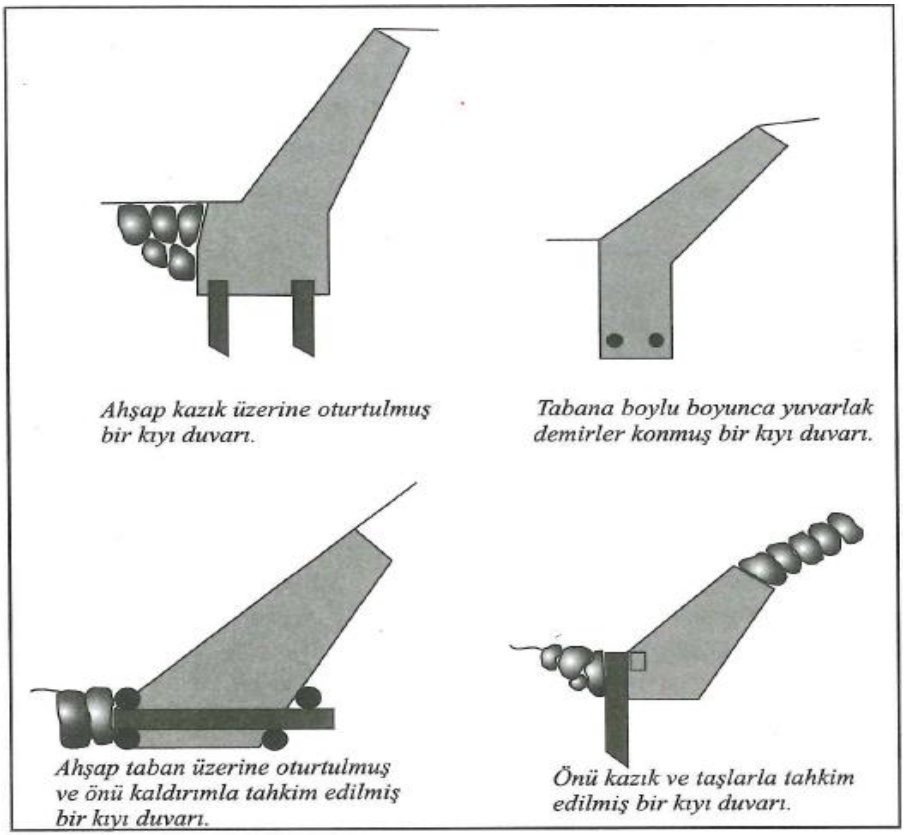
Genellikle, kargir, beton ve betonarme kıyı duvarları en çok kullanılan duvar tipleridir. Ahşap, kafesli tel sandık, örme çitler ve demet tesisler olarak ya da karışık malzeme ile kıyı duvarları yapılabilir. Çeşitli malzeme ile tesis edilen Kıyı Duvarı Tipleri (Şekil 53,54,55)'de görülmektedir.



Şekil 53: *İki sıra kazık, dal ve taşlarla kıyı korunması*



***Şekil 54**: Tek sıra kazık ve kayalarla kıyı korunması. Kazıkların yan basınç etkisi altında kalan yüksekliği 2.50 m 'den fazla olmaz. Aksi halde kazığın dere kenarına bağlanması gerekir. Kazıklar 25-30 cm çapında olmalı ve kazık boyunun yarısı dere yatağına çakılmalıdır.*



Şekil 55: *Muhtelif kıyı duvarlar*

Kıyı güçlendirilmesinde, duvar yüksekliği maksimum su seviyesinin en az 0.5m üstünde, temel derinliği ise yatak tabanının 1m altında kalacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

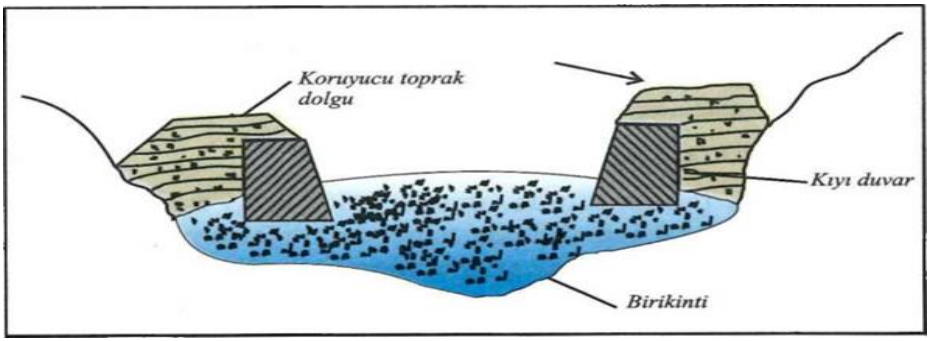
Ayrıca, yatak tabanındaki oyulmalara karşı uygun kesitte taş dolgu veya anroşman ile temel direnci arttırılmalıdır.

Kıyı duvarlarının boyutları istinat duvarlarında olduğu gibi statik esaslara göre hesaplanır.

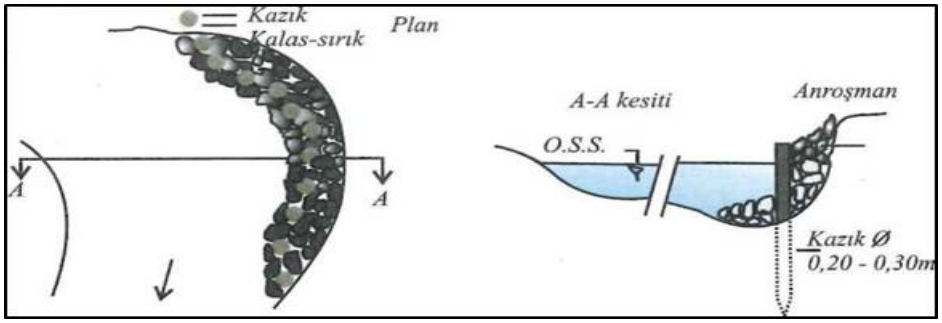
Kıyı duvarlarının yapımında, duvarlarla yamaçlar arasında uygun bir boşluk bırakılmalıdır. Böylece, zamanla yamaçlardan aşağıya yuvarlanacak materyalin, duvarın arkasında toplanıp kalması ve dereye zarar vermemesi sağlanmış olur.

Kıyı duvarlarının inşasında dikkat edilecek diğer hususlar:

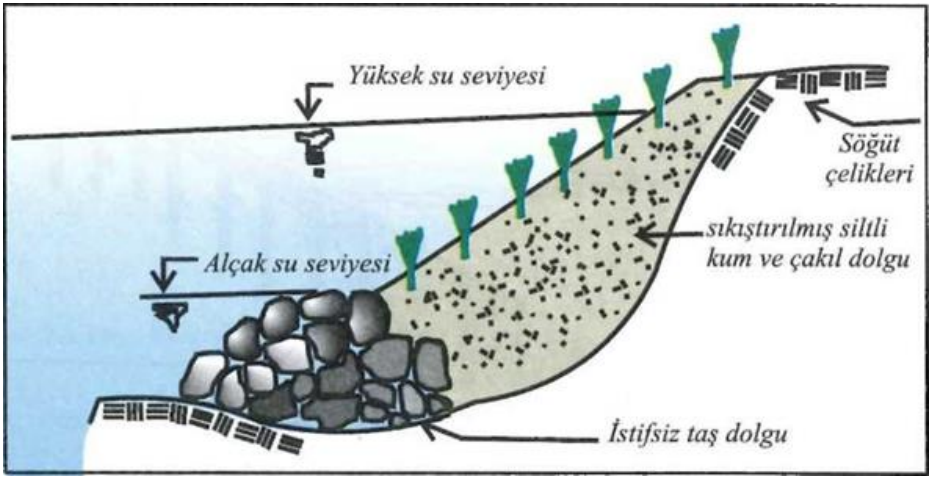
- Duvar arkasında en az 0.3 m kalınlıkta bir blokaj tabakası oluşturulmalıdır.
- Blokajdan sızacak suların atılması için alt tarafına drenaj büzleri yerleştirilmelidir.
- Duvar harcı en az 250 dozlu, derz harcı ise 400 dozlu olarak hazırlanmalıdır.
- Duvar üst yüzü 5 cm kalınlıkta bir şap ile örtülmelidir.
- Kıyı Duvarları dere kenarına belli bir mesafede yapılmalı ve üzeri yukarıdan yıkılmalarla gelebilecek kaya çarpmalarına (arazinin yapısına göre kaya parçalarının gelme olasılığı üzerinde durulur) dayanabilmesi için toprakla örtülerek muhafaza altına alınmalıdır. (Şekil-56) [15]



Şekil 56: *Yıkılmalara karşı kıyı duvarları*



Şekil 57: *Kazıklı anroşmanlı kıyı tahkimi*



Şekil 58: *İstifsiz taş dolgu ile kıyı tahkimi*

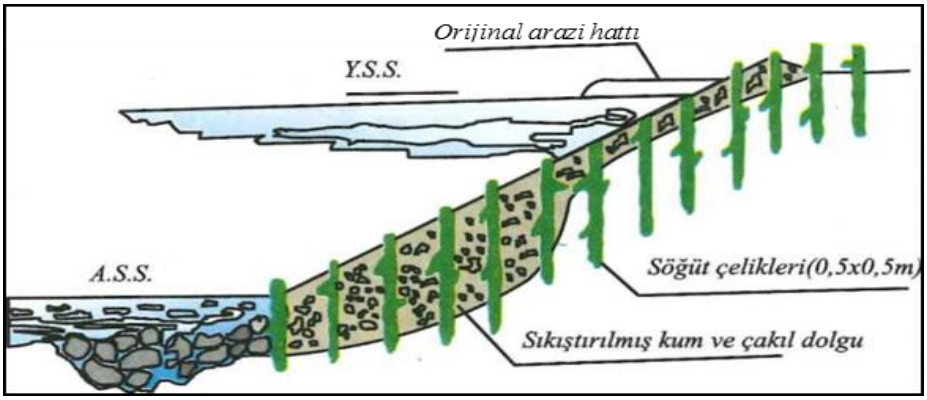
4.4.2 Taş Dolgu ve Anroşman

Taş dolgu ve anroşman şeklindeki tesisler dere yatağı eğiminin fazla olduğu kısımlarda kıyı tahkimatında uygulanır. Orta irilikteki (Ortalama 60 kg) ocak taşlarının şev topuklarında ve şevlerde istifsiz (dökme) veya istifli (düzenli biçimde yerleştirilmiş) olarak kullanılması yoluyla yapılan tahkimata taş dolgu, aynı işin büyük taş ve kaya parçaları (Ortalama 150 kg) ile yapılması halinde anroşman adı verilir. Suyun sürükleme gücü 10-15 kg/m^2'ye kadar olan mecralarda taş dolgulu, daha fazla ise anroşmanlı tahkimat yapılır.

Bu tesisler, genel olarak hemen şevin dibinde veya şeve yakın ve paralel olarak, korunması gereken şev boyunca inşa edilirler.

Ahşapla kombine edilmiş taş dolgular daha dayanıklı olur.

Şev topuğunda İstifsiz taş dolgu yapıldıktan sonra, şev biraz düzeltilerek bir vejetatif çalışma (Örneğin; söğüt çelikleri dikimi) ile takviye edildiği takdirde daha başarılı sonuç alınabilir. (Şekil-59) [15]



Şekil 59: *Kıyı erozyonunun etkin olduğu bir mecrada topukta İstifsiz taş dolgu ve düzenlenmiş şev kısmında dikimler ile kıyı tahkimi*

4.4.3 Gabionlar (Tel Kafes Sandık ve Sucuklar)

Mecraların veya şev topuklarının oyulmalara karşı tahkiminde Gabionlardan yararlanılabilir.

Gabion duvarlar eğim ve sürükleme gücü dikkate alınarak şev kütle stabilitesi ve akarsu yatak stabilitesi analizleri yapılmak suretiyle iri rüsubat (kaya blokları vb) taşımayan akarsularda, diğer duvar tiplerine göre ekonomik bulunması halinde tercih edilebilirler.

Gabionların tel ağ gözenekleri ve tel kalınlıkları kullanılacağı yere göre farklı tiplerde imal edilmektedir. Tel örgüler genellikle altıgen gözenekli olup teller galvaniz, galfan veya organik kaplama (PVC, PE veya benzeri) ile kaplanarak paslanmaya ve çürümeye engel olunur.

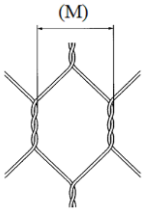
Başlıca gabion türleri;

- Kutu/Sepet gabionlar
- Şilte gabionlar
- Torba gabionlar
- Kuyruklu gabionlar şeklindedir. [23]

4.4.3.1 Tanımlar

a) Altıgen Gözenekli Tel Ağlar

Altıgen Gözenek Açıklığı ; İki çift büküm kenarın, sağ taraflarından birbirine olan mesafe (M) (TS EN 10223-3:2013) (Bkz. Şekil 60).



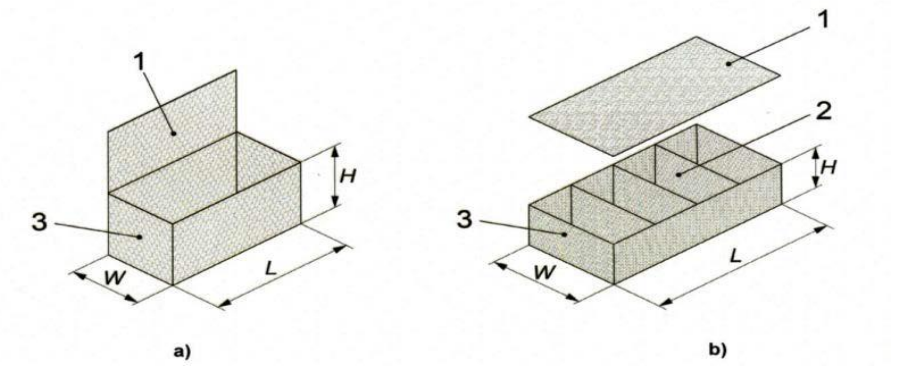
Şekil 60*: Tel ağ gözenek açıklığı*

Çift Bükümlü Altıgen Çelik Tel Ağ ; İki adet çelik telin birbiri etrafında tek bir yönde 180°' den fazla bir dönüş ile iki kere burulmasıyla verilen şekil.

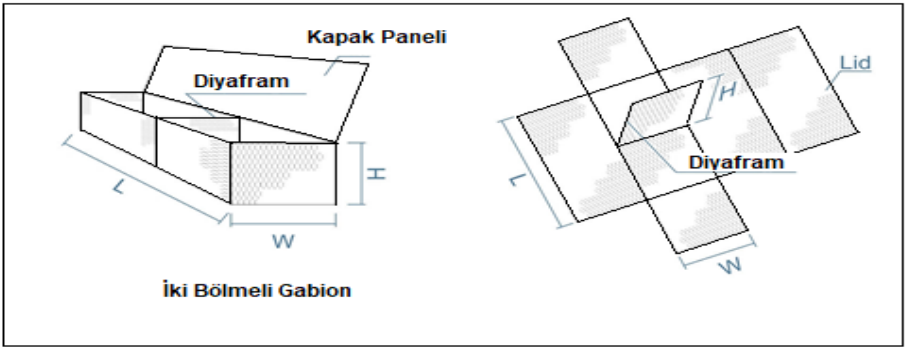
Çelik Tel Ağın Gözenek Tipinin Tanımlanması ; Altıgen gözeneğin tip tarifi.
Örn: 8 x 10 gözenek tipinde veya 6 x 8 gözenek tipinde vs.

b) Kutu/Sepet Gabionlar

Gabionlara ait malzemelerin teknik özellikleri ve uygulama esasları aşağıda belirtilmiş olup kutu gabion Şekil-61'de gösterilmektedir.



Şekil 61a*: Kutu/sepet gabionlar Diyaframsız (a) ve Diyaframlı (b) Gabion (1: kapak paneli, 2:diyafram, 3:kenar paneli, H:yükseklik, L:uzunluk, W:genişlik)*



***Şekil 61b**: Kutu/sepet gabionlar*

Diyaframlar, gabion kutu içerisinde bölme oluşturmaya yarayan ara paneldir. Kutu gabionu oluşturan diğer tel kaplama cinsi ile aynı özelliklere sahip olmalıdır.

Kutu gabionun boyutları, diyafram sayıları ve tolerans değerleri, organik madde (PVC, PE vb…) kaplanmış dâhil Tablo-17'de belirtilmektedir. Bu ölçüler dışında proje gerekliliklerine göre (Derin deniz deşarjı için geniş alan kaplayan gabionlar vb..) farklı ölçülerde gabionlar üretilebilmektedir.

Tablo 17: Kutu Gabion Boyutları, Diyafram Sayıları ve Tolerans Değerleri

Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Diyafram (adet)
1,5	1,0	1,0	-
2,0	1,0	0,5-1,0	1
3,0	1,0	0,5-1,0	2
4,0	1,0	0,5-1,0	3

Ürün boyut toleransları aşağıdaki gibi olmalıdır:

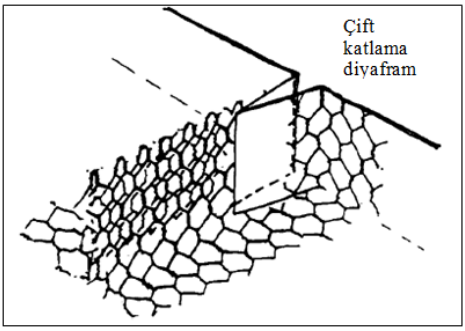
- Gabionlar ve istinat yapısı için toprak takviyeli üniteler için uzunluk, genişlik ve yükseklik (gabion torbalar için çap) ± %5;
- Tel örgü rulosu için, genişlik ± M, uzunluk 0/+1 m

İçi dolu kafes kutular yan yana ve üst üste konularak çeşitli şekillerde ve istenilen boyutta dayanma duvar inşa etmek mümkündür. Bu tip gabionların ekonomik olarak kullanılabileceği yükseklik sınırı 7-8 metredir. Duvarın ön ve/veya arka yüzü basamaklı olabilmektedir.

Tel örgü gözenek açıklığı 60x80 mm olan gabionların doldurulmasında kullanılacak taşların minimum boyutu 100 mm, maksimum boyutu ise 150 mm olacak, gözenek açıklığı 80x100 mm olan gabionların doldurulmasında kullanılacak taşların minimum boyutu 125 mm, maksimum boyutu ise 250 mm olacaktır.

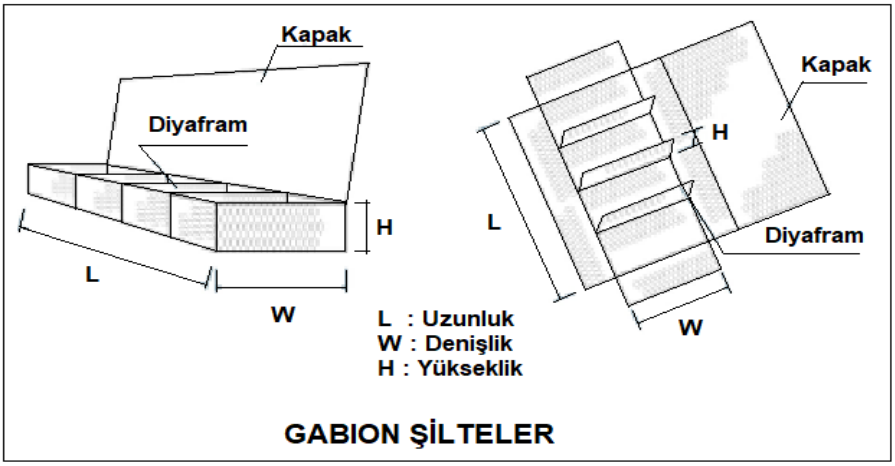
c) Gabion Şilteler

Özel yapılmış dikdörtgen şeklinde ve yüzey kaplamak amacı ile üretilen, yüksekliği 0.5m' den daha az, kapladığı yüzey alanı ise geniş olan şilte tel kafeslerdir. Şilte gabionlarda diyaframlar, sandık gabionlardan farklı olarak, her 1 m aralıklarda tabanın bükülerek katlanması ile imal edilmektedir. Diyaframlar ayrı bir parça olarak eklenmemektedir. (Bkz. Şekil 62).



***Şekil 62**: Şilte gabion diyaframı*

Tel örgü gözenekleri kutu gabionlardaki gibi altıgen şeklindedir. Gabion şilte Şekil 63'de gösterilmektedir.



***Şekil 63**: Gabion şilteler*

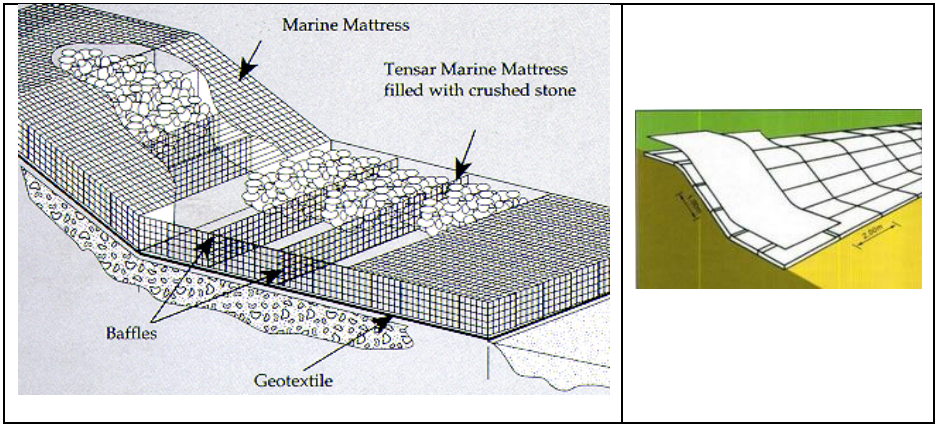
Tablo 18: Şilte Gabion Boyutları, Diyafram Sayıları ve Tolerans Değerleri

Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Diyafram Adedi
		Gözenek tipi 60x80	
3	2	0,17 – 0,23 – 0,30	2
4	2	0,17 – 0,23 – 0,30	3
5	2	0,17 – 0,23 – 0,30	4
6	2	0,17 – 0,23 – 0,30	5
3	3	0,17 – 0,23 – 0,30	2
4	3	0,17 – 0,23 – 0,30	3
5	3	0,17 – 0,23 – 0,30	4
6	3	0,17 – 0,23 – 0,30	5

Ürün toleransları aşağıdaki gibi olmalıdır:

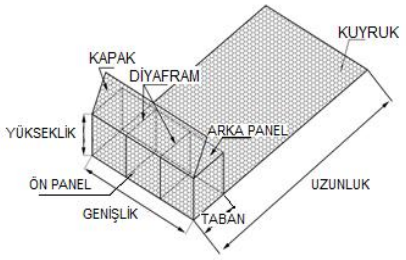
- Şilteler için uzunluk ve genişlik ± %5, kalınlık ± 2,5 cm;
- Tel örgü rulosu için, genişlik ± M, uzunluk 0/+1 m

Gabion şilteler için tel örgü gözenek açıklığı 60 x 80 mm olarak üretilir ve gözenek açıklığına bağlı olarak taşların minimum boyutu 100 mm, maksimum boyutu ise 150 mm arasında olacaktır.



Şekil 64: *Gabion Şilte [31]*

d) Kuyruklu Gabionlar



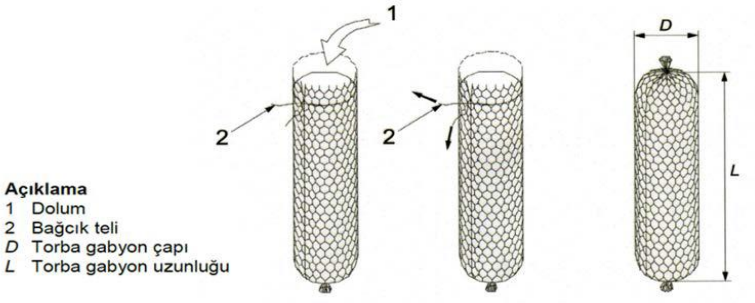
Ön yüzleri kutu gabion görünümünde ve arkaya doğru çelik tel ağ kuyrukları uzayan istinat yapılarında tercih edilen gabionlardır. Kuyruklu gabionlar 8x10 gözenek açıklığında Galfan üzeri organik kaplı tellerin hegzagonal gözenek tipinde çift bükümlü olarak örülmesi ile imal edilmiş; TS EN 10223-3:2013standardına uygun üretilmiş modüler yapılardır (Bkz. Şekil 65).

***Şekil 65**: Kuyruklu Gabionlar*

Bu tip gabionda duvarların arkaları uygun nitelikli dolgu malzemesi ile doldurulmakta ve gabionların kuyrukları bu dolgu içerisinde uzanarak, duvara gelen yükleri karşılamaktadır. Dolgunun duvar gibi çalıştığı bu sistemlerde ağırlık duvarlarındaki gibi yukarıdan aşağıya doğru genişleyen en kesitlere gerek kalmamakta ve taş dolgu malzeme ihtiyacı azalmaktadır. Gabion kuyruklarının duvara gelen yükler karşısında yetersiz kalması durumunda kuyruklar jeogrid malzemeler ile desteklenerek daha yüksek duvar uygulamaları yapılabilmektedir.

Torba/Silindir Şeklinde Gabion

Torba veya silindir şeklinde yapılan özel gabionlardır. Deniz kenarında dok, marina yapımında ve nehir kenarlarında kıyı koruması amacı ile kullanılmaktadırlar. Ayrıca taşkın ve sellerde de acil kullanımlar için uygundur. Genellikle 0.65 m çapında ve 2m, 3m, 4m ve 5 m uzunluklarında üretilmektedir (Bkz. Şekil 66). [23]



***Şekil 66**: Torba/Silindir gabionlar*

4.4.3.2. Yapım Şartları

Genel

Gabionların kurulması, birbirine bağlanması ve doldurulması projelerde gösterildiği ve aşağıda anlatıldığı gibi olacaktır.

1) Gabionların oturacağı temel yüzeyleri, yüksek çıkıntıları traşlanmış ve çukurları küçük kaya parçaları ile doldurulmuş, mümkün olduğu kadar düz ve hatasız olacaktır. Şev topuklarına yerleştirilecek gabionlar, projelerde belirtilen derinlikte kazılmış temel hendeklerine yerleştirilecektir.

2) Gabionlar kutuların(sepet) veya şiltelerin birbirine bağlanmasıyla yerinde sağlamlaştırılacaktır. Şevlere yerleştirilen gabionlar için, eğer şev eğimleri 3y/2d ile 1y/1d eğimler arasında ise ankraj kullanılması gerekmektedir. Eğim açısı, gabion tipi, zemin türü ve sürtünme katsayısı parametreleri göz önünde bulundurularak ankraj derinlikleri ve birim alan için adedi hesaplanmalıdır. Ankraj çubuklar mutlaka gabionlara bağlanmalıdır. Gabion kutuların (sepet) dönme ve burulmasına engel olmak için içten gergi telleri ile bağlanacaktır.

3) Birbirine yakın olarak bir kaç gabionun yerine oturtulmasından sonra gabionlar birbirine yüksekliği boyunca sürekli olarak köşelerinden bağlanacak ve içleri, belirlenmiş olan iri taş ve kaya parçalarıyla doldurulacaktır. Ön yüzeylerde görünen taşlar elle istiflenecektir. Taşlar doldurulduktan sonra gabion sepet kapağı yerine oturtulacak ve bütün çevresi boyunca emniyetli bir şekilde bağlanacaktır.

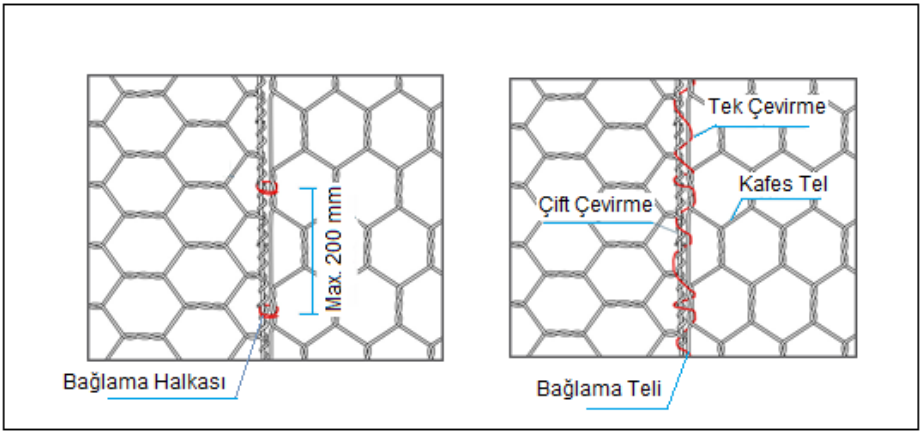
Yerleştirilmiş olan bu gabionların üzerine veya yanına konulabilecek olan ilave gabionlar, doldurulmadan önce bütün temas kenarı boyunca, mevcut gabionlara emniyetli bir şekilde ve sürekli olarak bağlanacaktır.

Kutu/Sepet Gabionlar

Gabionun kurulacağı yerde önce temel tabanı hazırlanacaktır. Projesinde gösterilen durumlarda gabion temel tabanına filtrasyon amaçlı jeotekstil serilebilecektir. Gabion kutu/sepetleri hazırlanan bu temel üzerine kurulacaktır.

Katlı halde sevk edilen üniteler, bağlı bulundukları balyalar içerisinden çıkarıldıktan sonra ünite kurulumları tamamlanır. Gabion kutu/sepetler; üreticinin talimatlarına uygun şekilde kurulacaktır. Bağlama teli kullanım prosedürü, yeterli uzunlukta bağlama telinin kesilmesi ve bir ve/veya iki kez tel ağa bükülmesi ile gerçekleştirilir. Her bir hücre içerisinden tek veya çift olarak dolandırılarak yapılan bağlama işleminde, her bir dolandırılan tel gerilir ve en son kısımda tel ağa açılmayacak bir şekilde dolandırılıp, bükülerek sabitlenir. Bağlama işlemi kesiksiz, sürekli olacak ve Şekilde gösterildiği gibi her iki gözenekte bir çift çevirme şeklinde yapılacaktır. Bağlama sırasında tel sıkı bir şekilde sarılmış olacak çift çevirme aralıkları 20 cm'yi aşmayacaktır.

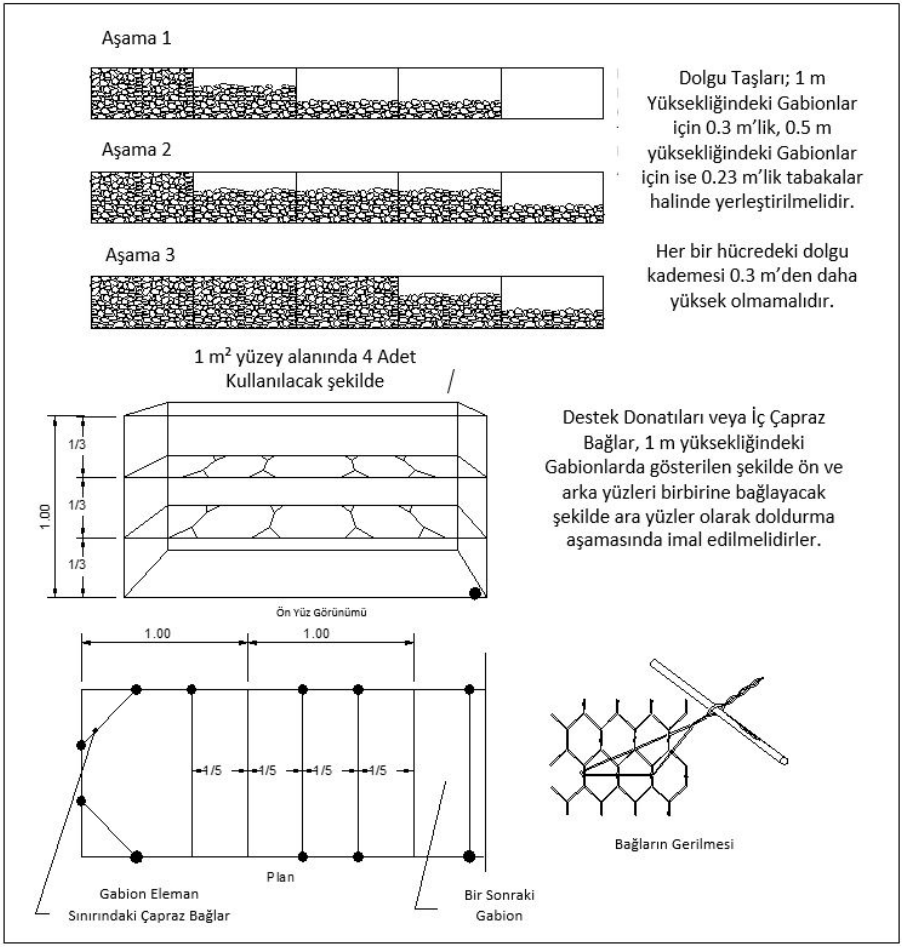
Bağlama telleri yerine kalınlığı en az 3 mm, çekme dayanımı 175 kg/mm^2 olan ağır galvanizli veya galfan kaplı halkalar kullanılabilir. Galvaniz kaplı gabionlar için galvaniz kaplı bağlama halkaları, galfan veya PVC kaplı gabionlar için ağır galfan kaplı halkalar kullanılacaktır.



***Şekil 67**: Gabionların bağlama teli ve bağlama halkaları ile bağlanması*

Gabion elemanlarının dolgu işlemleri 1m yüksekliğindeki gabion üniteler için 300 mm' lik; 0.5 m yüksekliğindeki gabion üniteler için ise 250 mm' lik tabakalandırmalar ile yapılmalıdır. Tabakalandırılan dolgunun yüksekliği, her bir eleman için 300 mm'den daha yüksek olmamalıdır. (Bkz. Şekil 56).

Gabion elemanlarının dolgu işlemleri 1m yüksekliğindeki gabion üniteler için 300 mm'lik; 0.5 m yüksekliğindeki gabion üniteler için ise 250mm'lik tabakalandırmalar ile yapılmalıdır. Tabakalandırılan dolgunun yüksekliği, her bir eleman için 300 mm' den daha yüksek olmamalıdır (Bkz. Şekil 65).



Şekil 68: *Gabion duvar uygulama detayı*

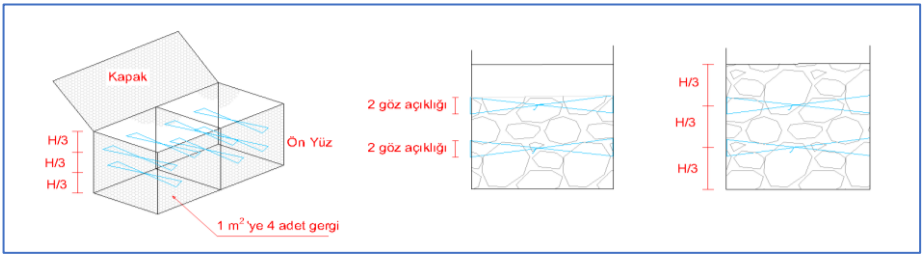
Gabion hücreleri içerisine yerleştirilecek olan dolgu taşları, Karayolları Teknik Şartnamesinde (2013) belirtilen taş özelliklerine uygun nitelikte olmalıdır. Dolgu aşamasında kullanılacak taşlar için 125 – 250 mm çapına sahip ölçüler önerilmektedir. Önerilen taş boyutlarından %5'e kadar büyük veya küçük ebatlı taşlar da duruma göre dolguda kullanılabileceği gibi, görünür gabion yüzlerine yerleştirilmemelidir.

Gabion hücresi içerisine taş dolgu tabakası yerleştirildikten sonra, dolgu içerisindeki boşlukların minimize edilerek taş yoğunluğunun arttırılması açısından ve gabion yüzlerinin düzgün bir şekilde görünmesi amaçlı olarak el

işçiliği yardımı ile düzeltme işlemi yapılmalıdır. 1m yüksekliğindeki Gabionlar için dolgu işlemleri sırasında uygulanacak kademelendirme işlemlerinde ara yüz olarak çapraz bağlar veya destek donatıları, ön ve arka yüzleri birbirine bağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. İstinat yapısı sınırlarında imal edilecek gabion birimlerine, Şekil 68'de görüleceği gibi yan yüzlere dik olarak bağlanacak destek donatıları yerleştirilmelidir. Düşeyde bir sıra Gabion'dan daha fazla sıra Gabion'un imal edileceği durumlarda, doğal oturmalardan kaynaklanacak deformasyonların önlenmesi için Gabion hücreleri yaklaşık 25 – 40 mm yüksekliğinde fazla dolgu malzemesi ile doldurulmalıdır. Ayrıca taşların doldurulması sırasında ahşap veya başka malzeme ile kalıplar oluşturularak ve bu şablona dışarıdan gerilme sağlanarak kutuların daha düzgün olması sağlanacaktır. Taş dolum işlemi tamamlandığında bu kalıplar sökülecektir.

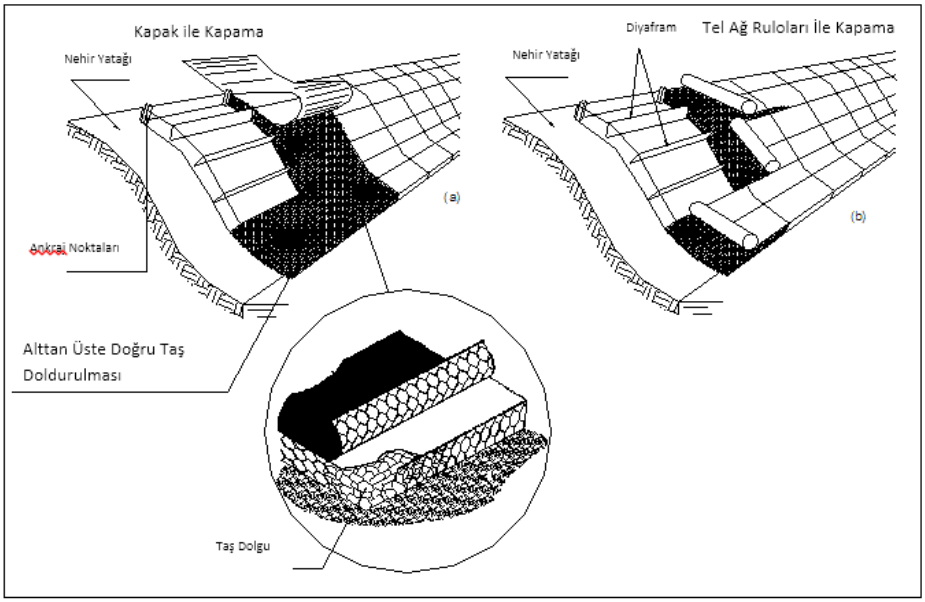
Gabion Şilteler

Gabion Şilte sepetleri iş yerine katlı halde balyalar halinde getirilir. Katlı halde gelen bu sepetler düzgünce açılıp paneller ve diyaframlar dik halde, köşeleri boyunca gabion şilte haline getirilecektir. Gabion şilteler; üreticinin talimatlarına uygun şekilde kurulacaktır. Bağlama işlemi kesiksiz, sürekli olacak ve Şekil 69'de belirtildiği gibi her iki gözenekte bir çift çevirme şeklinde yapılacaktır. Bağlama sırasında tel sıkı bir şekilde sarılmış olacaktır. Bağlama telleri yerine bağlama halkaları da kullanılabilir.



Şekil 69: *Taşların doldurulması ve iç gergilerin aşamalı olarak yapılması*

Şilte gabion elemanların dolum işlemleri, ünite yüksekliğine bağlı olarak minimum 2 tabaka şeklinde yerleşime izin verecek boyutlarda taşlarla olmalıdır (Bkz. Şekil 69).



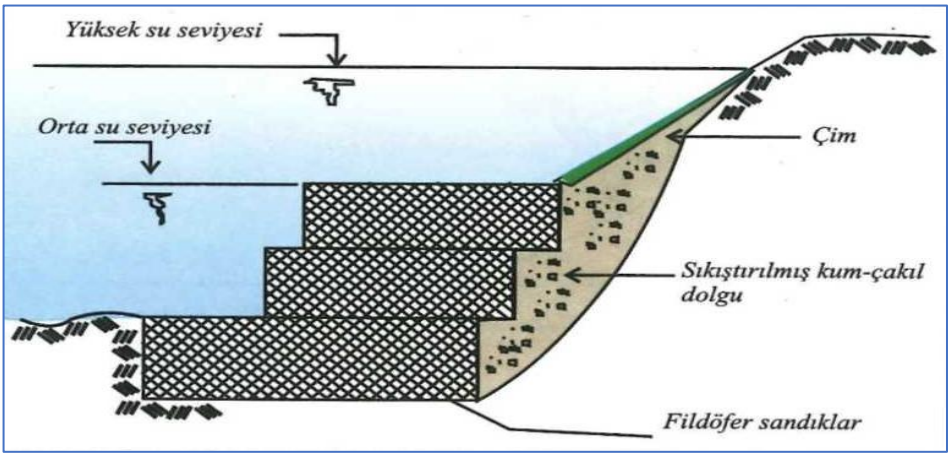
***Şekil 70**: Şilte Gabion Uygulama Detayı*

Şilte gabion hücreleri içerisine yerleştirilecek olan dolgu taşları yukarıda belirtilen taş özelliklerine uygun nitelikte; sert, dayanıklı, mümkün olduğunca yuvarlak hatlı ve yapının tasarım ömrü boyunca suya karşı direnç gösterebilen nitelikte olmalıdır.

Şilte gabion hücresi içerisine taş dolgu tabakası yerleştirildikten sonra, dolgu içerisindeki boşlukların minimize edilerek taş yoğunluğunun arttırılması açısından ve şilte gabion yüzlerinin düzgün bir şekilde görünmesi amaçlı olarak el işçiliği yardımı ile düzeltme işlemi yapılmalıdır. Şev koruma uygulamalarında dolum işlemi, şevin topuk bölgesinden başlanılarak yapılmalıdır. Doldurulurken ünite ünite dolum yapılmalı; ancak dolum öncesinde birkaç ünite hazır olarak bağlanmış durumda olmalıdır. Diyafram üst kenarları dolum sırasında, bağlama operasyonları için erişilebilir şekilde görülmelidir.

Dolum işlemi tamamlandıktan sonra ünite üzerine kapak yerleştirilir ve ünite kenar panelleri gerdirilerek, uygun yöntemler ile birbirlerine bağlanır. Kapaklar, şilte gabion ünitesi bitimindeki kenar panellerine dikkatli bir şekilde tutturulmalıdır. Yan yana bitişik ünitelerin kapak işlemleri tek bir uygulama ile yapılabilir. Bu amaçla, kapak kapaması uygulanacak şilte gabion ünitelerinin genişliğinde çift bükümlü tel ağ ruloları kullanılır. [23]

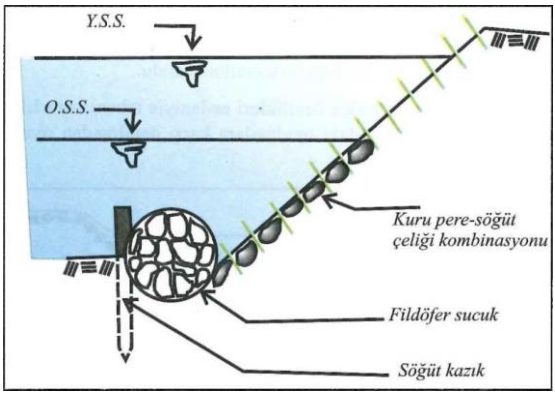
Gabionlar (Fildöferler), esnek özellikleri nedeniyle tabanı kararlılık kazanmamış mecralardaki oyulmalara karşı dağılmadan uyum gösterebilirler. (Şekil-71)



Şekil 71: *Fildöfer sandıkla kıyı tahkimi*

Şev topuklarındaki oyulmaların önlenmesinde diğer bir tedbir de topukların fildöfer sucuklarla tahkimidir. (Şekil 72)

İri materyal taşıyan sel derelerinde, materyalin çarpma etkisi ile sandıklar dağılabileceğinden, bu tür mecralarda kullanılmamalıdır.



Sonuç olarak, tel kafes sandık ve sucuklardan (fildöferlerden) tercih zorunluluğu olduğu zaman veya kıyı erozyonu zararlarının önlenmesi açısından bazı acil durumlarda yararlanılabilir. [15]

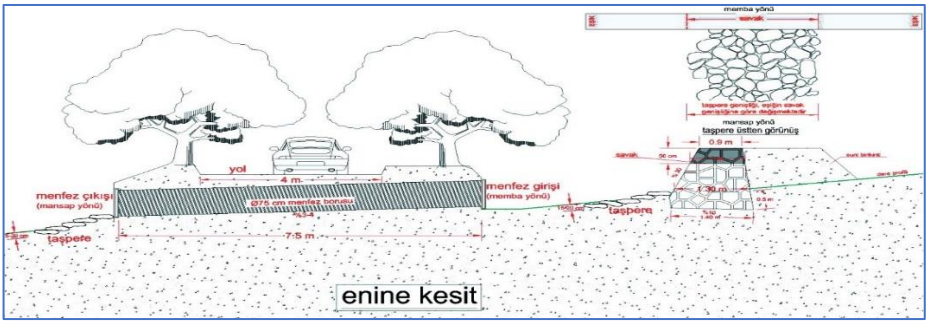
Şekil 72: *Fildöfer sucukla topuk tahkimi*

4.4.4 Taş Pere Kaplama

Taş pere kaplama çok çeşitli amaçlarla yapılır. Harçlı eşiklerde savaktan akan suların eşik önünü oymasının önlenmesi, ulaşım yollarındaki menfez çıkışlarındaki suyun erozyona sebep olmayacak şekilde akmasının sağlanması, sulama kanalları şevlerinin korunması ile yamaç ıslahı için yapılan drenaj kanal çıkışlarının önüne suların rahatça dereye ulaşması amacıyla yapılır. Pere kaplamalar genelde sürüklenen malzeme akımı olan dere yataklarında yapılmaz.

Pere kaplamalar kuru ve harçlı olarak yapılır. Harçsız pere kaplamalar çeşitli yerlerden temin edilen taşların, 20-40 cm arasında değişen kalınlıkta bir tabaka oluşturacak biçimde tesis edilir. Ufak taş parçaları ile aralar kamalanır. Kuru taş perenin yapılması ve bakımı çok kolaydır. Kuru pereler, şevlerin gevşek ve akıcı olmayan hallerinde kullanılır.

Taş pereler, harçlı olarak da yapılabilir. Harçlı pereler kumlu gevşek arazilerde yapılır. Bu durumda 300 dozlu çimento ile derz yapılır ve şev topuğunda bir sandık açılarak topuk tahkimatı yapılır.



Şekil 73: *Harçsız Taş Pere Kaplama*



Fotoğraf 36: *Yamaç Islahında Drenaj Kanal Çıkışına Yapılan Harçlı Taş Pere Kaplama*



Fotoğraf 37: *Kanal Şevlerinin Korunması Amacıyla Yapılan Harçlı Taş Pere Kaplama*

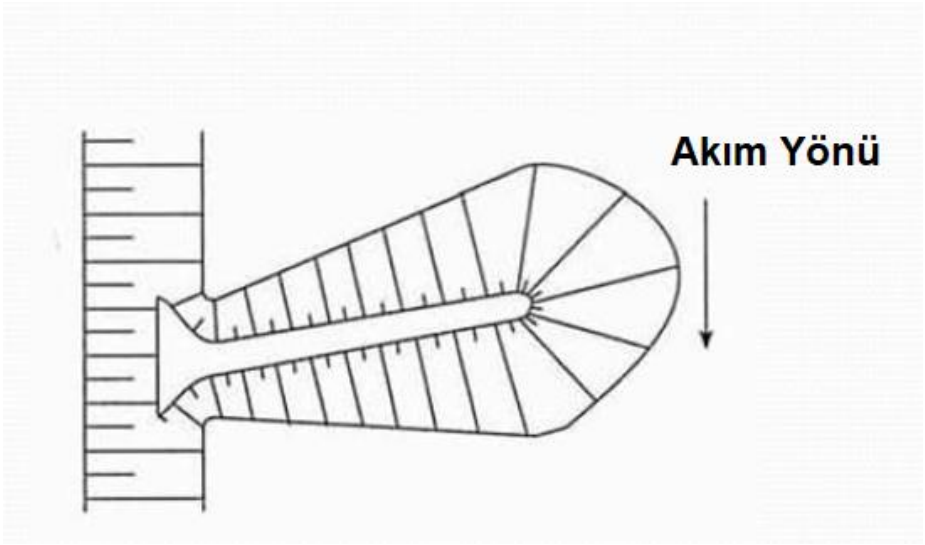
4.4.5 Mahmuzlar



Fotoğraf 38: *Mahmuz Uygulaması*

Mahmuzlar, akarsu yatağını daraltmak için kıyıdan yeni düzenleme çizgisine kadar akım yönüne göre enine doğrultuda inşa edilen düzenleme yapılarıdır. Mahmuzlar, eğimi az olan geniş yataklı sularda özellikle akarsuların mansap bölgesinde etkili olmakta ve çok iyi sonuçlar vermektedir. Dağlık bölge akarsuları için uygun bir düzenleme yapısı değildirler.

Mahmuzun kıyıya bağlandığı kısma mahmuz kökü, suyun içindeki uç kısmına mahmuz başı, memba tarafına mahmuz önü, mansap tarafına arka yüz ve iki mahmuz arasında kalan yüzeyine mahmuz alanı denir. Bir mahmuzun şematik planı Şekil 74.'da verilmiştir (Erkek ve Ağıralioğlu 1986).

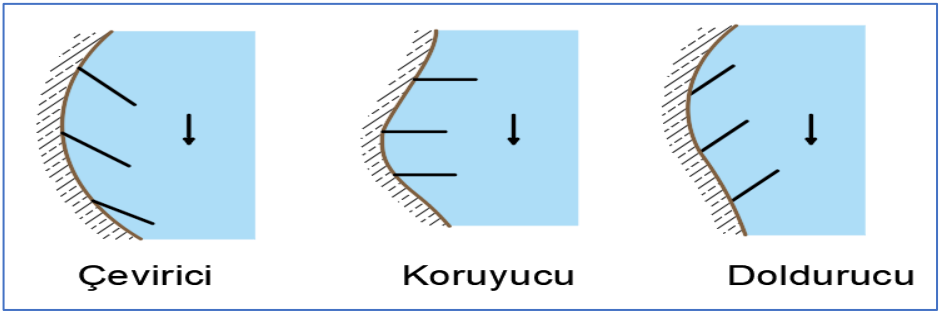


Şekil 74: *Mahmuz planı*

Mahmuz tepe yüksekliği genellikle ortalama su seviyesinde, bazı durumlarda ise minimum su seviyesinde seçilir. Yüksek su seviyelerinde mahmuz üzerinden su aşacağından şevlerin, mahmuz tepesinin ve başının anroşman, taş kafesler vb. gibi ile iyi bir şekilde korunması gerekir.

Mahmuzlar, eksenlerin akım yönü ile yaptığı açıya göre,

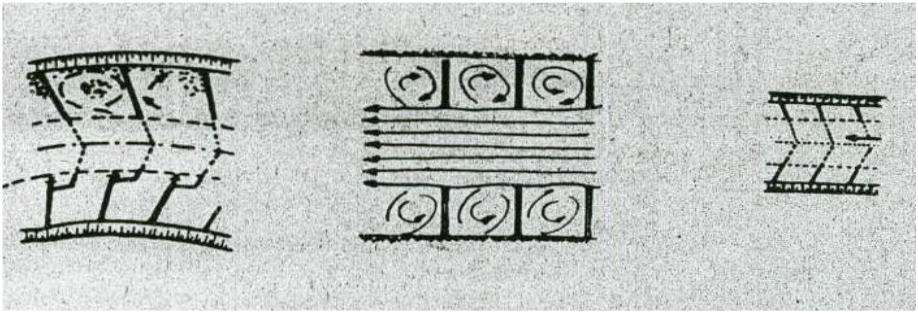
1. Mansaba yönelik (çevirici) mahmuzlar,
2. Normal (koruyucu) mahmuzlar,
3. Membaya yönelik (doldurucu) mahmuzlar olarak adlandırılırlar.



Şekil 75: *İşlevlerine göre mahmuzlar*

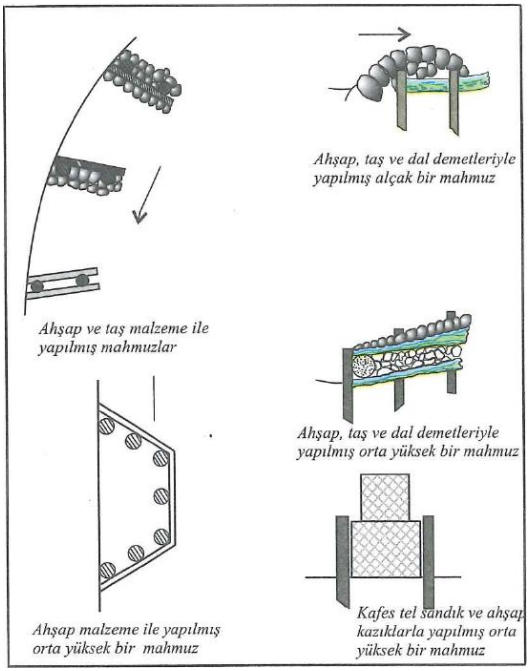
Mansaba yönelik mahmuzlarda, mahmuz alanında birikmeler daha az ve mahmuz köklerindeki taban aşınması daha fazladır. Akım yönüne dik eksene sahip olan normal mahmuzlarda katı maddeler, mahmuz alanının ortasında toplanır. Mahmuz başlarında az miktarda oyulma görülür. Membaya yönelik mahmuzlarda, mahmuz alanlarında katı materyal birikimi fazladır. Mahmuz başlarında büyük oyulmalar olur. Gel-git hareketi olmayan akarsularda öngörülen mahmuzlarda genellikle bu tip tercih edilir. Ayrıca birbirinden çok uzakta bulunan mevcut mahmuzların arasına çengel mahmuzlar inşa edilebilir.

Düz akarsu kesimlerinde mahmuz eksenleri yatak orta çizgisinde kesişecek şekilde karşılıklı olarak düzenlenir. Mahmuzların etkili olabilmeleri için mesafelerin belirlenmesine özel bir önem verilmesi gerekir. Bir mahmuz alanında suyun çevrinti hareketi ile mahmuz alanı içinde akabilmesi için mansap tarafındaki mahmuzun B noktasındaki su yüzeyi kotunun memba tarafındaki mahmuzun A noktasındaki su seviyesi kotundan büyük olması gerekir. Bu ise mahmuzlar arsındaki hidrolik yük kayıplarının hız yüksekliğinden küçük olması ile mümkündür. Mahmuz tiplerine ilişkin örnekler Şekil 76.de verilmiştir (Erkek ve Ağıralioğlu 1986).



Şekil 76: *Mahmuzların karşılıklı olarak tesisine ilişkin örnekler*

Mahmuz yapımında etkili olan sürükleme gerilmesinin büyüklüğüne bağlı olarak seçilebilecek başlıca yapı elemanları; anroşman batırma demetleri ve dalları, batırma çitleri ve taş sandıklardır. Mahmuz başları kaymalara karşı korumalı, mahmuz kökleri ise mevcut kıyıya iyice bağlanmalıdır. [32]



Şekil 77: *Muhtelif mahmuz tipleri*

Mahmuzlar, taş, beton ve gabiondan (fildöferden) inşa edildikleri gibi canlı ve cansız kazıkların taş ve diğer malzemeler ile kombinesi yoluyla da inşa edilebilirler.

Söğüt dal ve kazıkları ile yapılan ucu eğik mahmuzların, rutubet şartları elverişli ve oyulma derinliği fazla olmayan tabii mecralarda kullanılması uygundur.

Taş, beton ve gabion (fildöfer) olarak inşa edilen mahmuzlar, bitkilerle kombine edilmediği takdirde kısa ömürlü olmaktadırlar. Bitkilerle kombine edilen mahmuzlarda, bitkiler gelişip büyüdükçe mahmuzların fonksiyonuna katılır, onları korur ve zamanla bu yapıların yerini alır. [15]

Mahmuzun Avantajları:

1. Mahmuzlar yeni şartlara daha kolay ve ucuz adapte olurlar. Düzenleme genişliğinin çok büyük veya çok küçük seçilmesi durumunda çok fazla masraf yapılmadan mahmuzların kısaltılması veya uzatılması mümkün olur.

2. Mahmuzlar ekonomiktir. Düzenlenmemiş akarsuyun en derin yerinde sadece mahmuz başı bulunur. Kıyıya yaklaştıkça mahmuz yüksekliği, dolayısıyla hacmi azalır. Ayrıca mahmuz boyu iki mahmuz arasındaki mesafeden daha küçüktür.

3. Mahmuz alanlarının dolması boyuna yapılara göre daha çabuk olur.

4. Açık mahmuz alanları ideal balık yetiştirme yeridir.

5. Mahmuz alanlarından yapı malzemesi sağlanabilir.

6. Bakım masrafları daha azdır. [32]

Mahmuzların Sakıncaları:

1. Mahmuz alanlarında çevrintiler ve ters akımlar oluşur. Özellikle yüksek su seviyelerinde su yüzeyi çalkantılıdır.

2. Ulaşım yapılan akarsularda üzerinden su aşan mahmuzlar özel olarak işaretlenmemişse gemiler için tehlikeli olurlar.

3. Mahmuzlar akarsulara boyuna yapılarda olduğu gibi düzgün bir güzergah vermezler. Mahmuz başlarındaki oyulmalar düzenleme profilinde düzensizliklere sebep olur. Mahmuzlar, özellikle yatağı fazla daraltması durumunda taban oyulmalarına neden olduğundan bu durumda taban kaplaması veya taban eşiklerine ihtiyaç vardır. [32]

KAYNAKLAR

[1] *03.05.2019 / 30763 Sayılı Resmi Gazete "Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği"*

[2] *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi / Journal of Geomorphological Researches, 2023 (10): 34-48*

[3] *Görcelioğlu, E. 1976. Dağlık arazide erozyon ve sel kontrolü. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 26(1), 131-147. doi: 10.17099/jffiu.03222.*

[4] *S. Ozhan,2004, Havza Amenajmanı.*

[5] *"What is a Watershed? | RDN." [Online]. Available: https://www.rdn.bc.ca/what-is-a-watershed. [Accessed: 05-Oct-2023]*

[6] *İ. Atalay,1986, Uygulamalı Hidrografya –I. Bornova-İzmir.: Ege Universitesi Basımevi*

[7] *E. Ozcan,2006, "Sel olayı ve Turkiye," vol. 26, no. 1, pp. 35–50*

[8] *"SEL." [Online]. Available: https://meteoroloji.boun.edu.tr/sel.php. [Accessed: 06-Oct-2023]*

[9] *E. O. Vakfı, "Ormanların Faydaları," 2021. [Online]. Available: https://www.egeorman.org.tr/ormanlarin-faydalari.aspx. [Accessed: 06-Oct-2023]*

[10] *G. Howard, R. Calow, A. Macdonald, and J. Bartram, "Climate change and water and sanitation: likely impacts and emerging trends for action," vol. 41, pp. 253–276, 2016.*

[11] *D. Yang, Y. Yang, and J. Xia, "Hydrological cycle and water resources in a changing world: A review," vol. 2, no. 2, pp. 115–122, 2021.*

[12] *T. Ahmed, M Zounemat-Kermani, and M Scholz, "Climate change, water quality and waterrelated challenges: a review with focus on Pakistan," vol. 17, no. 22, p. 8518, 2020.*

[13] *J. Stagl, E. Mayr, H. Koch, F. F. Hattermann, and S. Huang, "Effects of climate change on the hydrological cycle in Central and Eastern Europe," pp. 31–43, 2014.*

[14] *"İklim Değişikliği ve Su," 2022. [Online]. Available: http://climatechange.boun.edu.tr/iklimdegisikligi-ve-su/. [Accessed: 09-Oct-2023]*

[15] *Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü 1999, "Erozyon Kontrolü Uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlar-Tamim No:14"*

[16] *Y. DİNÇSOY, 2008, "Islah Sekisi ve Tersip Bentleri"*

[17] *Suda, Jürgen (2013): Schutzkonstruktionen Vor Naturgefahren. 2. Auflage. Boku Wien. Alpinfra, Consulting+ Engineering Gmbh. Wien.*

[18] *Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü 2015, "Erozyon Ve Sel Kontrolü Uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlarla İlgili Rehber"*

[19] *DSİ, Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı 2017, "DSİ-TRK Programı Kullanım Klavuzu"*

[20] *DSİ, 2009 "Genelge 2009/15 "*

[21] *DSİ, 2017 "Genelge 2017/21 "*

[22] *DSİ, 2022 "Genelge 2022/3"*

[23] *DSİ, 2018 "Taşkın Kontrol Duvarları Genel Teknik Şartnamesi"*

[24] *18.08.2018 Tarih ve 30513 Sayılı Resmî Gazete "Betonarme İşleri Genel Teknik Şartnamesi"*

[25] *D. Proskea, J. Suda and J.Hübl 2010," Debris flow impact estimation for breakers" (Online) https://www.researchgate.net/publication/233355594*

[26] *DSİ Teknik Bülten 2017, Sayı 123*

[27] *DSİ, Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı "Sel Tırmığı Uygulama Tipleri Albümü*

[28] *Debris Flow Barrier (Online) https://www.rockcont.com/application/debris-flow-barrier.html*

[29] *TS EN 10244-2 , UNI EN 12385-4, TS EN 12385-4, TS EN 573-3*

[30] *Geobrugg 2016 "VX-UX Debris Flow Barrier-Product Manual" (Online) https://www.geobrugg.com/index_tr.html*

[31] *Gabion matresses (Online) (https://www.securitymeshfence.com/gabion-mesh/gabion-mattresses.html)*

[32] *Su Kaynakları Mühendisliği Cevat ERKEK, Necati AĞIRALİOĞLU*



TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN YÜZÜNCÜ YILI