ग्रामीण स्तरमा पहिराको अध्ययन र रोकथाम गर्न सहयोगी पुस्तिका

(Manual of Landslide Investigation and Control at Village Level)

सम्पादन

घनश्याम अवस्थी

प्रकाशक

इकार्डस–नेपाल

पो.ब.नं. ८११५

काठमाडौं

जुलाई २०११

विषय सूची

विषय	*पेज नं.*
परिचय	१
पहिरो के हो	२
पहिराका विभिन्न भागहरु	२–१०
पहिरोको जाने कारणहरु	११
पहिरो रोकथामका विभिन्न उपायहरु	१४
बायोइन्जिनीयरिङ्ग	१६
सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरू	३१
बिरुवाहरूले वातावरणमा पार्ने असर	३२
बायोइन्जिनीयरिङ्गको कामका लागि गर्नुपर्ने मुख्य मुख्य कामको दर रेट	३३

प्रकाशकीय

यो पुस्तक तयार पार्दा त्रिभुवन विश्वविद्यालयद्वारा प्रकाशित किताव र सडक विभाग भू-वातावरण इकाईबाट प्रकाशित बिभिन्न पुस्तकहरूको सहयोगका साथै इकार्डस्-नेपालको अनुभव पनि समेटिएको छ । गत वर्ष इकार्डस्-नेपाललाई ग्रामीण स्तरमा पहिरो तथा भू-क्षय रोकथाम गर्ने अवसर प्राप्त भयो । त्यस बाहेक माउन्टेन रिस्क इन्जिनीयरिङ्ग युनिटले, सडक विभागका इन्जिनीयर, ओभरसीयर तथा सुपरभाइजरहरूलाई दुई वर्षसम्म बायोइन्जिनीयरिङ्गसम्बन्धी तालिम सामग्रीबाट पनि यस्तो पुस्तक तयार पार्ने प्रेरणा मिल्यो ।

पहिरो र भू-क्षय नेपालका जल्दाबल्दा समस्या हुन् । तिनीहरूवारे ग्रामीण स्तरमा प्रचार, प्रसार, छलफल र रोकथाम गर्ने कार्य अहिलेसम्म स्वतःस्फूर्त रुपमा यदाकदा भएको पाइन्छ । ठूला-ठूला सडक, बाँध तथा नहर निर्माण गर्दा प्रयोग हुने उच्च र महँगो प्रविधि ग्रामीण स्तरमा पनि प्रयोग गर्न सकिने सम्भावना कमै हुन्छ । तर पहिरो र भू-क्षयले गाउँघरका पाखा र खेतलाई वर्षेनी ठूलो क्षति पुऱ्याइरहेको तथ्य कसैबाट लुकेको छैन । त्यस्ता पहिरा र भू-क्षय हुने ठाउँहरूको नियन्त्रण नितान्त आवश्यक छ । यसतर्फ पाइला चाल्नु भनेको कुनै न कुनै रुपमा जमिन र उर्बर माटोको विनाश कम गरी पर्वतीय वातावरणमा सुधार ल्याउनु पनि हो । तर यो कार्य त्यति सजिलो छैन ।

प्रायः ग्रामीणले पहिरोलाई दैवी प्रकोपको रुपमा लिएको पाइन्छ र उनीहरू त्यसलाई नियन्त्रण गर्न अथवा त्यसबाट हुनजाने क्षति कम गर्न त्यति सक्रिय रुपले लागेको पाइँदैन । धेरैजसो व्यक्ति पहिरो अथवा भू-क्षय रोक्न ग्याबिन जाली अथवा ढुङ्गा र सिमेन्टले बनेका ठूला पर्खाल बनाउनु पर्छ भन्ने सोचाई राख्छन् । त्यस्ता महँगा संरचनाहरू ग्रामीण स्तरमा निर्माण गर्नु सम्भव हुँदैन । त्यसको विकल्पको रुपमा यस पुस्तकमा बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रविधिलाई अघि सारिएको छ । यो प्रविधि कम खर्चिलो, ग्रामीण स्तरबाटै वनाउन सकिने र सबै सामग्रीहरू गाउँमै उपलव्ध हुने खालको भएकाले गाउँको निमित्त बढी लाभदायक होला भन्ने आशा लिएका छौं ।

अहिले पनि पहिरो र भू-क्षयसम्बन्धी नेपाली भाषामा लेखिएका पुस्तक-पुस्तिकाहरूको ठूलो अभाव छ । नेपालमा पहिरोको अध्ययन, वर्गीकरण र मूल्याङ्कन गर्ने परिपाटी बसिनसकेकोले यस्ता कार्यमा आवश्यक पर्ने ज्ञान र सीपको खाँचो पनि उत्तिकै टड्कारो रुपमा देखापर्छ । यो पुस्तिका ग्रामीण समुदायको आवश्यकतालाई ध्यानमा राखी तयार पारिएको हो । बुझ्न सजिलो होस् भन्ने उद्देश्यले यसमा सकेसम्म धेरै चित्र तथा केही फोटाहरू राखिएका छन् । ग्रामीण स्तरमा पहिरो नियन्त्रण र भू-संरक्षण गर्न, गाउँका उपभोक्ता समुहलाई यस्ता कार्यमा अभिप्रेरित गर्न तथा विद्यार्थीहरूलाई विद्यालयमा पहिरो र भू-क्षयसम्बन्धी ज्ञान दिन पनि यो पुस्तिका उपयोगी हुनेछ भन्ने आशा हामीले लिएका छौं ।

यस्ता पुस्तक तथा हाते पुस्तिका तयार पार्दा विभिन्न नामहरूलाई नेपालीमा रुपान्तरण र भावानुवाद गर्नु पनि एक जटिल कार्य हो । यस पुस्तकमा हामीले अंग्रेजी नामहरूलाई आफ्नै किसिमले नेपालीमा अनुवाद र अनुकुलन गरेका छौँ । विज्ञ पाठक वर्गले त्रुटिहरू औंल्याइदिनु हुनेछ भन्ने आशा लिएका छौँ र उहाँहरूबाट बहुमूल्य सुझाव तथा सुधारको पनि हामीले अपेक्षा गरेका छौँ ।

यो पुस्तक तयार पार्न सहयोग गर्ने प्रा.डा. मेघ राज धिताल, प्रा. सिद्धिवीर कर्माचार्य, इ. दुर्गाप्रसाद वस्ती र भाषा सम्पादन गर्नुहुने श्री अच्युत अधिकारी लगायत इकार्डस-नेपालका कर्मचारीहरु प्रति धन्यवाद ज्ञापन गर्दछौं । यस पुस्तकका लागि आर्थिक सहयोग प्रदान गर्ने एसियाली विकास बैंक, मनिला (Asian Development Bank) प्रति पनि हामी हार्दिक आभार व्यक्त गर्दछौं । यस पुस्तकका विषय बस्तुमा समेत सुझाव दिनु हुने Asian Development Bank का Ms. Cindy Malvicini (Water Resources Management Specilist) र सिंचाई विभाग CMISP का निर्देशक इ. श्री नवीन मंगल जोशी प्रति पनि धन्यवाद व्यक्त गर्दछौं ।

घनश्याम अवस्थी
अध्यक्ष
इकार्डस-नेपाल

परिचय

नेपालले वर्षेनी प्राकृतिक प्रकोपको ठूलो समस्या भोग्दै आएको छ । प्रत्येक वर्ष गाउँ-घर, डाँडा-पाखामा पहिरो गएको र त्यसले जन-धनको व्यापक क्षति पुर्‍याएको समाचार आउने गर्दछ । नेपाल जस्तो पहाडै पहाडले बनेको देशका लागि पहिरो एक भयावह समस्याको रुपमा अगाडि आएको छ ।

नेपाल हिमालय पर्वत श्रृङ्खलाको मध्य भागमा अवस्थित छ । हिमालय पर्वत संसार कै सबैभन्दा अग्लो पहाड मात्र नभई सक्रिय भुइँचालो क्षेत्र मध्येको एक हो । यसको भौगर्भिक बनावट पनि अत्यन्त कमजोर छ । त्यस बाहेक यहाँ हुने मुसलधारे वर्षा, नदी कटान, ठाडो र भिरालो पाखो, वन विनाश र जथाभावी खेती गर्ने प्रचलनले गर्दा पहिरो जाने क्रम बढ्दो छ ।

आम नेपाली जनताले पहिरोलाई एक दैवी प्रकोपको रुपमा मात्र लिएको पाइन्छ । तर सवै पहिराहरू दैवी प्रकोप होइनन् । पहिरोलाई पूर्ण रुपले दैवी प्रकोप मान्नु भनेको त्यसको नियन्त्रणतर्फ कुनै पाइला चाल्न सकिन्न भन्ने निष्कर्ष निकाल्नु हो । तर वास्तवमा पहिराहरूको रोकथाम, नियन्त्रण र निराकरणसमेत गर्न सकिन्छ । त्यसैले पहिरो के हो, यो कस्तो प्रकारको हुन्छ र कसरी जान्छ भन्नेदेखि लिएर यसले कस्ता-कस्ता समस्या ल्याउन सक्छ भन्नेसम्मको जानकारी लिएर अगाडि बढेमा पहिरोसम्बन्धी अधिकाँश समस्या समाधान गर्न सजिलो हुन्छ ।

यस पुस्तिकामा पहिरोको सामान्य जानकारीका साथै यसको रोकथामका उपायहरू पनि दिइएका छन् । सजिलै वुभ्न सकियोस् भन्ने उद्देश्यले यसमा बिभिन्न चित्र र फोटोहरू राखिएका छन् । पहिरोका विभिन्न भाग तथा वर्गीकरणसम्बन्धी नामहरू अंग्रेजी भाषाबाट अनुवाद गरिएको हुनाले आवश्यकता अनुसार नेपाली नामका साथै अंग्रेजी नामहरू पनि समावेश गरिएका छन् ।

यस पुस्तकको उद्देश्य ग्रामीण समुदायलाई स्थानीय स्तरबाट कम लगानीमा पहिरो नियन्त्रण कार्य संचालन गर्न आवश्यक ज्ञान दिनु र त्यसको कार्यान्वयनका लागि सीप विकास गर्नु रहेको छ । यस किताबको अध्ययनपछि पाठकहरू निम्न कार्य गर्न सक्षम हुनेछन् भन्ने विश्वास लिइएको छ ।

- पहिरोको प्रकार, प्रकृति र पहिरो जानुको कारण पहिल्याउन ।
- पहिरो र भू-क्षय नियन्त्रणका लागि उचित पद्धतिको छनौट गर्न
- पहिरो र भू-क्षय नियन्त्रणमा बायोइन्जिनीयरिङ्ग पद्धतिको उपयोग गर्न ।
- पहिरो र भू-क्षय नियन्त्रणका लागि आवश्यक सामग्री र बिरुवाहरू छनौट गर्न ।
- पहिरो र भू-क्षय नियन्त्रण कार्य ग्रामीण स्तरमा सञ्चालन गर्न ।

पहिरो के हो ?

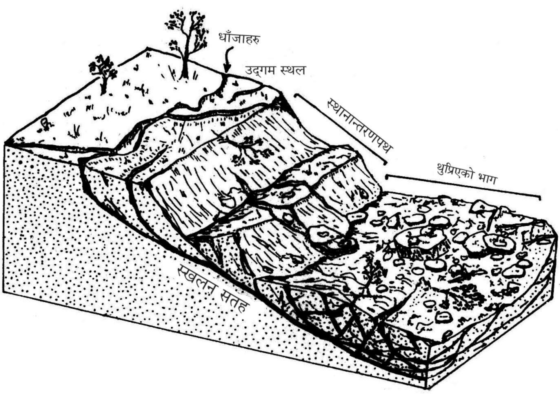
गुरुत्वाकर्षण वलले गर्दा जमिन, चट्टान, अथवा वन-पाखाको केही भाग स्पष्ट रुपमा तल र बाहिरतिर झर्ने प्रक्रियालाई पहिरो अथवा भू-स्खलन भनिन्छ । यसरी तल झर्ने क्रममा उक्त पदार्थ खस्ने, भाँच्चिने, चिप्लने, फैलने अथवा बग्ने गर्दछ ।

पहिराहरू प्राय: ठाडो र भिरालो पाखामा बढी जाने गरेको पाइए तापनि अलि अलि भिरालो जमिनमा पनि यो गएको पाइन्छ । कम भिरालो ठाउँमा पनि सडक बनाउने क्रममा पाखोलाई बढी ठाडोगरी काटेमा, निर्माण कार्य गर्दा भिरालो ठाउँमा थुपारिएको ढुङ्गा-माटोले गर्दा वा घरको जग खन्दा, नदीले किनारा कटान गर्दा, अथवा पाखो खन्दा पनि पहिरो जाने हुन्छ ।

पहिराका विभिन्न भागहरू

पहिरो जाने अस्थिर पाखोका भिन्दा भिन्दै भागहरू प्रष्टसँग छुट्याउन सकिन्छ । मोटामोटी रुपमा तिनीहरूलाई चार भागमा विभाजन गर्न सकिन्छ ।

१. धाँजा फाटेको भाग
२. उद्गम स्थल
३. स्थानान्तरण पथ
४. थुप्रिएको भाग



चित्र १ मा पहिरोका विभिन्न भागहरु देखाइएका छन् ।

धाँजा फाटेको भाग *(Zone of Cracks)*

पहिरो झरेको ठाउँको माथि र कहिलेकाहीं वरिपरि धाँजा वा दरारहरू देख्न सकिन्छ । चित्र १ मा धाँजा फाटेको भाग देखाइएको छ । यस्ता धाँजाहरूबाट वर्षा याममा पानी भित्र छिर्छ र पहिरो पुन:सक्रिय हुन्छ ।

उद्गम स्थल *(Source Area)*

यो पहिरोको माथिल्लो भाग हो । यहाँबाट पहिरो झर्ने क्रम शुरु हुन्छ र खुकुलो ढुङ्गा-माटो क्रमशः तलतिर झर्दै जान्छ । चित्र १ मा उद्गम स्थल देखाइएको छ ।

स्थानान्तरण पथ *(Transport Zone)*

यो सतह पहिरो झर्दै गरेको भाग (उद्गम स्थल) को ठीक तलतिर हुन्छ । यदि माथिबाट पहिरोझर्ने क्रम रोकियो भने यो भाग स्थिर हुन सक्छ र समय बित्दै जाँदा बोट बिरुवाहरू आफैँ पनि उम्रेर आउन सक्छन् । चित्र १ मा स्थानान्तरणपथ देखाइएको छ ।

निक्षेप स्थल *(Deposition Zone)*

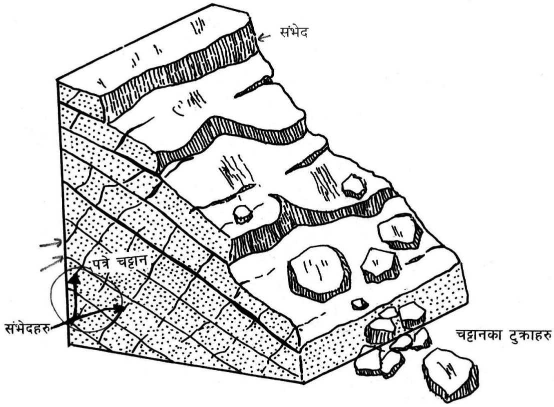
यो ठाउँमा पहिरो जाँदा माथिबाट झरेका ढुङ्गा, माटो र झारपात थुप्रिएर रहेका हुन्छन् । यो भाग पनि अस्थिर हुन सक्छ । चित्र १ मा पहिरोबाट झरेको ढुङ्गा-माटोको थुप्रो (निक्षेप स्थल) देखाइएको छ ।

पहिरोलाई विभिन्न किसिमले वर्गीकरण गर्ने चलन छ । यहाँ भार्न्स् (Varnes 1978) द्वारा प्रतिपादित पहिरोको वर्गीकरण प्रस्तुत गरिएको छ । भार्न्स्ले विभिन्न पहिराहरूलाई ढुङ्गा-माटो र गतिको किसिमको आधारमा वर्गीकरण गरेका छन् ।

नेपालमा धेरै प्रकारका पहिराहरू जाने भए तापनि प्रायः बराबर गइरहने केही पहिराहरुको परिचय तल दिइएको छ ।

पतन *(Fall)*

पतन भन्नाले अग्लो ठाउँमा रहेको ढुङ्गा-माटो अथवा चट्टान एक्कासी खस्ने प्रक्रियालाई वुझाउँछ । यसरी झर्ने भाग ठाडो भीरबाट उछिट्टिएर तलतिर हुत्तिन्छ । यसरी तल झर्ने ढुङ्गा-माटो अथवा चट्टान ठाडै खस्ने, उछिट्टिने, हुर्रिने र गुड्ने पनि हुन सक्छन् । तल झर्ने यस्तो पदार्थको बनावट अनुसार पहिरोलाई शैल पतन (चट्टान झर्ने प्रक्रिया), मृत्तिका पतन (नरम माटो झर्ने प्रक्रिया), सम्मिश्रण पतन (ढुङ्गा-माटो झर्ने प्रक्रिया), भू-पतन (मिश्रित माटो झर्ने प्रक्रिया), शीला पतन (ठूलो ढुङ्गा खस्ने प्रक्रिया), इत्यादिमा विभाजित गर्न सकिन्छ । चित्र २ मा शैल पतनको एक नमूना देखाइएको छ ।



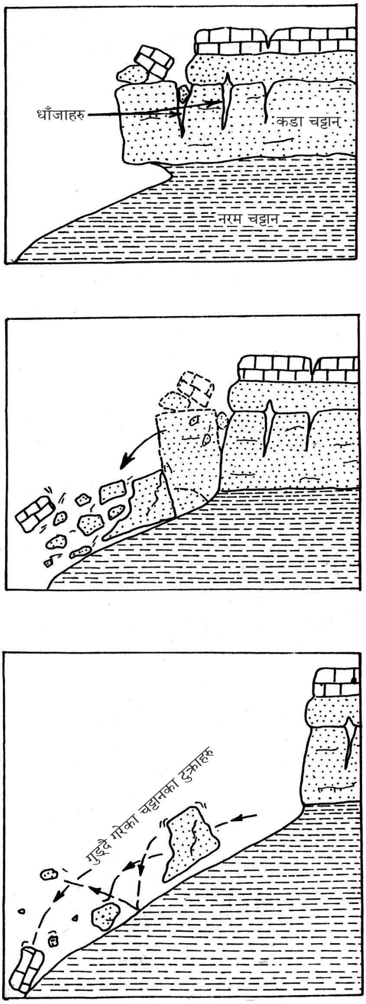
चित्र २ः शैल पतन (Rock Fall) *(साभार भार्न्स्, १९७८)*

विभञ्जन *(Topple)*

विभञ्जन भन्नाले त्यस्तो प्रक्रियालाई बुझाउँछ, जसमा चट्टानको टुक्रा तल झुक्छ, नुहिन्छ, बाहिरपट्टि बाँङ्गिन्छ, घुम्छ अथवा भाँचिन्छ । यस्तो बाङ्गिने र घुम्ने प्रक्रिया कुनै एक अक्ष अथवा जोर्नीबाट शुरु हुन्छ । पछि गएर, उक्त चट्टानको मुख्य भागबाट अलग्गिएको टुक्रा तलतिर उछिट्टिन्छ अथवा गुड्छ । चित्र ३ मा विभञ्जनका विभिन्न अवस्थाहरूमा देखाइएका छन् ।

स्खलन *(Slide)*

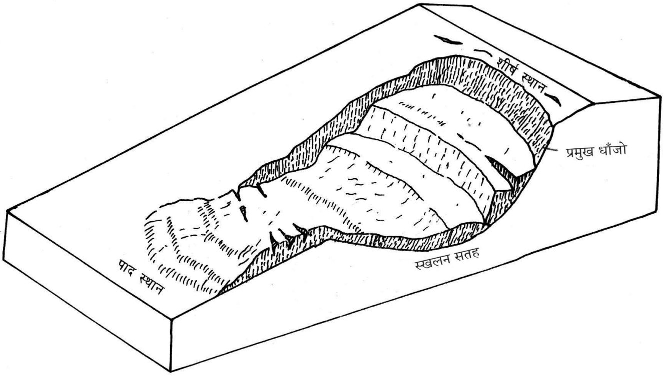
यद्यपि विस्तृत अर्थमा भू-स्खलन भन्नाले सबै खालका पहिराहरूलाई बुझाउँछ, तर सङ्कुचित अर्थमा स्खलन भन्नाले यस्तो प्रक्रियालाई जनाउँछ, जस अनुसार ढुङ्गा, माटो, अथवा चट्टानको केही भाग तलतिर चिप्लँदा स्थिर भागसँग स्पष्ट चिप्लने एक सतह बनाउँछ । भू-स्खलनका प्रमुख दुई प्रकार छन् ।



चित्र ३ : विभञ्जनका विभिन्न अवस्थाहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

घूर्णस्खलन (वक्राकार स्खलन) *(Rotational Slide)*

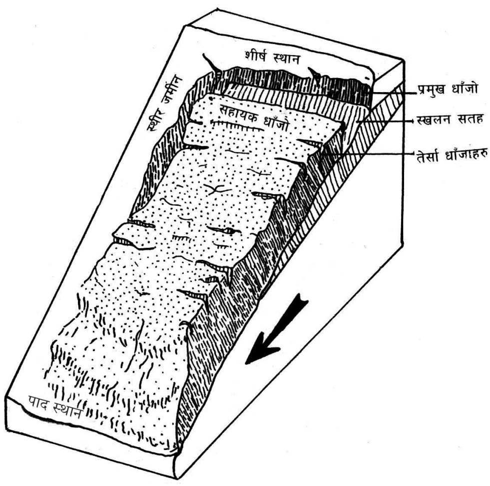
त्यस्तो पहिरोलाई घूर्णस्खलन अथवा वक्राकार स्खलन भनिन्छ, जसमा स्खलन सतहको आकार चम्चा जस्तो वाङ्गो (घुमेको) हुन्छ । त्यसमा स्खलन प्रक्रिया कुनै एउटा धुरी वरिपरि हुन्छ । स्लम्प (Slump) भन्नाले सानो घूर्णस्खलन बुझिन्छ । चित्र ४ मा घूर्णस्खलनका विभिन्न भागहरू देखाइएका छन् ।



चित्र ४ : घूर्णस्खलनका विभिन्न अवस्थाहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

स्थानान्तरित स्खलन (सीधा पहिरो) ***(Translational Slide)***

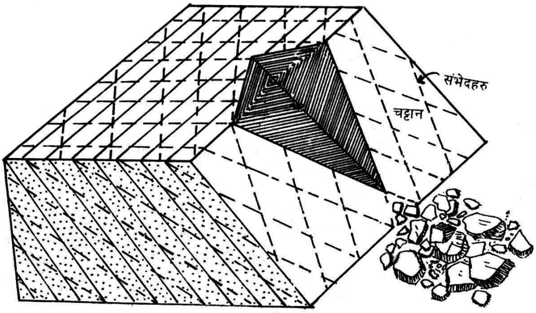
स्थानान्तरित स्खलनमा जमिन एउटा समतल सतहमा तल र बाहिरतिर चिप्लने गर्छ । त्यस्तो पहिरोमा घुमाउरो गति हुँदैन । पहिरो जाने स्थान यदि अनुकूल भयो भने त्यो पहिरो निकै लामो पनि हुन सक्छ । यस्तो पहिरो चट्टान र ढुङ्गा-माटो दुबैमा पाइन्छ । यस्तै मिश्रित माटोमा गएको स्थानान्तरित स्खलन र यसका विभिन्न भागहरू चित्र ५ मा देखाइएका छन् ।



चित्र ५: स्थानान्तरित स्खलनका विभिन्न अवस्थाहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

फलकाकार स्खलन *(Wedge Failure)*

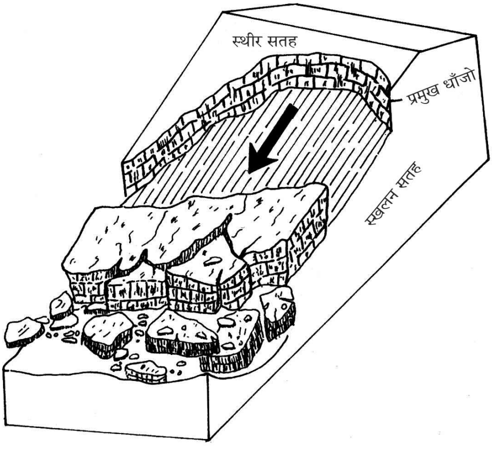
माथि उल्लेखित दुई प्रकारका स्खलन बाहेक अर्को एक पहिरो - फलकाकार स्खलन (फेसो आकारको पहिरो) नेपालमला प्रायः देख्न पाइन्छ । यस्तो पहिरो चट्टान भित्रका संभेद (Joints) अथवा चिराहरूबाट चिप्लिएर बनेको देखिन्छ । चित्र ६ मा फलकाकार स्खलन देखाइएको छ ।



चित्र ६ : फलकाकार स्खलन

सम्बद्ध स्खलन *(Block Slide)*

सम्बद्ध स्खलन भन्नाले त्यस्तो स्थानान्तरित स्खलन बुझिन्छ, जसमा गतिशील भाग एउटै ढिक्का अथवा केही एक आपसमा आवद्ध टुक्राहरूले बनेको हुन्छ र त्यो ढिक्का तलतिर चिप्लँदा नटुक्रिइकन झण्डै सिङ्गै नै रहिरहन्छ । यस्तो सम्बद्ध स्खलन चित्र ७ मा देखाइएको छ ।



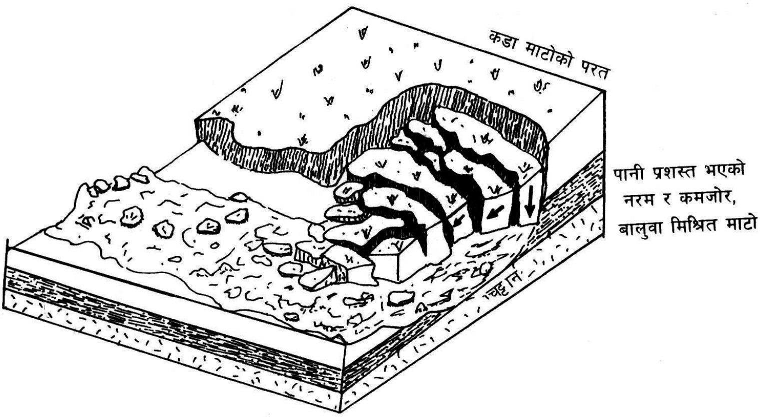
चित्र ७ : सम्वद्ध स्खलनका विभिन्न भागहरु (साभार भार्न्स्, १९७८)

परिक्षिप्त फैलन *(Lateral Spread)*

परिक्षिप्त फैलन भन्नाले त्यस्तो प्रक्रिया बुझिन्छ, जस अनुसार झण्डै सम्म परेको जमिनको माथिल्लो भागमा रहेको तुलनात्मक रुपले कडा चट्टान, माटोको परत, तल्लो भागमा अवस्थित तुलनात्मक रुपले कमजोर र तरलीकरण भएको पत्र माथि सर्दै र फैलँदै जान्छ । त्यस्तो प्रक्रियामा, उक्त नरम माटो अथवा चट्टानको परत पानीले गर्दा तरलीकरण हुन्छ र त्यसमाथि रहेको कडा भाग टुक्रिएर चारैतिर फैलिन्छ । यसप्रकार नरम पत्र तरलीकरण हुने काम भुईंचालो अथवा भूपरतमा हुने क्रमिक रासायनिक प्रतिक्रियाले गर्दा पनि हुन सक्छ । चित्र ८ मा परिक्षिप्त फैलन देखाइएको छ ।

वहन *(Flow)*

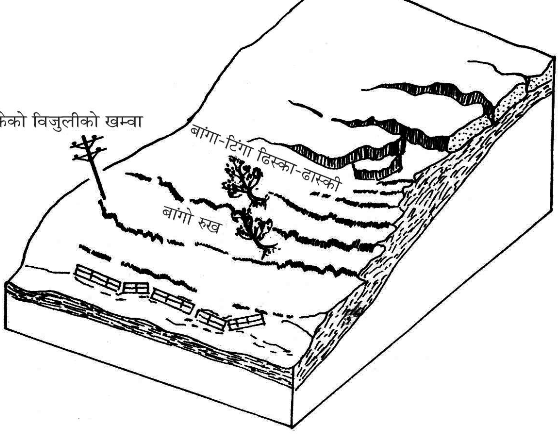
विभिन्न कारणहरूले गर्दा ढुङ्गा-माटो अथवा नरम चट्टान बगेर फैलने प्रक्रियालाई वहन भनिन्छ । यसका निम्न प्रकार छन् ।



चित्र ८: परिक्षिप्त फैलनका विभिन्न भागहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

सूक्ष्मवहन *(Creep)*

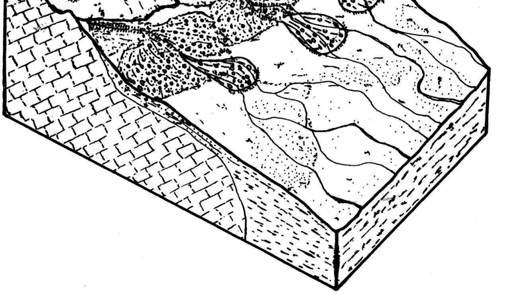
सूक्ष्मवहन भन्नाले पाखोमा रहेको ढुङ्गा-माटो अथवा चट्टान ठम्याउन नसकिने, अत्यन्त मन्द गतिले तलतिर सर्ने प्रक्रिया बुझिन्छ । त्यस्तो सूक्ष्मवहन भएका ठाउँका रुखहरू बाङ्गाटिङ्गा र पर्खालहरू नागबेली परेका हुने गर्छन् । त्यसैगरी, ढल्केका विजुलीका खम्बाहरू, जमिनमा उबडखाबड पर्नु, अथवा खेतका गरा बाङ्गिनुले पनि सूक्ष्मवहन जनाउन सक्छन् । चित्र ९ मा सूक्ष्मवहन र यसको पहिचानका चिन्हहरू देखाइएको छ ।



चित्र ९ः सूक्ष्मवहन र यसका पहिचानका विभिन्न चिन्हहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

सम्मिश्रण वहन *(Debris Flow)*

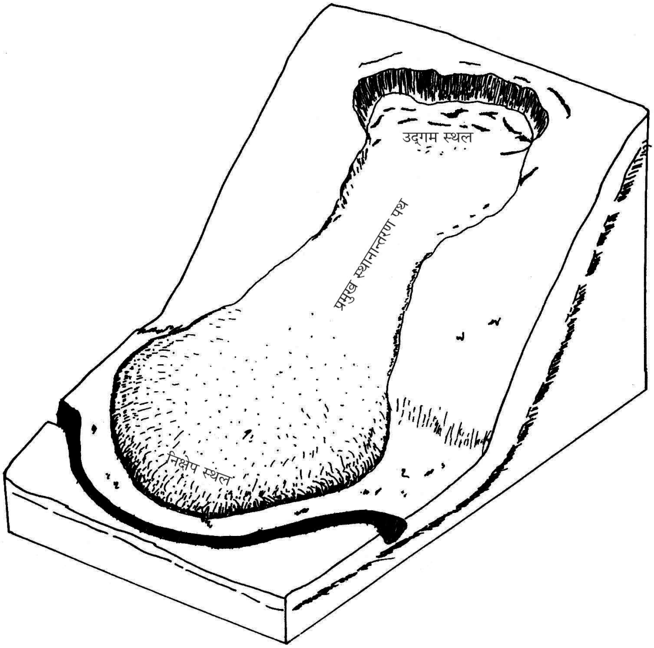
सम्मिश्रण वहन त्यस्तो खालको प्रक्रिया हो जसमा ढुङ्गा-माटो, चट्टानका टुक्रा-टुक्रीहरू, प्राङ्गारिक तत्वहरू, र रुख-पातहरूले पानी र हावाको सम्पर्कमा आई लेदो बनाउँछन् र त्यस्तो सम्मिश्रण द्रुत गतिमा तलतिर बग्दछ । सम्मिश्रण वहन हुने ठाउँहरूमा प्रायः ठाडा खोल्साहरू हुने गर्दछन् । यसैगरी, सम्मिश्रण वहनबाट जम्मा भएका ढुङ्गा-माटोले पङ्खाकार थुप्रो (Fan) पनि बनाउँछन् । चित्र १० मा सम्मिश्रण वहनको पहिलेको र अहिलेको (बन्दैगरेको) दृश्य देखाइएको छ ।



चित्र १०ः सम्मिश्रण वहनको पुरानो र नयाँ दृश्य (साभार भार्न्स्, १९७८)

भू–वहन *(Earth Flow)*

भू-वहन भएको ठाउँको रुप एउटा टेबुल घडीको शीशाजस्तै हुन्छ । अस्थीर पदार्थ सतहबाट तल बगेपछि, यहाँ कचौरा आकारको खाल्डो बन्छ । त्यो खाल्डोको मुनि लामो र साँघुरो भाग हुन्छ, जहाँबाट माटो बगेर फराकिलो हुँदै तलतिर पुग्छ । भू-वहन धेरैजसो नरम माटो तथा कमजोर र नरम चट्टानमा पाइन्छ । चित्र ११ मा भू-वहनका विभिन्न भागहरू देखाइएका छन् ।



चित्र ११: भू-वहनका विभिन्न भागहरू (साभार भार्न्स्, १९७८)

मृत्तिका वहन *(Mud Flow)*

मृत्तिका वहन भन्नाले त्यस्तो वहनलाई भनिन्छ, जसमा पानीले भिजेर लेदो बनेको माटो द्रुत गतिमा भिराले सतहबाट तलतिर बग्ने गर्छ । यस्तो वहनमा कम्तीमा ५० प्रतिशत बालुवा र माटो हुन्छ । मृत्तिका वहन कम भिरालो (३० डिग्रीभन्दा कम) सतहमा बढी पाइन्छ ।

पहिरो जाने कारणहरू

प्राकृतिक कारण वा मानवीय क्रियाकलापद्वारा पृथ्वीको स्थलरुपमा आउने परिवर्तनले गर्दा पहिरो जान्छ । कुनै स्थानको भौगर्भिक बनावट, हावापानी र विभिन्न मानवीय क्रियाकलापहरू नै पहिरो जान मद्दत गर्ने कारक तत्वहरू हुन सक्दछन् । पहिरो जाने कारक तत्वहरूलाई विभिन्न प्रकारले विभाजन गर्न सकिन्छ ।

- दीर्घकालीन (अपरिवर्तनीय) कारणहरू – अन्तर्निहित दीर्घकालीन कारणहरूमा चट्टानको आन्तरिक बनावट, त्यहाँ भएका संभेद (चिरा), तथा ढुङ्गा र माटोका आन्तरिक संरचना आदि ।
- अल्पकालीन कारणहरू – अतिवृष्टि, व्यापक रुपमा हिउँ पग्लने प्रक्रिया, भूमिगत जलको सतह घटबढ हुने क्रम, खोलाले किनारा काट्ने प्रकृति आदि ।
- सुषुप्त कारणहरू – भुईंचालो र ज्वालामुखी ।
- वातावरणमा पर्ने दुष्प्रभाव – खानी खन्दा, बाटो बनाउँदा, बाँध बनाउँदा, खेती गर्दा, पाखोलाई ठाडो गरी काट्दा आदि ।

प्रायः विभिन्न कारणहरूको आपसी अन्तर्क्रियाले पहिरो जाने गर्छ । यसको कुनै एउटा मात्र प्रमुख कारण नहुन पनि सक्छ । यस्तो प्रमुख कारण ठम्याउन गाह्रो पनि हुन्छ ।

मानवीय क्रियाकलापहरू र पहिरोको अन्तरसम्वन्ध

मान्छे र प्रकृतीबीच अन्तर्क्रिया भै नै रहन्छ । यसै क्रममा कहिलेकहीँ मानिसका क्रियाकलापहरूले पनि पहिरो निम्त्याउन सक्छन् । यसका केही उदाहरणहरू तल दिइएका छन् ।

कटान कार्य

मानिसले सडक, कुलो आदि बनाउने क्रममा पाखो भू-भागको फेद काट्दा वा खन्दा पहिरो जान सक्दछ । कुलो खन्दा पानी बग्ने पुरानो बाटोमा परिवर्तन आउँछ । पानी नयाँ बाटोबाट बग्न थाल्दा यसले कुनै ठाउँमा जमिन कटान गर्ने र कुनै ठाउँमा माटो थुपार्न सक्छ । त्यसै गरी सिंचाई कुलोले गर्दा सतहको जल प्रवाहको दिशा पनि परिवर्तन हुन सक्छ । फलस्वरुप त्यहाँको स्थलरुपमा असर पर्न सक्छ । सतहको जल प्रवाह र दिशा परिवर्तनले भूमिगत जलको सतह र प्रवाहमा पनि असर पुऱ्याउन सक्छ । यसै क्रममा भूमिगत जलको सतह माथि उठ्नगई पहिरो जाने कारण बन्न सक्दछ ।

त्यसै गरेर खेती गर्दा जथाभाबी सिंचाई गर्ने, पानी थुनेर जमाउने र झरन पानी अव्यवस्थित रुपले फ्याँक्ने जस्ता कार्यले पनि पहिरो निम्त्याउँछन् ।

अतिरिक्त भार

सन्तुलनमा रहेको कुनै एक पाखोमा अतिरिक्त भार थपिदिँदा त्यो पाखो असन्तुलित भएर अस्थिर हुन जान्छ । उदाहरणको लागि, बाटो खन्ने कार्य गर्दा सडकमुनि फ्याँकिने ढुङ्गा-माटोले पनि भू-क्षय वा पहिरो निम्त्याउन सक्दछ ।

जङ्गल फाँड्ने कार्य

जङ्गल फाँड्ने, गाईवस्तु जथाभाबी चराउने, डढेलो लगाउने जस्ता क्रियाकलापले वनस्पतिको विनाश भैरहेको छ । गाउँ-घरमा खोरिया फाँड्ने कार्यले जमिन अड्याएर राख्ने बोट-बिरुवा सखाप हुन्छन् र पछि गएर ती खोरियाहरू पहिरोका शिकार बन्न पुग्छन् ।

जमिनको भिरालोपन बढ्नु

संरचनाहरू निर्माण गर्दा जमिनको भिरालोपना तथा सतहको जल र भूमिगत जलको अवस्थामा परिवर्तन हुनु नै पहिरो जानुका मुख्य कारणहरू हुन् । खेतीबारीका गह्रा बनाउँदा, बाटो खन्दा (पाखो काट्ने र माटो थुपार्ने गर्दा) अथवा बाँध बनाउँदा त्यहाँको पाखोको भिरालोपनामा परिवर्तन आउन सक्छ । यसको विपरीत कुवा अथवा ट्युबवेलबाट पानी तान्दा भूमिगत जलको सतह तल झर्न गई पानीले माथितिर दिँदै आएको दबाव घट्न जान्छ र भिरालो ठाउँमा असर पर्नगई पहिरो जान सक्छ ।

जमिनको भिरालोपन बढ्ने कुनै पनि क्रियाकलाप नै भू-क्षय वा पहिरो जानुको कारण हुने हुनाले त्यस्तो भिरालोको स्थितिलाई असन्तुलित नबनाउनु नै पहिरोबाट बच्ने मुख्य उपाय हो । यो नै पहिरो रोकथाम गर्ने सर्वोत्तम उपाय पनि हो । तर विभिन्न संरचनाहरू निर्माण गर्दा जमिनको भिरालोपन बढ्ने सम्भावना हुन्छ । तसर्थ पहिरो गइहाल्यो भने त्यसलाई नियन्त्रण गर्नु पर्दछ ।

पहिरो जानुका केही प्रमुख प्राकृतिक कारणहरू

पहिरो भन्नाले जमिनमा रहेका ढुङ्गा, माटो, चट्टानजस्ता कुराहरू आ-आफ्नो सुरुको स्थितिबाट हलचल हुने र तिनीहरुको गतिमा आउने परिवर्तनको प्रक्रिया भएकोले यस प्रक्रियाका सहायक कारणहरू के के हुन् भन्ने छुट्याउन जरुरी हुन्छ । कुनै पनि स्थिर वस्तु गतिमा आउन वाह्य वल आवश्यक पर्छ । त्यसैले पहिरो जानुमा पनि शक्ति सन्तुलनको विशेष भूमिका रहन्छ ।
पहिरो जानुका विभिन्न प्राकृतिक कारणहरू छन् । ती मध्ये केही प्रमुख कारणहरू तल दिइएका छन् ।

हावापानी *(Climate)*

कुनै पनि ठाउँको हावापानीमा हुने दीर्घकालीन परिवर्तनले पहिरो निम्त्याउन ठूलो मद्दत गर्दछ । अतिवृष्टि र बाढीले गर्दा भीर तथा पाखाहरूमा सतह जल र भूमिगत जलको चाप बढ्न गई पहिरो जान सक्छ भने, कम पानी पर्नाले जलको सतह तल झर्छ र पहिरो जाने प्रक्रिया पनि कम हुन सक्छ ।

क्षयीकरण *(Erosion)*

वर्षाको पानीले माटो-ढुङ्गा बगाउँदै लग्ने, खोल्सा र चिराहरू बन्दै जाने र जमिनको सतहमा भू-क्षय बढ्दै जाने क्रमले कालान्तरमा त्यहाँ पहिरो जाने प्रक्रिया सुरु हुन सक्छ । त्यसैगरी खोला-नाला, नदी तथा तालहरूका किनाराको कटान हुने क्रम बढेमा पनि पहिरो जान सक्छ ।

अपक्षय *(Weathering)*

विभिन्न प्राकृतिक कारणले गर्दा पृथ्वीको सतहको चट्टान कमजोर हुन पुग्ने, फुट्ने, टुट्ने र अन्ततः माटोमा वदलिने प्रक्रियालाई अपक्षय भनिन्छ । यस्तो अपक्षय भइ पृथ्वीको सतहमा कमजोर हुन पुगेका चट्टानहरूमा वायु, पानी, तापमान तथा रासायनिक प्रतिक्रियाहरूको असर बढी हुन्छ र अन्ततः त्यस्ता चट्टानहरू कमजोर तथा खुकुला बन्न पुग्छन् । जसका कारणले पहिले स्थिर अवस्थामा रहेका चट्टानहरू विस्तारै असन्तुलित हुन पुग्छन् । कहिलेकाँही चट्टान खिइने प्रक्रियाको विविधताले एउटै सतहमा रहेको एक भाग बढी र अर्को भाग कम खिइने हुन्छ, जसको फलस्वरुप कम खिइएको भाग झुण्डिएर बस्नु पर्ने हुन्छ र पछि गएर त्यो पनि खस्न पुग्दछ ।

भुईंचालो *(Earthquake)*

बढि भुइँचालोले गर्दा पहिरो जाने मात्र नभई, भुईंचालो बढी जाने पहाडी क्षेत्रमा यसको कारणले क्रमशः उच्चस्थल बन्ने प्रक्रिया चलिराख्ने भएकाले ठाडो र भिरालो जमिन पनि बन्न पुग्छ । यो कालान्तरमा पहिरो जाने पूर्वाधार बन्दछ ।

पानीको उपस्थिति

अत्यधिक पानी नेपालको परिप्रेक्ष्यमा पहिरोको कारण बनेको छ । त्यसैले यहाँ प्रत्येक वर्षा याममा पहिरोको चाप वृद्धि भएको पाईन्छ । पानीले जमिनको सतहमा रहेका माटोका कण र मसिना टुक्राहरूलाई निरन्तर बगाउने क्रममा भू-क्षय गराउँदछ । यस क्रममा सुरुमा साना कुलेसाहरू बन्दछन् । कालान्तरमा ती कुलेसाहरू गहिरिँदै र फराकिला हुँदै खोल्सा तथा नालाहरू बन्न पुग्दछन् । यसरी पानीले जमिनको सतह खियाएर एकातर्फ भू-क्षय गराउँदछ भने अर्कोतर्फ माथिल्लो सतहमा रहेको माटोलाई

भिजाएर बग्ने अवस्थामा पुऱ्याइदिन्छ । जसको फलस्वरुप जमिनको एक तहले बहावको रुप लिन्छ र आफूसँगै त्यहाँको ढुङ्गा-माटो बगाउँछ । केही पानी जमिनको सतहबाट भित्र छिर्छ र छिर्न नसक्ने तह फेला पार्नासाथ पानीले आफू निस्कनका लागि कमजोर ठाउँहरु खोज्नथाल्छ । यस क्रममा पानीले आफू निस्कने तहलाई एउटा सीमा बनाएर त्यस माथिको भू-भागलाई असन्तुलित बनाइदिन्छ । यसरी सतहको पानी र भूमिगत पानी पनि पहिरोका कारणहरू बन्न सक्छन् ।

नदी कटान

नदी-नालाहरु बग्ने क्रममा आफ्नो छेउ-छाउको जमिन काट्दा यस्तो जमिनको भिरालेपन बढ्न जान्छ, यसको फलस्वरुप पहिरो जान सक्दछ । त्यस बाहेक नदी-नालाहरूले कहिलेकाहीँ आफ्ना छेउछाउमा रहेका ठूलठूला चट्टानका साथै रुखबिरुवाहरू पनि बगाएर लैजान्छन् । यस क्रममा चट्टान तथा रुखबिरुवाहरूले अड्काएर राखेको ढुङ्गा-माटो खुकुलो हुन पुग्दछ र पहिरो जाने सम्भावना बढ्छ । यसका साथै नदी-नालाहरूले एक ठाउँको ढुङ्गा-माटो बगाएर अर्को ठाउँमा थुपार्दा कहिलेकाहीँ स-साना तलाउहरू बन्न सक्दछन् । ती तलाउहरू बन्दा त्यहाँ वरिपरि रहेको ढुङ्गा-माटो तरलीकरण हुनपुग्दछ, जहाँ कालान्तरमा पहिरो जान सक्दछ ।

पहिरो नियन्त्रण गर्न भ्रम निवारण गर्नु आवश्यक

पहिरो एक प्राकृतिक प्रकोप भएको हुँदा पूर्ण रुपमा सबै पहिरालाई सधैंका लागि नियन्त्रण गर्न सकिदैंन । तर समस्याको कारण पत्ता लागेपछि त्यसको समाधान पनि निकाल्न सकिन्छ । त्यसैले पहिरो जाने कारण पत्ता लागेपछि यसको नियन्त्रण पनि गर्न सकिन्छ । यसका लागि सबैभन्दा पहिले निम्न भ्रमहरू हटाउन जरुरी छ ।

पहिलो भ्रम के हो भने, धेरै पहिराहरू मानिसका गतिविधिका कारण जाने गर्छन्, तथापि मानिसले यो स्वीकार्न तयार हुँदैन । फलस्वरुप परोक्ष रुपमा उसले पहिरो जान मद्दत पुऱ्याइरहेको हुन्छ ।

दोस्रो भ्रम, सामान्य जनताले पहिरो नियन्त्रणका लागि केही गर्नै सक्तैनन् भन्ने हो । तर वास्तवमा ठूला-ठूला संरचनाहरू निर्माण गर्दा समेत सामान्य जनताको भूमिका महत्वपूर्ण हुन्छ । त्यसैले पहिरो नियन्त्रणको सामान्य ज्ञान भएमा सर्वसाधारणले पनि यसलाई रोक्न ठूलो मद्दत गर्न सक्छन् ।

तेस्रो भ्रम भनेको, पहिरो रोक्न ठूला संरचना नै चाहिन्छन् भन्ने हो । अधिकांश पहिराहरू कालान्तरमा आफैँ स्थिर भएको पाइन्छ । यसले के देखाउँछ भने पहिराहरू प्राय: साधारण क्रियाकलापपछि रोकिन्छन् वा नियन्त्रित हुन्छन् ।
चौथो भ्रम भनेको पहिरोको नियन्त्रणमा खर्च गर्न मन नपराउनु हो । पहिरोले लगेको जमिन अधिकांश मानिसले त्यसै छोडेको पाइन्छ । त्यसबाट कुनै आर्थिक लाभ हुँदैन

भनिन्छ । वास्तवमा अहिले जङ्गल मासिएको स्थितिमा रुख, दाउरा, घाँस आदि प्राप्त गर्न र विभिन्न फलफूल तथा अम्रिसो, अलैंची जस्ता नगदेबाली लगाउन पनि त्यस्ता क्षेत्रहरुको प्रयोग गर्न सकिन्छ । तसर्थ आर्थिक फाइदा दिनसक्ने जमिनलाई पहिरो गएका कारण छोड्नु पर्ने कुनै आवश्यकता छैन ।

पहिरो रोकथामका विभिन्न उपायहरू

पहिरोको आकार, गहिराई र ढुङ्गा-माटोको वनावटका आधारमा पहिरो नियन्त्रण गर्ने प्रक्रिया पनि फरक-फरक हुन्छन् । पहिरो गइसकेको छ भने त्यसको इतिहास, एवं विकास, विस्तार र प्रकारका आधारमा नियन्त्रणका उपायहरू मध्ये सही प्रविधि छान्नु पर्ने हुन्छ । नियन्त्रणको आधारमा पहिरोलाई चार प्रकारमा विभाजन गर्न सकिन्छ ।

- सामान्य वनस्पतिको उपयोग गरेर नियन्त्रण गर्न सकिने पहिराहरू
- सामान्य वनस्पतिको साथमा साना इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू निर्माण गरेर नियन्त्रण गर्न सकिने पहिराहरू
- महँगो प्रविधि र ठूला संरचना प्रयोग गरेर नियन्त्रण गरिने पहिराहरू सामान्यतः नियन्त्रण गर्न नसकिने पहिराहरू

यस पुस्तिकामा महँगो प्रविधिद्वारा पहिरो नियन्त्रण गर्ने तरिका उल्लेख गरिएको छैन । यस पुस्तकको मुख्य उद्देश्य गाउँ-घर तथा खेत बारीका पहिराहरू स्थानीय स्रोत साधन र प्रविधिको सक्दो प्रयोग र सामान्य खालका संरचनाहरू निर्माण गरी नियन्त्रण गर्न प्रेरित गर्नु हो ।

पहिरो रोकथामका लागि विभिन्न प्रविधिहरूको प्रयोग हुँदै आएको छ । परापूर्व कालदेखि नै प्रयोग हुँदै आएको वनस्पतिको उपयोगलाई वैज्ञानिकीकरण गरी अहिले एउटा छुट्टै शास्त्रको रुपमा विकास गरिएको छ, जसलाई बायोइन्जिनीयरिङ्ग (Bioengineering) भनिन्छ । यस प्रविधिमा तुलनात्मक रुपमा सस्तो र सानो आकारका संरचनाहरू प्रयोग गरेर पहिराहरू नियन्त्रण गरिन्छ । त्यसैले त्यस्ता संरचनाहरूको सामान्य जानकारी हुनु अत्यन्त लाभदायक छ । यसबारे छोटो जानकारी तल दिइएको छ ।

बायोइन्जिनीयरिङ्ग (Bioengineering)

जीवित वनस्पतिको एकल प्रयोग वा सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू, जीवित वनस्पति र निर्जीव वनस्पति (सम्पूर्ण वा आंशिक भाग) को संयुक्त प्रयोग गरेर कुनै पनि पहिरो वा भू-क्षय नियन्त्रण गर्ने कार्यलाई बायोइन्जिनीयरिङ्ग भनिन्छ ।

बायोइन्जिनीयरिङ्ग किन ?

पहिरो अथवा भू-क्षय रोक्न ठूला पर्खाल अथवा अन्य महँगा संरचनाहरू नै बनाउनु पर्छ भन्ने छैन । त्यस्ता महँगा संरचनाहरू ग्रामीण स्तरमा निर्माण गर्न पनि सम्भव हुँदैन । यस पुस्तकमा त्यसको विकल्पको रुपमा बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रविधिलाई अधि सारिएको छ । यो प्रविधिका निम्न विशेषताहरू छन् ।

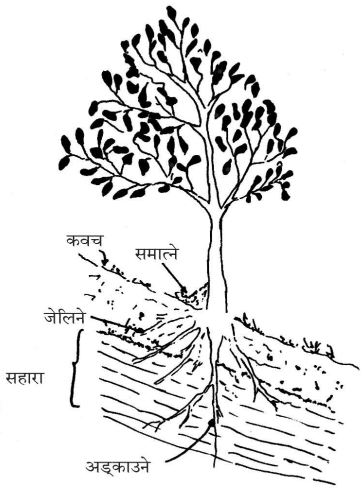
- यो प्रविधिमा चाहिने सबैजसो सामग्रीहरू गाउँमै उपलब्ध हुन्छन् ।
- यो प्रविधिमा ग्रामीण स्तरबाटै सबै संरचनाहरू बनाउन सकिन्छ ।
- यो प्रविधिद्वारा ग्रामीण स्तरबाटै भिर-पाखाको अस्थीरता र भू-क्षय घटाउन सकिन्छ ।
- यो प्रविधिमा वनस्पतिको प्रयोग हुने हुदाँ हुर्केका वनस्पतिबाट दाउरा, खर, घाँसपात आदि उपलब्ध हुन्छन्, जसले गर्दा गाउँलेहरूको आयस्रोत बढ्न सक्छ ।
- बोट-बिरुवा हुर्किएको ठाउँमा थप बोटबिरुवा र जीवजन्तु पनि हुर्कन मद्दत पुग्छ । जसले गर्दा अन्ततः पर्यावरणमा सुधार आउँछ ।

वनस्पतिका प्रमुख इन्जिनीयरिङ्ग कार्य

बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रणालीले सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग कार्यहरूका साथै अन्य प्रक्रियाद्वारा पनि पहिरो र भू-क्षय रोक्न मद्दत पुऱ्याउँछ । यसमा रुख-बिरुवाको व्यापक प्रयोग हुने हुँदा वनस्पतिले इन्जिनीयरिङ्गमा सघाउने कार्यहरूको छोटो परिचय तल चित्र नं. १२ मा दिइएको छ । ती कार्यहरू निम्न प्रकारका छन् ।

- समात्ने - वनस्पतिको फेदले वर्षाको पानीलाई ठाडै तलतिर बग्नबाट रोक्न र पानीसँगै आएको लेदोलाई नजिकै थुपार्न मद्दत गर्छ ।
- कवच - घाँसपापतहरूले जमिनको सतहलाई छोप्ने हुँदा सतहमा वर्षाको पानीको थोपा तथा बग्ने पानीको असरलाई कम गर्दछ ।
- जेलिने - वनस्पतिका जराहरू सतहको ढुङ्गा-माटोभित्र जेलिएर रहेका हुन्छन् । जसले गर्दा त्यहाँको जमिन चल्न पाउँदैन र कम गहिराइबाट बग्ने भूमिगत जल प्रवाहको असरलाई कम गर्छ ।

- अड्काउने - रुखको मुल जरा जमिनको भित्रसम्म गाडिएको हुन्छ। यसरी गाडिने क्रममा मुल जराले भिराले जमिनबाट खस्न सक्ने ढुङ्गा-माटोलाई त्यहीँ अड्काएर राख्छ।
- सहारा - रुख बिरुवाले आफ्ना मुल जरा तथा सहायक जराहरूको मद्दतबाट आफ्नो वरिपरिको माटोलाई एकत्रित पारेर राखेका हुन्छन्। यस्तो एकत्रित माटो बलियो तथा स्थिर हुने हुनाले भिरालो सतहमा रहेका थप अस्थिर ढुङ्गा-माटोलाई समेत सहारा दिन्छ।
- पानीको निकास-बोट-बिरुवाले जमिनको सतह वा सतहभन्दा मुनिको आवश्यक पानीलाई जमिनभित्र छिराई तर्काउने काम गर्छन्।

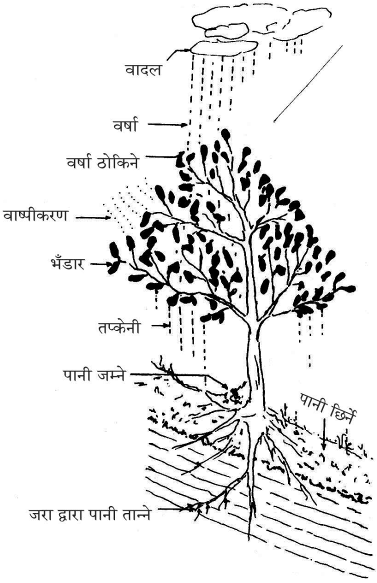


चित्र १२: वनस्पतिका विभिन्न इन्जिनीयरिङ्ग कार्यहरू

यस वाहेक बोट बिरुवाहरूले पानी पर्दा जमिनलाई विभिन्न किसिमले जोगाउँछन्। यसको उदाहरण चित्र १३ मा देखाइएको छ।

निर्जीव (सीभिल इन्जिनीयरिङ्ग) संरचनाहरू

बायोइन्जिनीयरिङ्गमा बोट-बिरुवाको ठूलो महत्व भए तापनि सवै अस्थिर भिराला भूभागलाई बोट-बिरुवाहरूद्वारा मात्रै स्थिर तुल्याउन सकिँदैन। अर्को शब्दमा भन्ने हो भने रुख-बिरुवाहरू हुर्कन केही समय लाग्ने भएकाले त्यस्ता स्थलहरू वनस्पतिको प्रयोद्वारा मात्रै सुरुमै स्थिर हुन सक्दैनन्। त्यसैले ती स्थलहरूमा पहिरो तथा भू-क्षयको रोकथाम गर्न रुख-विरुवाहरू लगाउनु अगाडि सानातिना सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचना पनि बनाउनु पर्ने हुन्छ। त्यस्ता केही संरचनाहरू तल उल्लेख गरिएका छन्।



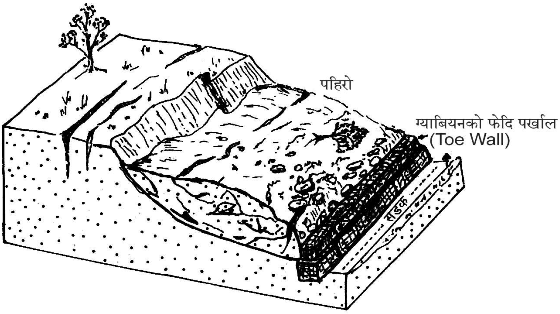
चित्र १३: पानी तथा वनस्पतिको अन्तर्सम्वन्ध

केही सानातिना सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू

- फेदी पर्खाल
- भड्खालो पुर्ने
- टेवा पर्खाल
- मान्द्रे बार
- नियन्त्रण बाँध
- ढुङ्गा छपाइ
- जुटको जाली
- सतह ढाक्ने
- फ्रेन्च ड्रेन
- तार जाली
- ढुङ्गे बालिस्ट
- भारवहन पर्खाल
- पक्की नाली
- ढुङ्गे नाली
- माटे नाली

फेदी पर्खाल *(Toe Wall)*

भिरालो जमिनको फेदीमा करिब १-२ मिटर उँचाइको पर्खाल बनाई भिरालो कम गर्ने, टेवा दिने तथा फेदीमा हुनसक्ने कटान रोक्न बनाइने संरचनालाई फेदी पर्खाल भनिन्छ । यसको मुख्य काम त्यसभन्दा माथिल्लो भागलाई सहारा दिनु हो । चित्र १४ मा फेदी पर्खाल देखाइएको छ ।



चित्र १४: पहिरो नियन्त्रणका फेदी पर्खाल

भङ्खालो पुर्ने

जमिनको सतहमा भङ्खालाहरू (ठूला खाल्डाहरू) पर्न सक्छन् । यदि त्यस्ता भङ्खालाहरू नपुर्ने हो भने तिनीहरूको आयतन बढ्दै जान्छ र पछि झन् ठूला बन्न पुग्दछन् । त्यसैले ढुङ्गाले पुरेर भिरालोको सतह मिलाउनाले भङ्खालोको विस्तार रोकिन्छ ।

टेवा पर्खाल *(Toe Wall)*

कडा र नरम दुबै प्रकारका चट्टानहरूको संयुक्त उपस्थिति भएको ठाउँमा फरक दरमा अपक्षय हुने हुँदा कडा चट्टानको दाँजोमा नरम चट्टान छिटो र बढी खिइन्छ । जसको फलस्वरुप कडा चट्टान झुण्डिएर अस्थिर अवस्थामा रहन पुग्छ । यदी तल र माथि कुनै ठाउँमा कडा चट्टान तथा बीचमा नरम चट्टान छ भने उक्त नरम चट्टानलाई खियाउने तत्वबाट बचाउन र झुण्डिएको कडा चट्टानको भाग अड्याएर राख्न तल्लो कडा चट्टानलाई जग बनाएर नरम चट्टानको ठाउँमा बनाइने पर्खाललाई टेवा पर्खाल भनिन्छ । यस्ता पर्खालहरू बनाउँदा आवश्यक परेमा भित्रको पानी निकाल्ने प्वालहरू पनि छोड्नु पर्दछ ।

मान्द्रे बार *(Watte Fence)*

भिरालो सतहमा माटोको सूक्ष्म वहन भएको छ वा माटोको लेदो बग्ने गरेको छ भने सो प्रक्रिया रोक्न र भिरालोमा साना-साना गह्राहरू बनाउन बाँसका किला (घोचा) ठाउँ-ठाउँमा गाडेर ती किलाहरूलाई बाँसकै भाटाहरूले मान्द्रो जस्तै बुनेर संरचना तयार गरिन्छ जसलाई मान्द्रे बार भनिन्छ । माथिबाट खसेका वस्तुहरू यो बारभित्र

पर्दछन् र यो विस्तारै भरिएर जमिनको भिरालोपन कम हुँदै जान्छ र विस्तारै गऱ्हाहरू पनि बन्दछन् । यसमा प्रयोग हुने बाँस दुई वर्ष पनि नटिक्ने हुनाले बिरुवाहरू तुरुन्तै हुर्काइहाल्नु पर्दछ । फोटो १५(क) मा मान्द्रे बार देखाइएको छ ।

फोटो १५ (क): मान्द्रे बार

ढुङ्गा छपाइ *(Stone Pitching)*

जमिनको क्षयीकरण रोक्न, खोल्साहरूलाई गहिरिनबाट जोगाउन तथा नालीको पीँध बलियो पार्न ढुङ्गा छपाइ गरिन्छ । यो संरचना पानी तर्काउनका लागि बनाइने नालीहरूमा पनि प्रयोयग गरिन्छ । तर ठूलो क्षेत्रमा ढुङ्गा छाप्ने कार्य अप्राकृतिक मात्र नभई बढि खर्चिलोसमेत हुने भएकाले त्यसको विकल्पमा अन्य बायोइन्जिनीयरिङ्ग विधि अपनाइन्छ । चित्र १५ (ख) मा ढुङ्गा छपाइ देखाइएको छ ।

चित्र १५ (ख): खोल्सा गहिरिनुबाट जोगाउन गरिएको ढुङ्गा छपाइ

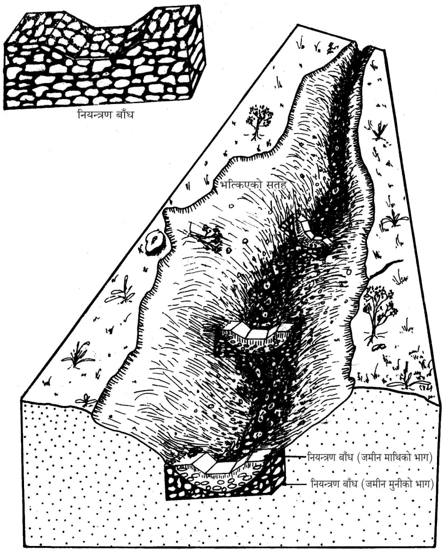
नियन्त्रण बााध *(Check Dams)*

खोल्सा परिसकेको वा नालाले काटिरहेको ठाउँमा पानीको बहाव वा धार कम गर्न अथवा पानीले बगाएर ल्याउने ढुङ्गा-माटोलाई रोकेर पीँधको भिरालोपन स्थिर राख्न बनाइने संरचना नियन्त्रण बाँध हो । त्यसैले यस्तो संरचना बनि सकेपछि पनि खोल्साको किनारा तथा पीँध कटान भएर भत्किने सम्भावना हुन्छ । त्यसैले यस्तो नियन्त्रण बाँध खोल्साका दुबै किनारा तथा पीँधको भित्री जमिनसम्म पुग्ने गरेर र पानी बग्नको लागि

निकाससमेत राखेर बनाउनु पर्दछ । लामा खोल्साहरूमा त्यस्ता धेरै बाँधहरू बनाउनु पर्दछ । चित्र १६ मा यस्तो नियन्त्रण बाँध देखाइएको छ ।

जुटको जाली *(Jute Nettting)*

भर्खरै काटिएको अथवा निक्कै भिरालो नाङ्गो जमिनमा बिरुवा हुर्काउन सजिलो बनाउन तथा वर्षाको पानीले बगाउने साना-साना कणहरूलाई अड्याएर राख्न जुटको जालीले भिरालो सतहलाई छोपिन्छ । एकचोटी जुट भिजेपछि सुक्न धेरै समय लाग्ने हुनाले निकै भिरालो तथा बलौटे जमिनमा यसको ओसिलोपनले बिरुवा हुर्कन मद्दत पुग्छ । पछि त्यहि जाली कुहिएर बिरुवालाई मलको काम पनि दिन्छ । बीउलाई छापो हाल्ने घाँस, पराल आदि अड्काउन पनि यो जालीको प्रयोग गर्न सकिन्छ । यसका लागि जालीका प्वालहरू भने अलि ठूलो हुनु पर्छ ।



चित्र १६: खोल्सामा नियन्त्रणबाँधको प्रयोग

(चित्रको माथि देब्रे कुनामा नियन्त्रण बाँधको नमूना पनि देखाइएको छ ।)

सतह ढाक्ने *(Slope Cover)*

पानी पर्ने बित्तिकै त्यो पनि जमिनले सोस्ने र त्यसले अत्यधिक नोक्सान पुऱ्याउने क्षेत्रमा सतह ढाक्ने कार्य गरिन्छ । यस्तो सतहमा चूनाको घोल छर्किने तथा प्लास्टिकले छेक्ने जस्ता कार्यहरू गर्न सकिन्छ ।

फ्रेन्च ड्रेन *(French Drain)*

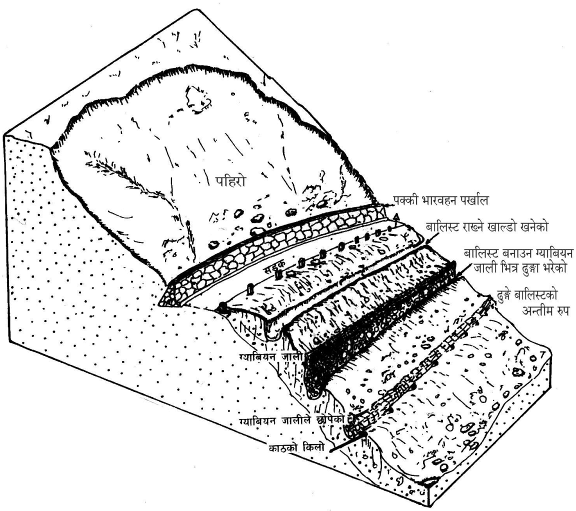
पहिरोभित्र तथा अस्थिर पाखोभित्र जम्मा भएको वा जम्मा हुने पानीलाई उक्त स्थानबाट सुरक्षित तवरले छिटो बाहिर निकाल्न बनाइने संरचनालाई फ्रेन्च ड्रेन भनिन्छ । यस संरचनामा प्रायः चारैतिर प्वाल पारिएको प्लास्टिकको पाइप प्रयोग गरिन्छ । यस्ता पाइपहरूले जम्मा भएको अथवा जम्मा हुन सक्ने पानीलाई बाहिरी सतहसम्म ल्याउने काम गर्दछन् । पानीको निकास छिटो होस् भन्नका लागि पाइको चारैतिर ढुङ्गाहरू पनि राखिन्छ । फ्रेन्च ड्रेनको प्रयोगद्वारा पानीको कारणले हुने पहिरो रोकिन जान्छ ।

तार जाली *(Wire Net)*

शीला पतन वा शैल पतन हुने ठाँउहरूमा पहिरो जानबाट रोक्न तार जालीको प्रयोग गरिन्छ । त्यसैगरी ढुङ्गाहरू टुक्रा-टुक्रा भएर निस्कने चट्टानै चट्टान भएको क्षेत्रमा पनि तार जाली प्रयोग गरेर सो प्रक्रिया रोक्न सकिन्छ ।

ढुङ्गे बालिस्ट *(Bolster)*

भिरालो जमिनलाई खण्ड-खण्ड बनाएर टुक्र्याउन र जमिनमाथि फ्याँकिएको ढुङ्गा-माटोलाई तल झर्न नदिन, भिरालो सतहमा छड्के वा तेर्सो गरेर खनेको खाल्डोमा ग्याबियन तार राखी त्यसभित्र ढुङ्गा भरेको बेलनाकार संरचनालाई ढुङ्गे बालिस्ट भनिन्छ । यसले छरिएर बगेको पानीलाई एउटै ठाउँमा ल्याउन पनि मद्दत गर्छ । यो प्रायः माटो झरेको क्षेत्रमा प्रयोग गरिन्छ । चित्र १७ मा ढुङ्गे बालिस्ट देखाइएको छ ।



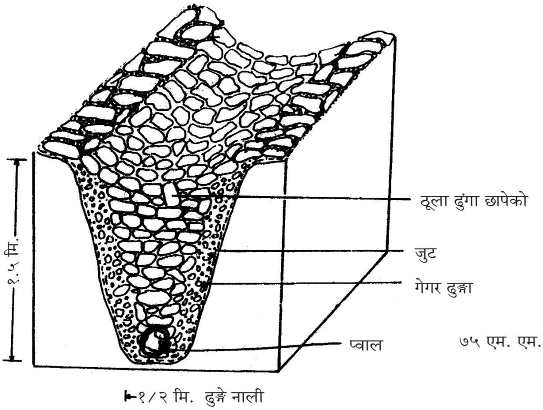
चित्र १७: ढुङ्गे बालिस्ट बनाउँदाका विभिन्न अवस्थाहरू

भारवहन पर्खाल *(Retaining Wall)*

ढुङ्गा-माटो झरेको ठाउँ भत्किनबाट जोगाउन अथवा पहिरो गएको वा जान सक्ने अस्थीर पाखो अड्याउन बनाइने संरचनालाई भारवहन पर्खाल भनिन्छ। यसको प्रमुख इन्जिनीयरिङ्ग कार्य सहारा दिनु हो । तुलनात्मक रुपले ठूलोसमेत हुने यो संरचना मुख्य गरेर माटोको दवाव वहन गर्नका लागि निर्माण गरिन्छ । माटोको बनावट, सतहको उँचाई, भिरालोपन आदिका आधारमा विभिन्न खालका भारवहन पर्खालहरू (जस्तैः ढुङ्गाको मात्र, ढुङ्गा र सिमेन्टको जोडाई भएको, ग्याबियन जालीमा ढुङ्गा भरेको वा पक्की) प्रयोग गर्न सकिन्छ । जग राख्ने आधार बलियो भएको खण्डमा मात्र भारवहन पर्खालको निर्माण गरिन्छ। यदि जग कमजोर भएमा पर्खाल लड्ने र भत्कने हुन्छ । चित्र १७ मा भारवहन पर्खाल पनि देखाइएको छ ।

नालीहरू *(Drains)*

जमिनको सतह वा केही गहिराइमा भएको पानी तर्काउन विभिन्न किसिमका नालीहरू बनाइन्छन् । जस्तै-ढुङ्गे नाली, पक्की नाली, माटे नाली इत्यादि । ढुङ्गे नाली बनाउँदा पहिले खाल्डो खन्नु पर्छ र त्यसलाई जुटको जाली वा बोराले ढाक्नु पर्छ । यसो गर्दा जमिन भित्रको पानी पनि सजिलै नालीमा आउँछ। जुटको जाली वा बोरामाथि मसिनो ढुङ्गा र बालुवाको एक तह (करिब १० -२० सेन्टिमिटर) राख्नु पर्छ । अनि नालीको सबैभन्दा गहिरो भागमा एउटा प्वाल राखी त्यसमाथि क्रमैले ठूला ढुङ्गा भर्दै जानु पर्छ। नालीको छेउ छेउमा भने मसिना ढुङ्गा र बालुवा भर्नु पर्छ। सबभन्दा माथि तिर पानी जानलाई ढुङ्गा छापेको कुलेसो बनाउनु पर्छ। चित्र १८ मा ढुङ्गे नाली देखाइएको छ ।



चित्र १८: ढुङ्गे नाली

माथि उल्लेखित साना इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू एक्लै अथवा वानस्पतिक संरचनाहरू सँगै पनि प्रयोग गर्न सकिन्छ। यस्ता संरचनाहरूको प्रयोग समयमा नै गर्न सके पहिरो रोकिने, यसको बिस्तार नभई स्थिर रहने मात्र होइन, उक्त जमिन आर्थिक एवं सामाजिक प्रयोजनका लागि पनि उपयुक्त बन्न पुग्छ ।

सानतिना इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू बनाउँदा प्रयोग हुने सामग्री

बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रणालीमा प्रयोग हुने केही सानातिना सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू कालागि आवश्यक सामग्रीहरूको विवरण तल दिइएको छ ।

क्र.सं	संरचनाको प्रकार	आवश्यक सामग्री
१	फेदी पर्खाल	ढुङ्गा र माटो
२	भङ्खालो पुर्ने	ढुङ्गा र माटो
३	टेवा पर्खाल	ढुङ्गा, सिमेन्ट र बालुवा
४	मान्द्रे बार	वाँस
५	ढुङ्गा छपाइ	ढुङ्गा
६	नियन्त्रण वाँध	ढुङ्गा, सिमेन्ट, गिट्टी र बालुवा अथवा विभिन्न साइजका ग्याबिन तार र बाकस)
७	जुटको जाली	जुटको जाली, दबदबे वा सिमलीका हाँगाहरू
८	सतह ढाक्ने	चून, प्लास्टिक
९	फ्रेन्च ड्रेन	गिट्टी, ढुङ्गा र जुटको बोरा
१०	तार जाली	ग्याबिन तार
११	ढुङ्गे बालिस्ट	ग्याबिन जाली, ढुङ्गा र फलामको छड
१२	भारवहन पर्खाल	ढुङ्गा, सिमेन्ट, बालुवा वा ग्याबिन जाली वा ढुङ्गा
१३	पक्की नाली	ढुङ्गा, सिमेन्ट र बालुवा
१४	ढुङ्गे नाली	ढुङ्गा, सिमेन्ट र बालुवा

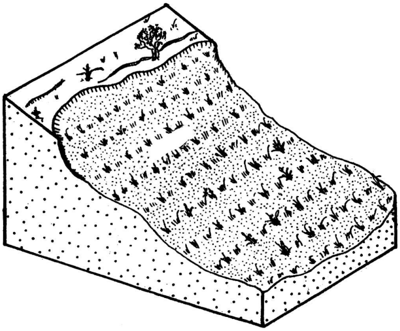
सजीव (वानस्पतिक) संरचनाहरू

बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रणालीमा साना सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरूका साथै बोट-बिरुवाहरूका पनि विभिन्न संरचाना बनाई पहिरो तथा भू-क्षय नियन्त्रणका लागि प्रयोग गरिन्छ । त्यस्ता केही वानस्पतिक संरचनाहरू तल दिइएका छन् ।

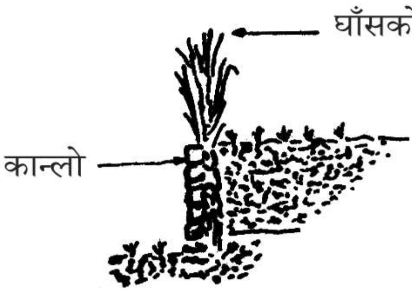
- तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने
- छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने
- ब्रश लेयरिङ्ग
- पालिसेड
- फशीन
- जीवित छेकबार
- रुख वा बुटा रोप्ने
- बाँस रोप्ने
- घाँसको बीउ छर्ने

तेर्सो लाइनमा घाँस रोप्ने (Horizontal Lines of Grasses)

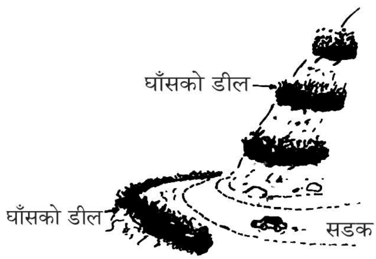
अस्थिर भिरालो जमिनमा पानीद्वारा हुने कटान वा भू-क्षय रोक्न तेर्सो लाइनमा विभिन्न जातका घाँस रोप्न सकिन्छ र यसमा तेर्सो लाइनमा रहेका एक अर्का बिरुवाको दूरी करिब १० सेन्टिमिटर तथा दुई लाइन बीचको दूरी करिब एक मिटर राखिन्छ । यो संरचना प्रायः सुख्खा पाखोमा बढी उपयोगी हुन्छ । चित्र १९ क मा तेर्सो लाइनमा घाँस रोपेको देखाइएको छ । त्यसैगरी, चित्र १९ ख मा कान्लोमा घाँस रोपेको र चित्र १९ ग मा सडकको छेउछाउमा घाँस रोपेको पनि देखाइएको छ ।



चित्र १९ क: तेर्सो लाइनमा घाँस रोपेको



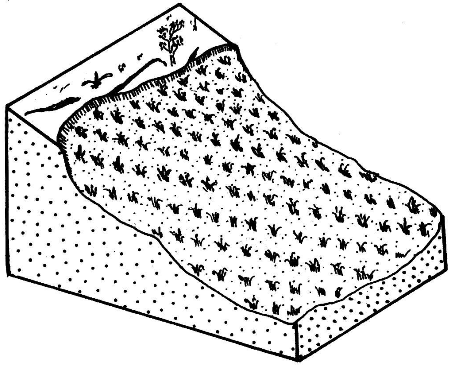
चित्र १९ ख: कान्लोमा घाँस रोपेको



चित्र १९ग: सडकको छेउछाउमा घाँस रोपेको

छड्के लाइनमा घाँस रोप्ने (Diagonal Lines of Grasses)

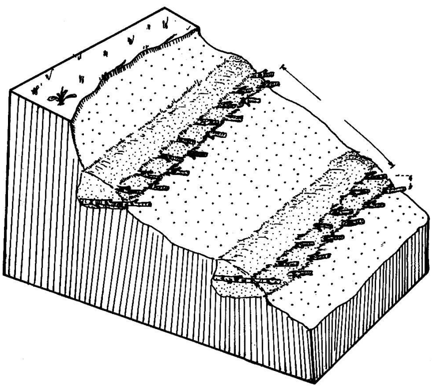
भूमिगत जल प्रवाहबाट बचाउनु पर्ने भिरालो जमिनमा वा छोटो समयमा मुसलधारे वर्षा हुने ठाउँमा जमिनले पानी सोस्ने प्रक्रियालाई कम गराउन वा वर्षाको पानीबाट सतहमा हुने क्षयीकरण रोक्न विभिन्न जातका घाँसहरू छड्के लाइनमा रोप्ने गरिन्छ । यस्तो वानस्पतिक संरचना प्रायः ओसिलो र कम भिरालो जमिनमा बढी लाभदायक हुन्छ । यसमा पनि छड्के लाइनको दूरी करिब एक मिटर हुन्छ र प्रत्येक लाइनमा १०/१० सेन्टिमिटरको दूरीमा घाँस रोपिन्छ । चित्र २० मा छड्के लाइनमा घाँस रोपेको देखाइएको छ ।



चित्र २०: छड्के लाइनमा घाँस रोपेको

ब्रश लेयरिङ्ग (Brush Layering)

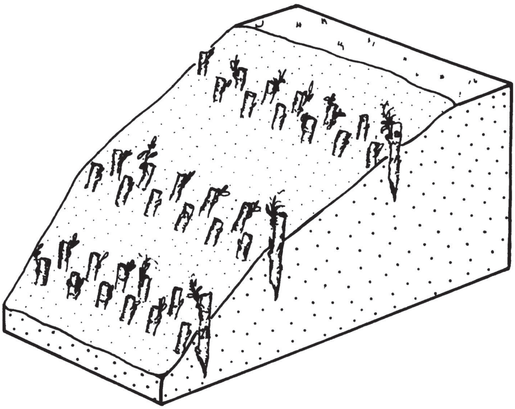
भिरालो जमिनमा सिमली, असुरो, खिर्रो जस्ता छिटो सर्ने जातका रुखका हाँगाहरू (cuttings) तेर्सो लाइनमा सुताएर रोपिने प्रक्रियालाई ब्रश लेयरिङ्ग भनिन्छ। यस्तो वानस्पतिक संरचनाले खुकुलो माटोलाई समात्ने र हाँगाहरू पलाएपछि बगेको माटोलाई समेट्ने काम गर्दछन्। यो संरचना कम भिरालो तर खुकुलो माटोले पुरेको जमिनमा बढी लाभदायक हुन्छ। ब्रश लेयरिङ्गमा करिब ४० सेन्टिमिटर चौडा गऱ्हा बनाउनु पर्छ र त्यहाँ करिब ५/५ सेन्टिमिटरको फरक पारी एउटै लाइनमा हाँगाहरू राख्नु पर्छ। त्यस पछि २० सेन्टिमिटर जति बाक्लो माटोको तहले छोपेर फेरि दोस्रो हाँगाको लहर पहिला लहरका हाँगाहरूको बीचमा पर्ने गरि राखेर छोप्नु पर्छ। यस संरचनाको एक लाइनदेखि अर्को लाइनसम्मको दूरी करिब एक मिटरको हुन्छ।। चित्र २१ मा ब्रश लेयरिङ्ग देखाइएको छ।



चित्र २१: ब्रश लेयरिङ्ग

पालिसेड (Palisade)

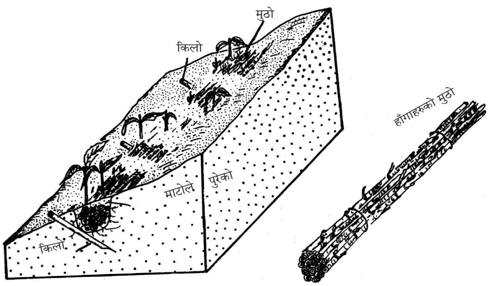
निकै भिरालो जमिनमा गऱ्हा बनाउँदा त्यो जमिन झन् अस्थिर भएर खस्ने सम्भावना धेरै हुन्छ । त्यसकारण त्यस्ता स्थलहरूमा ब्रश लेयरिङ्गको सट्टा प्वाल मात्र खनेर ठाडा हाँगाहरू गाडिन्छन् । यस संरचनामा पनि हाँगाहरूको बीचको दूरी ब्रश लेयरिङ्गमा जस्तै हुन्छ । पालिसेडको मुख्य इन्जिनीयरिङ्ग कार्य समात्ने हो । चित्र २२ मा पालिसेड देखाइएको छ ।



चित्र २२: पालिसेड

फशीन (Fascine)

सतहमा करिब २० सेन्टिमिटर गहिरो तेर्सो खाल्डो खनेर सिमली, दबदबे, खिर्रो आदि छिटो सर्ने खालका रुखका हाँगाहरू त्यसभित्र सुताएर वनाएको माटोको संरचनालाई फशीन भनिन्छ । यसो गर्दा हाँगाहरूलाई सुतरीले बाँधेर मुठा पारी खाल्डो भित्र खुकुलोसँग पुर्नु पर्छ। यसले पनि ढुङ्गे बालिस्टले जस्तै खुकुलो माटोलाई साहारा दिन्छ र कटानबाट बचाउँछ। चित्र २३ मा फशीन देखाइएको छ ।



चित्र २३: फशीन

(चित्रको दाहिनेतिर हाँगाहरूलाई सुतरीले बाँधेको मुठो पनि देखाइएको छ)

प्रमुख सन्दर्भ ग्रन्थहरू

- मेघराज धिताल, नरेन्द्र शाक्य तथा पद्म खड्का (१९९८): पहिरो र यसको रोकथाम, **माउन्टेन रिस्क इन्जिनीयरिङ्ग युनिट**

- घनश्याम अवस्थी (२०४६): *खेती बालीमा उत्पादन कसरी बढाउने*, ग्रमीण विकासका लागि शिक्षा परियोजना/शिक्षा मन्त्रालय ।

- Colorado Geological Survey (1989): *Landslide Loss Reduction. A Guide for State and Local Government Planning,* Colorado Geological Survey, Department of Nature Resources, Denver, Colorado.

- Deoja B. Dhital, M.Thapa, B., and Wagner, A. (1990): *Mountain Risk Engineering Handbook,* Vol. 1 and 2, International Centre for Integrated Mountain Development, Nepal, 875pp.

- Department of Roads (1998): *Bioengineering for Road Supervisors, Training Course, Training Manual,* Roughton International, unpublished manual.

- Howell, J.H., Clark, J.E., Lawrance, C.J., and Sunwar, I. (1991): *Vegetation Structures for Stabilising Highway Slopes:* A Manual for Nepal, 182 p.

- UNDRO (1991): *Mitigation Natureal Disasters: Phenomena, Effects and Options, a Manual for Policy Makers and Planners,* United Nations, New York, 164 pp.

- Varnes, D.J.(1978): Slope Movement Types and Processes, *In Schuster, R.L. and Krizek, R.L.(Eds.) Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, Natt. Acad.Sci.Natt.Res.Council, Spec. Rept., 11-33 p.*

१२. कुरिलो खेतीबाट भिरालो वारी व्यवस्थापन, प्रति रोपनी

क्र.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	सामग्री		
(क)	बिरुवा (कुरिलो)	संख्या	१२००
(ख)	बिरुवा (भटमासे)	संख्या	५००
(ग)	गोठेमल	डोको	१००
२	श्रम		
(क)	जमिनको तयारी	श्रम दिन	५
(ख)	१x१ फिटको खाडल तयार गर्ने र मल राख्ने	श्रम दिन	६
(ग)	बिरुवा रोप्ने	श्रम दिन	२
(घ)	हेरविचार गर्ने	श्रम दिन	५
३	औजार		
(क)	कोदालो	संख्या	२
(ख)	खन्ती	संख्या	१
(ग)	हँसिया	संख्या	१
(घ)	कुटो	संख्या	२

१०. खर वा बाबियो उत्पादन तथा रोपण (Khar / Babiyo Production & Planting)

क.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	पूर्व तयार गरिएको नर्सरीबाट ५००० बेर्ना उखेल्न र रोपणका लागि तयार गर्न	श्रम दिन, ज्यामी	१
२	५० डिग्री भन्दा बढि भिरालो मा प्रति वर्ग मिटर ८१ प्वालमा ३/३ बेर्ना रोपण गर्ने	श्रम दिन	०.३ (१० ज्यामीले ३ वर्ग मि. प्रति दिन)
३	आवश्यक सामग्री		
(क)	साबेल	संख्या	१
(ख)	खन्ती	संख्या	१
(ग)	खुकुरी	संख्या	१
(घ)	बोरा जुटको	संख्या	१

११. डाँले घाँस (Fodder Trees), प्रति रोपनी

क.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	**सामग्री**		
(क)	बिरुवा (जात र किसिम अनुसार)	संख्या	१० - १००
(ख)	गोठेमल	मे.ट	०.५
२	**श्रम**		
(क)	जमीनको तयारी	श्रम दिन	३
(ख)	बिरुवा रोप्न	श्रम दिन	२
(ग)	हेर-विचार गोडमेल	श्रम दिन	५
३	**औजार**		
(क)	कोदालो	संख्या	२
(ख)	खन्ती	संख्या	१
(ग)	हँसिया	संख्या	२
(घ)	कुटो	संख्या	३

८. अम्रीसो उत्पादन तथा रोपण (Amriso Production & Planting)

क्र.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	नर्सरी स्थापन अनुसार बेर्ना उत्पादन		
२	१००० वटा बिरुवा उखेल्न र ढुवानी गर्न	श्रम दिन, ज्यामी	१
३	सामग्री		
(क)	कोदालो	संख्या	१
(ख)	साबेल	संख्या	१
(ग)	खन्ती	संख्या	१
(घ)	खुकुरी	संख्या	१
(ङ)	कोदाली	संख्या	१
४	बिरुवा रोप्ने	श्रम दिन, ज्यामी	२

९. नेपिएर कलमी उत्पादन तथा रोपण (Napier Cutting Production & Planting)

क्र.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	नर्सरीबाट दुईवटा आँखा भएको १००० कलमी तयार गर्न	श्रम दिन	१
२	१००० वटा कलमी ढुवानी गरी रोपण गर्न	श्रम दिन	२
३	सामग्री		
(क)	खुकुरी	संख्या	१
(ख)	खन्ती	संख्या	१
(ग)	बोरा जुटको	संख्या	१

६. भेटीभर रोपण (Vetiver Planting): प्रति वर्ग मिटर

क.सं	विवरण	इकाई	परिमाण
१	**सामग्री**	नर्सरी स्थापना अनुसार	
(क)	बेर्ना उत्पादन	संख्या	
(ख)	बेर्ना		११
२	**औजार**	संख्या	
(क)	कोदालो	संख्या	१
(ख)	साबेल	संख्या	१
(ग)	खन्ती	श्रम दिन	१
३	**श्रम** प्रति ५ वर्ग मि. रोप्न (कान्लाको किनाराबाट ०.७५ मि. छोडेर प्रथम लाइन र त्यस पछि प्रत्यक १ मि. मा बिरुवाको दुरी १० से.मि. वनाएर रोप्ने)		१

७. सिरु रोपण (Setaria Planting):

क.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	नर्सरी स्थापना (जमिनबाट ३० सेन्टिमिटर माथि उठाएर तयार गर्ने)		
(क)	बीउ	ग्राम	५०
(ख)	ग्राभेल	घन मि.	०.३८
(ग)	बालुवा	घन मि.	०.३८
(घ)	गोठेमल	घन मि.	०.४६
(ङ)	बोरा जुटको	वर्ग मि.	१०
(च)	माटो	घन मि.	१.४६
(छ)	श्रम दक्ष- अदक्ष -	 श्रम दिन श्रम दिन	 १.२५ ०.७५
(ज)	सामग्री कोदालो साबेल पिक खन्ती	संख्या संख्या संख्या संख्या	१ १ १ १
२	सिरु रोपणका लागि श्रम	श्रम दिन	१
	नर्सरीबाट १००० बिरुवा उखेल्न र ढुवानी गर्न ५० डिग्री भन्दा बढि भिरालोमा प्रति वर्ग मिटरमा ८१ प्वालमा ३/३ वटा बेर्नाका दरले रोपण गर्ने।	श्रम दिन	०.३ (१ ज्यामीले ३ वर्ग मि.प्रति दिन)

५. नर्सरी स्थापना (Nursery Establishment):

क्षेत्रफल १.५ मि. १०० मि. =२० वर्ग मिटर

क्र.सं.	विवरण	इकाई	परिमाण
१	**सामग्री**		
(क)	बीउ	कि.ग्रा.	जात र प्रकार अनुसार
(ख)	रासायनिक मल - नाइट्रोजन - फसफोरस - पोटाश	कि.ग्रा. कि.ग्रा. कि.ग्रा. कि.ग्रा.	 ३० ६० ३०
(ग)	रोग/कीटनाशक विषदि	रु.	१००० (प्रकोप अनुसार)
(घ)	पोलिथिन व्याग	कि.ग्रा.	५०
(ङ)	बाँस घारा	संख्या	१२५०
(च)	खर मुठा	संख्या	१२५०
(छ)	जङ्गलको माटो, बालुवा, प्राङ्गारिक मल	भाग	१:१:१
(ज)	प्लास्टिक	वर्ग मिटर	२५
२	**औजार**		
(क)	कोदालो	कि.ग्रा.	२
(ख)	कुटो	कि.ग्रा.	३
(ग)	हँसिया	कि.ग्रा.	३
(घ)	झारी	कि.ग्रा.	२
(ङ)	स्प्रेयर	कि.ग्रा.	१
(च)	खन्ती	कि.ग्रा.	१
(छ)	जाली (माटो छान्ने)	कि.ग्रा.	१
३	**श्रम**		
(क)	नर्सरी बेड तयार गर्न	श्रम दिन	१५
(ख)	छाप्रो वनाउन	श्रम दिन	२०
(ग)	पोलिथिन व्यागमा माटो भर्न	श्रम दिन	६०
(घ)	पोलिथिन व्यागमा बीउ रोप्न	श्रम दिन	१०
(ङ)	हेर-विचार गोडमेल	श्रम दिन	१०५

बायोइन्जिनीयरिङ्गको कामका लागि गर्नु पर्ने मुख्य मुख्य कामको दर रेट

१. ढुंगाको पर्खाल (१०० मिटर): Dry Stone Wall

ढुङ्गा - १०३.५ घन मिटर (जगमा ०.६० मि. ०.६० मि. १०० मि. र
जमिन माथि ०.४५ मि. १.५ मि. १०० मि.)

दक्ष ज्यामी - २५ श्रम दिन

अदक्ष ज्यामी - १०३ श्रम दिन

२. जीवित छेकबार: १०० मिटर: Live Fencing

सामग्रीः बिरुवाहरुः केतुकी, सजिवन, सिउँडी, निलकाँडा, लहरेपीपल आदि स्थान अनुसार उपलब्ध

ज्यामी : खाडल खन्न ५ श्रम दिन

बिरुवा ढुवानी : १० श्रम दिन

बिरुवा सार्न : ५ श्रम दिन

३. बाँसको वार: १०० मिटर: Bamboo Fencing

सामग्री : बाँसको खम्बा (१ मिटरमा एउटाका दरले २ मिटर अग्लो)- १०० बाँसको घारा (कप्टेरो) (४ तह समानान्तर दुवै तर्फ बाँध्ने) - ८०० मि. र सुतली/ डोरी - ४०० टुक्रा

ज्यामी : बाँस ढुवानी र तयार गर्न १५ श्रम दिन

खाडल खन्न : ५ श्रम दिन

बार बार्न : १० श्रम दिन

४. जुट जाली (Jute Net) वृक्षा रोपण क्षेत्रको माटो वहान रोक्न : १२ वर्ग मिटरका ७ जाली

सामग्री : जुट उद्योग १.५० कि.ग्रा.

खुकुरी : १

बाँस टुक्रा : ७०

जाली फ्रेम : १

ज्यामी : दक्ष ज्यामी १

बिरुवाहरूले वातावरणमा पार्ने असर

बोट-बिरुवाहरूले वातावरणमा अन्तर्क्रिया गर्दा सकारात्मक र नकारात्मक दुबै असर पार्न सक्छ । त्यसका केही उदाहरणहरू निम्न छन् ।

बोट-बिरुवाका सकारात्मक र नकारात्मक असरहरू

क्र.सं.	वनस्पतिको इन्जिनीयरिङ्ग कार्य	असर
१	डाँठ र हाँगाहरूले तलतिर बगिरहेको ढुङ्गा-माटो अड्काउँछन् र समात्छन् ।	राम्रो
२	जराहरूले माटोका स-साना कणहरूलाई सतहमा बाँधेर राख्छन् र भू-क्षय कम गराउँछन् ।	राम्रो
३	कडा जराहरू बढेर चर्केका चट्टानहरूलाई अझ बढी खोतल्छन्	नराम्रो
४	जराहरूले रुखका वरिपरीका ढुङ्गा-माटोलाई बाँधेर एउटा वेलनाकार सतह बनाउँछन् । जसले आफू भन्दा माथितिर को भागलाई अड्याएर राख्छन् ।	राम्रो
५	मुख्य जरा वा सहायक जराहरूले सतहको पत्रलाई भित्री स्थीर पत्रसँग अड्याएर राख्छन् ।	राम्रो
६	विशेष गरेर ठूला रुखहरूलाई हावाको झोँक्काले हल्लाउँदा सतहको माटो तथा ढुङ्गा खलबलिन्छन् ।	नराम्रो

क्र.सं.	वनस्पति र पानीको अन्तरसम्बन्ध	असर
१	पातहरूले पानीका थोपाहरूलाई जमिनमा पुग्नु अगावै रोक्छन् ।	राम्रो
२	पातहरूले जमिनको पानीलाई वाष्पीकरण गराउँदछन् ।	राम्रो
३	हाँगा र पातहरूमा पानीको भण्डार हुन्छ ।	राम्रो
४	ठूला पात भएका बिरुवाहरूका पातमा जम्मा भएको पानी खस्दा माटो बढी उछिट्टिन्छ ।	नराम्रो
५	घाँसका डाँठ र पातहरूले सतहमा बगेर गएको पानीको वेग वा धारलाई घटाउँछन् ।	राम्रो
६	जराहरूले माटोबाट पानी सोसेर वायुमण्डलमा फाल्छन् ।	मौसममा भर पर्ने

सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरू

मुख्य जातहरू साल / सखुवा	प्राय: जसो सँगै हुर्किने जातहरू	सँगै हुर्किने जातहरू बाँच्ने समय	कैफियत
	साज (असना), करम (कर्मा), बाँभ्ठ (बाँझी), जामुन आदि	सधैँ	धेरै जातका बिरुवाहरू सालको जङ्गलमा हुर्किन्छन्, तर तिनीहरू थोरै मात्रामा हुन्छन् ।
चिलाउने	कटुस, धुसुन, धनेरो, खर, तीतेपाती, बनमारा आदि	सधैँ	धेरै जातका बिरुवाहरू चिलाउनेको जङ्गलमा हुर्किन्छन् तर तिनीहरू थोरै मात्रामा हुन्छन् ।
सल्लो (खोटे)	धनेरो, चिलाउने, कटुस, साल आदि	सल्लो ५ वर्ष सम्म पायोनियर भएर हुर्कन्छ । अरु बिरुवाहरू ५ वर्षमा हुर्किन्छन् र सधैँ वाँचिरहन्छन् ।	सल्लालाई पायोनियर बिरुवा जस्तो हुर्काउन सकिन्छ । उदाहरणको लागि सिन्धपालचोक जिल्लाको चौतारा ।
फूलकाँडा (सुत्केरी काँडा, कान्छी फुल)	खर, मुसे खरुकी, सिरु आदि	फूल काँडा ३ वर्षसम्म पुरानो हुन्छ ।	अरु बिरुवाहरू पहिलो ३ वर्ष सम्म हुर्काउन सकिन्छ । धनकुटा र डोटीमा यस्ता उदाहरण भेटिन्छन् ।
खयर	हल्लुँडे, बेल, खिर्रो, कदम, ढोँडे र काँस आदि	साधारणतया ४० वर्ष भन्दा माथि हुन्छ ।	खयर धेरैजसो अरु बिरुवाहरूलाई नास गर्दै हुर्किन्छ । तसर्थ यसको जङ्गलमा भू-क्षय हुने गर्दछ ।

- बिरुवाहरू सजिलो तरिकाबाट उत्पादन गर्न सकिने हुनुपर्दछ ।
- बायोइन्जिनीयरिङ्ग प्रणालीमा सकेसम्म घाँस, बुटा तथा रुखहरू सबै नै समावेश भएको वानस्पतिक संरचना प्रयोग गर्नुपर्दछ ।

बायोइन्जिनीयरिङ्गका लागि उपयुक्त केही बिरुवाहरूको नामावली तल दिइएको छ ।

क्र.सं.	घाँसहरू	बुटाहरू	रुखहरू
१	अम्रिसो	अरेरी	खयर
२	बाबियो	असुरो	बकेनो
३	ढौंडे	बैंस	चिलाउने
४	काँस	बयर	चाँप
५	खर	भुजेत्रो	चिउरी
६	सीठो	धञरु (धनेरो)	दबदबे
७	तीते निगालो बाँस	धुसुन	कटुस
८	कुश	केत्तुके	शिरीष
९	नरकट	केराउकोसे	खन्यू
१०	नेपियर (विकासे घाँस)	सिमली	पैयूँ
११	सालिमे खर	तिल्का	सिसौ
१२	ठूलो खरुकी	बाँस (विभिन्न जातका)	उत्तीस

बिरुवाहरू बीच प्रतिस्पर्धा

एकै जातका, उस्तै वा विभिन्न जातका बिरुवाहरू एकआपसमा मिलेर समूह बनाएका हुन्छन् । बिरुवाहरूलाई हुर्कन निश्चित मात्रामा तीनवटा स्रोतहरू: प्रकाश, पानी र पोषक तत्व आवश्यक हुन्छन् । सबै बिरुवाहरू आफूले सकेसम्म ती तत्वहरूको बढी उपभोग गर्न खोज्छन् । यस्तो प्रतिस्पर्धामा कमजोर बिरुवाहरू हुर्कन सक्दैनन् । त्यसैले बायोइन्जिनीयरिङ्ग कार्य गर्दा सँगै हुर्कन सक्ने जातका बिरुवाहरूलाई मात्र प्राथमिकता दिनु पर्छ । यस्ता बिरुवाका केही उदाहरण तल दिएइका छन् ।

बाँस रोप्ने (Bamboo Planting)

ठूलो, गाँजीने बाँस रोप्नाले माटोको बहावलाई रोकेर अस्थिर भिरालोलाई स्थिर तुल्याउँछ। बाँसका जराहरूले माटो जेल्नुका साथै भिरालोको फेदीलाई सहारा दिन्छन्। बाँस रोप्दा एक आपसमा दुई मिटरभन्दा बढी र एक लाइनदेखि अर्को लाइनसम्मको दूरी पाँच मिटरभन्दा बढी हुनु पर्छ। यस संरचनाले फेदी पर्खालले झैं काम गर्छ।

घाँसको बीउ छर्ने (Seed Broadcasting)

निकै भिरालो, नाङ्गो तथा अस्थिर जमिन अथवा चट्टान भएको भागमा यस्तो संरचनाको प्रयोग गरिन्छ। यसले जमिन ढाकेर कवचको काम गर्दछ। छरिएका बीउहरू बनमारा, तीतेपाती अथवा अन्य झारपातहरूबाट बनाइएको छापोले ढाक्नु आवश्यक हुन्छ। भिरालो जमिनमा उक्त छापो तथा बीउ बगेर जान नदिन ठूला कोठा भएको जुटको जालीले बाँधेर राख्नु पर्ने हुन्छ। घाँसका जरा राम्रोसँग नफैलिएसम्म यो संरचना कमजोर हुने हुनाले यसलाई टेवा पुऱ्याउन अरु साना सिभिल इन्जिनीयरिङ्ग संरचनाहरू पनि प्रयोग गरिन्छन्।

रुख तथा बुटाहरूको बीउ रोप्ने (Tree an Grass Seeding)

निकै अप्ठ्यारो भिरालो वा बाँङ्गोटिङ्गो चट्टानी भागमा बिरुवा रोप्न गाह्रो हुन्छ, त्यसैले त्यहाँ सीधै बीउ नै रोपिन्छ। भुजेत्रो, भोर्ले आदिको ठूलो आकारको बीउलाई चिरा परेको अस्थीर चट्टानी भागमा सीधै रोप्न सकिन्छ। तिनीहरूको लामो मूल जराले चर भित्रसम्म पुगेर चट्टानलाई अड्काएर राख्दछ।

माथि उल्लेखित इन्जिनीयरिङ्ग तथा वानस्पतिक संरचनाहरूको प्रयोग समयमा नै गर्न सके पहिरो तथ भू-क्षय नियन्त्रण मात्र नभइ, उक्त जमिनलाई आर्थिक एवं सामाजिक प्रयोजनका लागि पनि उपयुक्त बनाउन सकिन्छ।

बायोइन्जिनीयरिङ्गका लागि बिरुवाहरूको छनौट

बायोइन्जिनीयरिङ्गका लागि उपयुक्त वनस्पतिहरूको छनौट गर्दा निम्न कुराहरूमा ध्यान दिनु आवश्यक हुन्छ।

- बिरुवाहरू त्यहाँको वातावरणमा हुर्किनसक्ने खालको हुनुपर्दछ।
- बिरुवाहरू सजिलैसँग र प्रशस्त मात्रामा उपलब्ध हुनुपर्दछ।
- बिरुवाहरू छिटो बढ्ने खालका हुनुका साथै कठोर अवस्थामा पनि हुर्कन सक्ने हुनुपर्दछ।
- विरुवहरूले अस्थिर भिरालोलाई स्थिर तुल्याउनका लागि गर्नु पर्ने इन्जिनीयरिङ्ग कार्य गर्न सक्षम हुनुपर्दछ।

जीवित छेकबार (Live Check Dam)

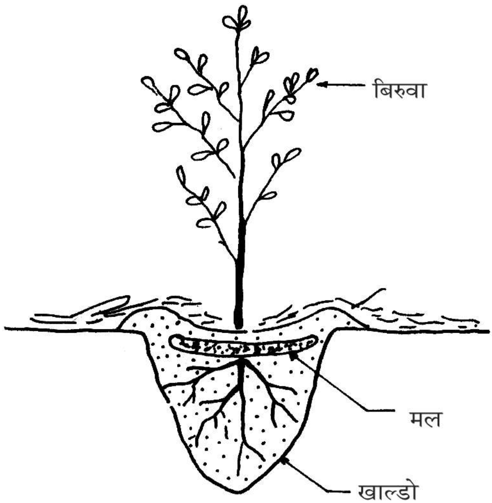
साना खोल्साहरूमा पक्की नियन्त्रण बाँधको सट्टा जीवित छेकबार पनि लगाउन सकिन्छ। यो छेकबार छिटो सर्ने रुख तथा बुटाका हाँगाबाट बनाइन्छ। खोल्सा परेको ठाउँमा खन्तीले प्वाल पारेर हाँगाहरूलाई बिस्तारै होशियारी पूर्वक प्वालमा ठाडो पारेर रोप्नु पर्छ र वरिपरिको माटोलाई राम्ररी थिच्नु पर्छ। यसमा हाँगाहरू झण्डै ३० सेन्टिमिटर जति जमिनको सतहबाट माथि निस्किएको हुनु पर्छ।

जीवित छेकबारको माथितिर काम नलाग्ने हाँगाहरू गाडेर मान्द्रे बारमा जस्तै बार (टाटी वा फरिको) बनाउन पनि सकिन्छ। यसरी बनाएको बार खोल्साको दुबै किनारामा राम्ररी अड्काउनु पर्छ। त्यसको ५० सेन्टिमिटर माथि अर्को बार पनि बनाउनु पर्छ। त्यसपछि दुबै बार बीचको खाली ठाउँ साना ढुङ्गाले भर्नु पर्छ।

यसरी बनाएको छेकबारले बगेको माटो समात्नुका साथै खोल्सालाई चौडा हुन र गहिरिनबाट बचाउँछ।

रुख तथा बुटा रोप्ने (Tree and Shrub Planting)

रुख तथा बुटा रोप्ने कार्य कम भिरालो जमिनमा बढी उपयुक्त हुन्छ। यो वानस्पतिक संरचना भिरालोको मध्य तथा तल्लो भागमा प्रयोग गरिन्छ। यो संरचनामा रुख वा बुटाका बेर्नाहरू करिब एक मिटरको दूरीमा लहरै रोपिन्छन्। ती बिरुवाहरू हुर्किएपछि जमिनलाई जराहरूद्वारा जेल्ने, अड्काउने र साहारा दिने काम गर्छन्। बिरुवाको छनौट गर्दा कोसेदार बिरुवाहरूलाई प्राथमिकता दिइन्छ। त्यस्ता बिरुवाहरूले अस्थिर जमिनको उर्वरा शक्ति पनि बढाउँछन्। चित्र २४ मा बिरुवा रोपेको देखाइएको छ।



चित्र २४: बिरुवा रोपेको