



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE



## Vegetation som förstärkningsmetod, etapp 2

Statusrapport och uppföljning av demonstrationsförsök  
i Bispgården

KARIN RANKKA

Varia 552

LINKÖPING 2005





**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**  
**SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

# Varia 552

## Vegetation som förstärkningsmetod, etapp 2

Statusrapport och uppföljning av demonstrationsförsök  
i Bispgården

KARIN RANKKA

<b>Varia</b>	Statens geotekniska institut (SGI) 581 93 Linköping
Beställning	SGI, Informationstjänsten Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: <a href="mailto:info@swedgeo.se">info@swedgeo.se</a> Internet: <a href="http://www.swedgeo.se">www.swedgeo.se</a>
ISSN	1100-6692
ISRN	SGI-VARIA--05/552--SE
Projektnummer SGI	12372

**INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

<b>Förord</b> .....	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Projektet vegetation som förstärkningsmetod</b> .....	<b>10</b>
1.1 Bakgrund .....	10
1.2 Etapp två .....	10
<b>2 Demonstrationsförsök i Bispgården</b> .....	<b>11</b>
2.1 Bakgrund .....	11
2.2 Geologisk, geoteknisk och hydrologisk beskrivning av området runt Bispgården .....	11
2.2.1 Geologi.....	11
2.2.2 Geoteknik.....	12
2.2.3 Hydrologi.....	17
2.3 Beskrivning av erosionsförebyggande åtgärder .....	17
2.3.1 Byggmetoder.....	18
2.3.2 Planter och växtmaterial .....	19
2.4 Arbete med ingenjörbiologiska metoder i Bispgården.....	20
2.4.1 Yta A, häck-grenlagermetoden .....	20
2.4.2 Yta B, avbaningsmassor täckta av erosionsmatta.....	25
2.4.3 Yta C, samkross täckt av förnan .....	27
2.5 Uppföljning av växtligheten och erosion.....	27
2.5.1 Översiktlig besiktning 28 – 30 juni 2004.....	27
2.5.2 Inventering 10 augusti 2004 .....	29
2.5.3 Inventering 6 – 7 september 2004.....	34
2.5.4 Inventering 13-14 oktober 2004 .....	39
2.6 Mätning av nederbörd, portryck och ytavrinning.....	41
2.6.1 Nederbördsmätare .....	41
2.6.2 Portrycksmätare .....	46
2.6.3 Mätning av ytvattenavrinning .....	49
2.7 Planerade arbeten och mätningar under 2005.....	51
<b>3 Demonstrationsförsök i Bydalen</b> .....	<b>52</b>
3.1 Bakgrund .....	52
3.2 Geologisk, geoteknisk och hydrologisk beskrivning av området runt Lekarån vid Bydalen. ....	53
3.2.1 Geologi.....	53
3.2.2 Geoteknik.....	54
3.2.3 Hydrologi.....	54
3.3 Förslag till åtgärder.....	54
3.3.1 Allmänna åtgärder.....	55
3.4 Beskrivning av åtgärdernas utförande .....	56
3.4.1 Sådd av gräs .....	56
3.4.2 Plantering av rotade plantor .....	56
3.4.3 Häck-grenlagermetoden.....	56

3.5	Växtmaterial .....	56
3.5.1	Arter .....	57
3.5.2	Kapning grenar .....	57
3.5.3	Lagring av växtmaterial .....	57
3.5.4	Antal växter och grenar.....	57
3.6	Arbetets utförande .....	57
3.7	Planerade arbeten och mätningar under 2005.....	57
	<b>Bilaga 1. Principskiss visande häck-och grenlager .....</b>	<b>59</b>
<b>4</b>	<b>Referenser .....</b>	<b>60</b>

## FÖRORD

Räddningsverket, SRV, och Statens geotekniska institut, SGI, driver och finansierar gemensamt sedan 2002 projektet Vegetation som förstärkningsmetod, etapp 2. Till projektet bidrar även Vägverket region Mitt och Sveriges Lantbruksuniversitet. Projektet föregicks av en litteraturstudie inom ämnesområdet ingenjörbiologi som genomfördes av SGI och bekostades av SRV.

Föreliggande rapport beskriver projektet och redovisar det första årets erfarenheter och resultat från ett demonstrationsförsök i Bispgården, Jämtlands län. Dessutom beskrivs ett kommande demonstrationsförsök i Bydalen.

Arbetet har skett i samråd med en arbetsgrupp bestående av Margareta Nisser, SRV, Barbro Näslund-Landenmark, SRV, Kaj Rolf, Sveriges Lantbruksuniversitet och Mikael Ånäs, Vägverket region Mitt.

Demonstrationsförsöket i Bispgården finns även beskrivet i ett examensarbete utfört av Strand Hübinette (2004).

Författaren vill tacka alla som på olika sätt har bidragit till genomförandet av demonstrationsförsöket i Bispgården och till uppstarten av försöken i Bydalen. Ett speciellt tack riktas till Alf Hurtigh och Bengt Hannersjö, Vägverket region Mitt, Peter Norrbom och Andreas Andersson, PEAB, Kjell Hidsjö, FM Geo samt alla byggarbetare i Bispgården som alltid ställer upp med en hjälpande hand.

Foton är tagna av författaren om annat ej framgår av bildtexten.

Linköping februari 2005

Karin Rankka

## SAMMANFATTNING

### Inledning

Räddningsverket, SRV, och Statens geotekniska institut, SGI, driver och finansierar gemensamt sedan 2002 projektet Vegetation som förstärkningsmetod, etapp 2. Vägverket, region Mitt, och Sveriges Lantbruksuniversitet bidrar också till projektet. Projektet föregicks av en litteraturstudie inom ämnesområdet ingenjörbiologi som genomfördes av SGI och bekostades av SRV.

Ingenjörbiologi avser läran om olika metoder att använda levande växtmaterial, eventuellt i kombination med dött växtmaterial, som byggmaterial. Exempelvis kan växter användas för att minska erosion genom regn och vind, förhindra snölaviner och ytliga ras och för att motverka nedkylning av de övre jordlagren.

Syftet med etapp 2 är att introducera ingenjörbiologiska metoder i Sverige genom två demonstrationsprojekt. Dessutom är syftet att inhämta kunskap om växters funktion och effekt på stabiliteten från två projekt i Sverige.

Två områden har valts ut som demonstrationsförsök; Bispgården och Bydalen i Jämtlands län. I dessa områden studerades växt- och markförhållanden under augusti 2002. Demonstrationsförsöket i Bispgården startade på allvar under våren 2004. Etablering av vegetation utfördes i maj 2004 och installation av mätutrustning under sommaren. Demonstrationsförsöket i Bydalen kommer att utföras under våren 2005.

### Demonstrationsförsöket i Bispgården

Vägverket, region Mitt, bygger ny sträckning av länsväg 87 mellan Döda Fallet och Bispgården i Jämtlands län, se Figur 1. Projektet omfattar totalt 7,5 km nybyggnad av väg, byggande av fem broar, samt 2,1 km ombyggnad av befintlig väg. Vägen går över ett starkt kuperat ravinområde längs norra sidan av Indalsälven. Jorden i området visar tecken på stark benägenhet för flytning och erosion. Olika typer av erosionskydd angavs i Vägverkets förfrågningsunderlag för skärningsslänterna.

Projektgruppen tog kontakt med byggherren, Vägverket region Mitt, och entreprenören, PEAB, vilka båda ställde sig positiva till ett demonstrationsförsök.

Under våren 2004 stabiliserades en skärningsslänt längs väg 87 utanför Bispgården i Jämtlands län, med hjälp av växter planterade i diken grävda tvärs över slänten. Angränsande slänter stabiliserades med konventionella metoder.

Skärningsslänten utanför Bispgården är en 4–7 m hög erosionskänslig silt- och sandslänt. Under vårvintern 2004, före etableringen av växter, orsakade tjällossning och regn hävning och erosion i slänten. I maj 2004 etablerades såväl orotade som rotade växter i fyra diken och mellan dikena såddes gräs.

I försöket utanför Bispgården klarade växterna den första säsongen mycket bra. I stort sett alla de rotade plantorna klarade etableringen och grönskade. De orotade grenarna som hade en relativt stor diameter, omkring 5–7 cm, grönskade bra medan flera klenare grenar torkade ut under etableringen och dog senare. Gräset grodde dåligt och erosion har skett mellan dikena under året. Dikena har dock legat stilla och alltså har de stabiliserat jorden bra. Ett övervakningssystem har installerats i slänten. Nederbörd och



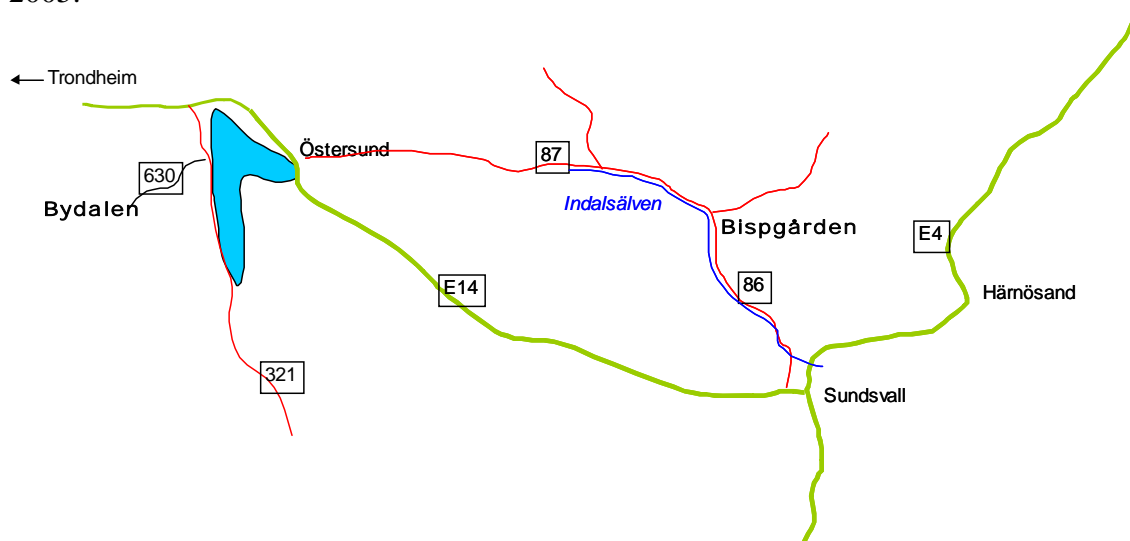
portryck mäts kontinuerligt. Ett system för mätning av ytavrinning har installerats och det kommer att användas under sensommaren 2005.

### Demonstrationsförsöket i Bydalen

Vägverket, region Mitt, skall låta bygga om en cirka 4 km lång sträcka av väg 630 vid Bydalen mellan Överhallen och Höglekardalen i Jämtlands län, se Figur 1. Vägen går i skärning på södra sidan om sluttningar i nord-sydlig riktning ner från Västerfjället och begränsas i söder av Lekarån. Delar av den aktuella sträckan utgörs längs den norra sidan av bergsskärningar men den största delen går i jordskärning. Jorden i området utgörs av erosionsbenägen siltig morän.

I flera av dessa jordskärningar syns spår efter aktiv erosion. Området ligger i ett av de mer nederbördsrika områdena i Sverige och vid kraftig nederbörd rinner ytvatten ner från sluttningarna mot vägen och drar med sig den lätteroderade jorden i skärningsslänterna. Grundvatten sipprar fram ur den skiktade jorden och förorsakar inre erosion och yterrosion. Totalt nio skärningslänter är i behov av erosionsskyddande åtgärder.

Slänterna kommer att erosionsskyddas under vårvintern 2005. Projektgruppen har föreslagit lämpliga ingenjörbiologiska byggmetoder och gruppen kommer att medverka vid arbetena och följa upp växternas funktion på stabiliteten. Ett övervakningssystem bestående av mätning av nederbörd och markfuktighet kommer att installeras i juni 2005.



Figur 1. Karta med demonstrationsförsöken i Bispgården och Bydalen markerade.

## SUMMARY

The Swedish Rescue Services Agency, SRSA, and the Swedish Geotechnical Institute, SGI, finance and run together a project called "Vegetation as mean for slope stabilisation". The project was preceded by a literature survey in the field of soil-bioengineering, run by SGI and financed by SRSA

In the field of soil-bioengineering living plants are used as building material, either alone or in combination with non-living material. For instance plants may be used as shallow erosion protection, as avalanches prevention and to reduce the freezing depth in soils.

The aim of the project is to introduce soil-bioengineering methods in Sweden through two demonstration-projects and to get experiences regarding the function and effect of plants on the slope stability for Swedish conditions.

Two areas have been selected as demonstration sites; Bispgården and Bydalen in the county of Jämtland in the middle part of Sweden. The plant- and soil conditions have been studied in these sites and the test in Bispgården started in the spring of 2004. Hedge-brushlayers were made in May and measuring equipment was installed in the summer of 2004. The demonstration tests in Bydalen will start in the beginning of 2005.

### The test site in Bispgården

On the north side of the river Indal the Swedish Road Administration is building a new part of county road 87, see Figur 1. The new road passes through a gully area. The gullies consist of strongly erodible silt and sand material. All cuttings have to be protected against erosion and shallow slides. One of these cuttings where selected as test site.

The selected cutting is between 6 and 7 meters high consisting of silt and sand. The cutting was divided into three areas where different methods were to be tested. Four hedge-brushlayers with a length of 50 meters each, were build in one part of the slope. The other parts were protected by more traditional methods.

The plants in the hedge-brushlayers managed the first season very good (2004). Almost all bare-rooted plants survived the replanting and verdured. Those cuttings having a relatively large diameter, between 5-7 cm and more, verdured whilst many thinner cuttings dried between during planting. On the area in between the different hedge-brushlayers grass was planted. The grass did not sprout successfully and erosion has taken place between the layers. In the layers, though, only small parts have been affected by erosion. Precipitation and pore pressure reading are taken continuously during the warm season in the slope. A system for water run-off measurements has been installed which will be used in late summer 2005.

### The test site in Bydalen

The Swedish Road Administration is rebuilding 4 km of country road 630 around Bydalen in the county of Jämtland, see Figur 1. The road is situated on the south side of the mountain Västerfjället and on the north banks of the river Lekarån. The road is cut into the mountain, mostly consisting of soil cuttings but also rock cuttings. The soil is built up by easily eroded silty till.

In many of these cutting scars from active erosion is seen. The area has one of the highest annual precipitation amount found in Sweden and during heavy rain falls surface water runs on the slope surfaces towards the road bringing soil material. Groundwater is percolating also horizontally out to the slope surface due to heavily layered soils. Altogether nine cuttings are in need of preventive measures.

The slopes will be protected against erosion in the spring of 2005. The project group has suggested suitable bio-engineering methods and they will contribute in the building process and follow up the function of the plants. A measuring system consisting of precipitation gauge and soil moisture gauges will be installed in June 2005.

## 1 PROJEKTET VEGETATION SOM FÖRSTÄRKNINGSMETOD

### 1.1 Bakgrund

Problem med erosion och ytliga skred i branta slänter är vanligt förekommande längs älvar, åar, vägar och järnvägar i Sverige. Under senare år har problemen ökat genom kraftiga regnoväder. Vanligt förekommande metoder i Sverige att stabilisera erosionskänsliga slänter är utläggning av stenkross eller sådd av snabbväxande grässorter kombinerat med konstgödsel. I några mycket branta slänter har även jordspikning använts. Dessa metoder är ur olika synvinklar inte så attraktiva. Stenkross, och speciellt jordspikning, är dyra lösningar och de är inte så estetiskt tilltalande. Grässådden ger endast en mycket ytlig stabilisering, eftersom rötterna är ytliga, och blir ofta artfattig under mycket lång tid. Att som alternativ kunna använda vedartad vegetation, som ger en mer djupverkande rotutveckling, i en slänt innebär estetiska och kostnadsmässiga fördelar jämfört med konventionella metoder.

På Statens geotekniska institut drevs under 2001 den första etappen av ett projekt kallat "Vegetation som förstärkningsmetod". Syftet med den första etappen var att inventera den befintliga kunskap som finns inom området ingenjörbiologi, främst utomlands, och värdera möjligheten att använda ingenjörbiologiska metoder i Sverige. Arbetet syftade också till att värdera de existerande beräkningsmetoderna och tillämpningsområdena för vegetation som förstärkningsmetod av branta jordslänter. Resultaten av projektet finns i rapporten "Slå rot och väx upp eller Vegetation som förstärkningsmetod. En litteraturstudie" (FoU rapport, Räddningsverket, Karlstad, 2002). Räddningsverket finansierade denna första etapp.

### 1.2 Etapp två

Under arbetet med etapp 1 framkom att intresset för de ingenjörbiologiska metoderna vara stort i de kommuner längs norrlandsälvarna som ofta drabbas av skred och ras. Därför diskuterades möjlighet att använda ingenjörbiologiska metoder i något område i Norrland. Med hjälp av anslag från Räddningsverket och Statens geotekniska institut påbörjades förberedelserna för demonstrationsförsök i mars 2002. Referensgruppen gjorde under detta år även ett studiebesök till Italien med syfte att studera utförda ingenjörbiologiska byggmetoder och knyta kontakter. Demonstrationsförsöken utgör etapp två i projektet. Syftet med etapp 2 är att introducera ingenjörbiologiska metoder i Sverige genom två demonstrationsprojekt. Dessutom är syftet att inhämta kunskap om inhemska växters funktion och effekt på stabiliteten från två projekt i Sverige.

Två områden har valts ut som demonstrationsförsök; Bispgården och Bydalen i Jämtlands län. I dessa områden studerades växt- och markförhållanden under augusti 2002. Demonstrationsförsöket i Bispgården startade på allvar under våren 2004. Etablering av vegetation utfördes i maj 2004 och installation av mätutrustning under sommaren. Erfarenheter från försökets första år finns redovisade i denna rapport (Kapitel 2).

Demonstrationsförsöket i Bydalen kommer att utföras under våren 2005. I denna rapport beskrivs området och de föreslagna åtgärderna (Kapitel 3).

## 2 DEMONSTRATIONSFÖRSÖK I BISPGÅRDEN

### 2.1 Bakgrund

Vägverket, region mitt, bygger ny sträckning av länsväg 87 mellan Döda Fallet och Bispgården i Jämtlands län. Projektet omfattar totalt 7,5 km nybyggnad av väg, 2,1 km ombyggnad av befintlig väg och nybyggnad av fem broar. Vägen går över ett starkt kuperat ravinområde längs norra sidan av Indalsälven. Jorden i området visar tecken på stark benägenhet för flytning och erosion varför olika typer av erosionsskydd angavs i Vägverkets handlingarna för skärningslänterna.

Projektgruppen tog kontakt med byggherren, Vägverket region mitt, och entreprenören, PEAB, vilka båda ställde sig positiva till ett demonstrationsförsök. På grund av olika omständigheter blev vägbygget försenat och demonstrationsförsöket startade först under våren 2004.

### 2.2 Geologisk, geoteknisk och hydrologisk beskrivning av området runt Bispgården

#### 2.2.1 Geologi

Följande beskrivning bygger på Beskrivning till jordartskarta över Jämtland län av Jan Lundquist (1969).

Bispgården ligger längs Indalsälvens dalgång, vilken är nedskuren till mellan 90 och 200 m över havet i det norrländska bergkullelandskapet. Bergkullelandskapet stupar ställvis med tvära sidor ner i dalgången exempelvis vid Hammastrand, cirka två mil norr om Bispgården. Indalsälven är i området orienterad i huvudsak i NNV-SSO riktning.

Vid senaste istidens avsmältning utgjordes den aktuella delen av Indalsälvens dalgång av en fjord. Högsta kustlinjen ligger på 247 meter över dagens havsytan medan Bispgården ligger omkring 160 m över havet. Isen retirerade uppför älven för cirka 7000 år sedan.

Jorden i området utgörs i huvudsak av havs- och sjösediment avsatt i den fjord, som efter landisens avsmältning intog Indalsälvens dalgång och dess större bidalar. Isälvavlagringar finns endast obetydligt och då endast dolda under yngre sediment. På vissa ställen längs Indalsälvens stränder kommer dock sådana avlagringar i dagen. Älvsediment återfinns endast som rester efter den tappningskatastrof som drabbade Ragundasjön 1796.

Jordlager når betydande mäktighet i Indalsälvens dalgång. Havs- och sjösedimenten återfinns i huvudsak med de grövsta sedimenten djupast belägna - oftast en rullstensås. Därefter tilltar åter kornstorleken uppåt, motsvarande den tid, då vattendjupet på grund av landhöjning och sedimentutfyllnad avtog. Ytlagren kan vara relativt grovkorniga, eftersom de är avsatta mycket nära den forna Indalsälvens mynning, då denna successivt förflyttades mot sitt nuvarande läge.

Morän återfinns också inom området, då i huvudsak längs bergssidorna och på höga nivåer. Moränen är övervägande moig. Svallad morän, grusig morän, är vanlig under HK i vissa trakter, exempelvis norr om Bispgården.

Enligt jordartskartan (Jordartskarta över Jämtlands län, SGU 1969) består jordlagren närmast markytan strax uppströms Bispgården av, från norr mot söder, grusig svallad normalblockig (i ytan) morän, finmo (grovsilt) eller mjäla (fin- och mellansilt), grovmo (finsand) och grus.

Lundquist (1969) redovisar följande jordlagerföljd (från markytan och nedåt) vid Svarhålsforsen, cirka en kilometer uppströms platsen för demonstrationsförsöket i Bispgården (jorddjup totalt cirka 35 meter):

3 m moiga, postglaciala sediment  
1–1,5 m mörk postglacial lera övergående neråt i tunnvarvig glaciallera  
1,1 m grå varvig lera  
5,7 m rödbrun skiktad mo  
6–7 m mellansand, grovsand och fingrus  
15–20 m isälvsgrus med sandiga skikt

Enligt berggrundskartan över Jämtlands län (Gorbatshev, 1997) består berggrunden i området av gråvackor, glimmerskiffer och glimmerrik sedimentgnejs, vilka är starkt migmatiserade. Ett mindre område med äldre grönsten (innehållande gabbro, diorit och metabasit) förekommer också.

## 2.2.2 Geoteknik

### ***Undersökningar utförda inför ombyggnaden av väg 87***

Inför ombyggnaden av länsväg 87 utfördes, på uppdrag av VV, ett antal geotekniska undersökningar bland annat i syfte att fastställa jordarter och jorddjup. Följande uppgifter är hämtade från dessa undersökningar. Demonstrationsförsöket utfördes i en 150 m lång skärningsslänt mellan sektion 23/340 till 23/490, se Kapitel 2.3.

Väglinjen ligger i stora delar på gränsen mellan sediment- och moränområden. Söder om vägkorridoren (mot älven) förekommer områden med isälvsavlagringar.

Vid bro 3 (km 23/500) utgörs jordlagren på ravinhöjderna av cirka 10–20 m i huvudsak fasta sediment av siltig sand/sandig silt som mot djupet övergår i sand och grus. Mycket fasta skikt av sand och grus finns i sedimenten. I ravinbotten utgörs jordlagren av 1-3 meter fasta sediment av sand och silt vilande på fast friktionsjord av sand, grus och morän. Grundvattenobservationer visade att inga fria grundvattenytter kunde konstateras ner till som mest 20 m under nipplåtåerna. Vid CPT (cone penetration test)- och hejarsonderingar inom nipområdet har den relativa fastheten i sedimenten av sand och silt uppmätts varierande mellan medelhög och hög.

CPT-sonderingar utförda i skärningsslänten i sektionerna 23/290, 23/390, 23/490, 23/495, 23/510 visar på en skiktad jord uppbyggd av silt, sand och siltig sand. Fastheten varierar mellan ett par MPa och 20 MPa, med ett medelvärde kring 10 MPa. Jorddjupet är inte bestämt men det överstiger 20 meter.

I sektion 23/490 och 23/495 visar CPT-sonderingarna vidare att de översta cirka 4 metrarna består av 4 skikt med varierande fasthet. Överst ett löst skikt, följt av ett fast till mycket fast skikt, så återigen ett lösare skikt följt av ett fast skikt. Därunder återfinns en jord vars fasthet ökar med djupet från medelfast till fast.

En skruvprovtagning i sektion 23/340 visade på en jordlagerföljd från markytan (+148.93 ) ned till 11 m djup bestående av silt, sand, sandig silt och silt med finsandskikt.

Jorden i området är, på grund av det stora innehållet av silt, starkt erosionskänslig, flytbenägen och tjälskjutande. Undersökningar, utförda på uppdrag av Vägverket i området för demonstrationsförsöket, visade för den sandiga silten och för silten tjälfarlighetsklass 4 (mycket tjällyftande jordarter, Vägverket 2004). Problem med flytbenägenhet och tjälskjutning noterades under första våren (2004) efter framschaktning av slänten. Slänten jäste och flöt ut på flera ställen och en stor mängd jordmaterial låg i diket nedanför slänten efter tjällossningen, se Figur 2.



**Figur 2. Starkt flytbenägen och tjälskjutande siltjord i Bispgården. Foto taget 17 maj 2004 i riktning mot bro 3.**

I nipområdet har ingen fri grundvattenyta återfunnits till ett djup av 20 m under nip-plåtarna, se Kapitel 2.2.3. Ett öppet rör installerat i sektion 23/495 till 21 m djup visade inget vatten.

Vattenkvoten för jordprover i det aktuella släntområdet har bestämts. Resultaten visar på låga vattenkvoter, se **Tabell 1**.

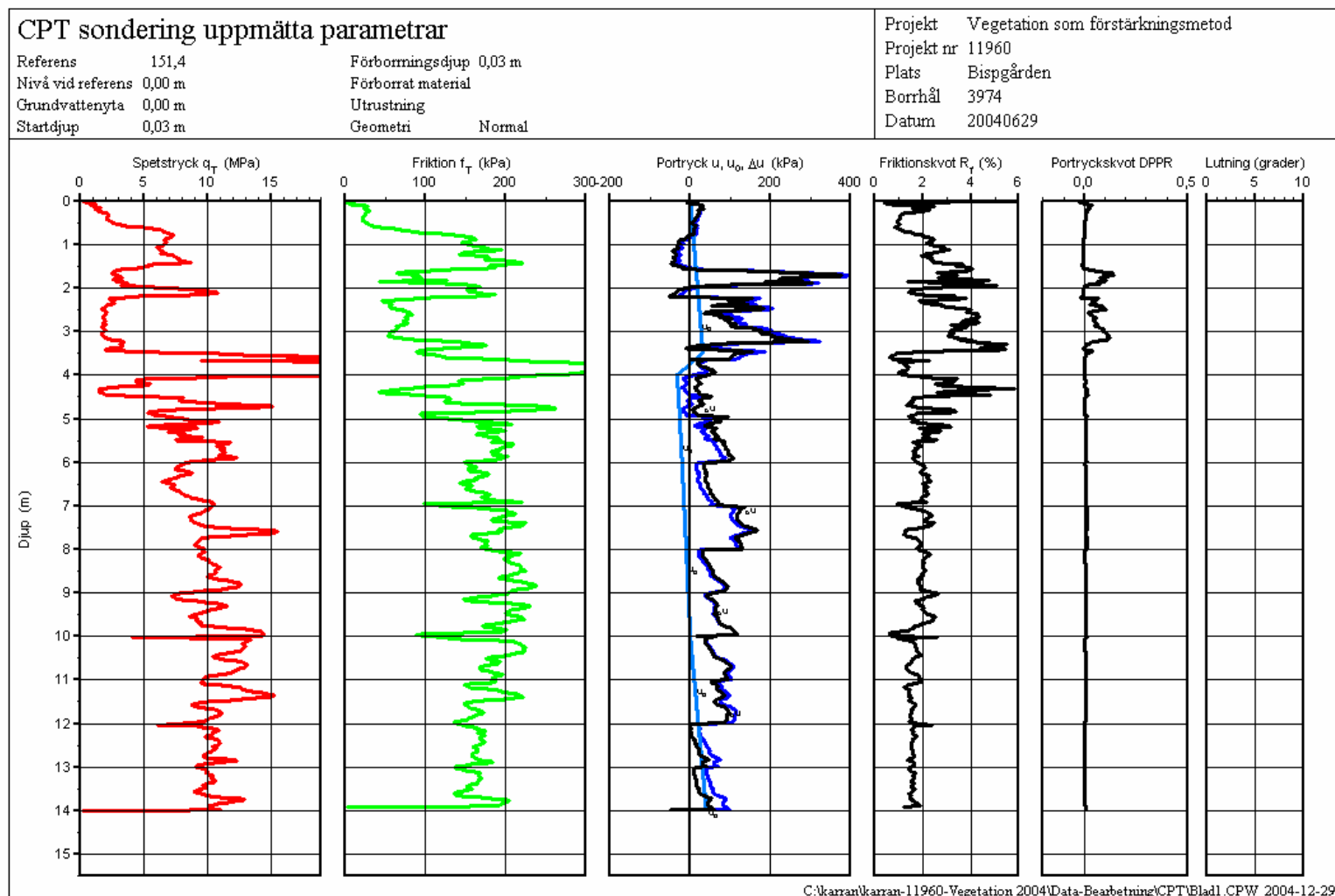
**Tabell 1. Vattenkvotsbestämning på störda prover  
(efter Vägverket, 1999)**

<i>Sektion</i>	<i>Djup</i>	<i>Jordart</i>	<i>Vattenkvot (%)</i>
23/350	2,6	lerig silt	30
23/370	3,0–4,0	siltig finsand	21
23/410	1,0–2,0	siltig lerig finsand	27
23/500	4,0–5,0	siltig finsand	19

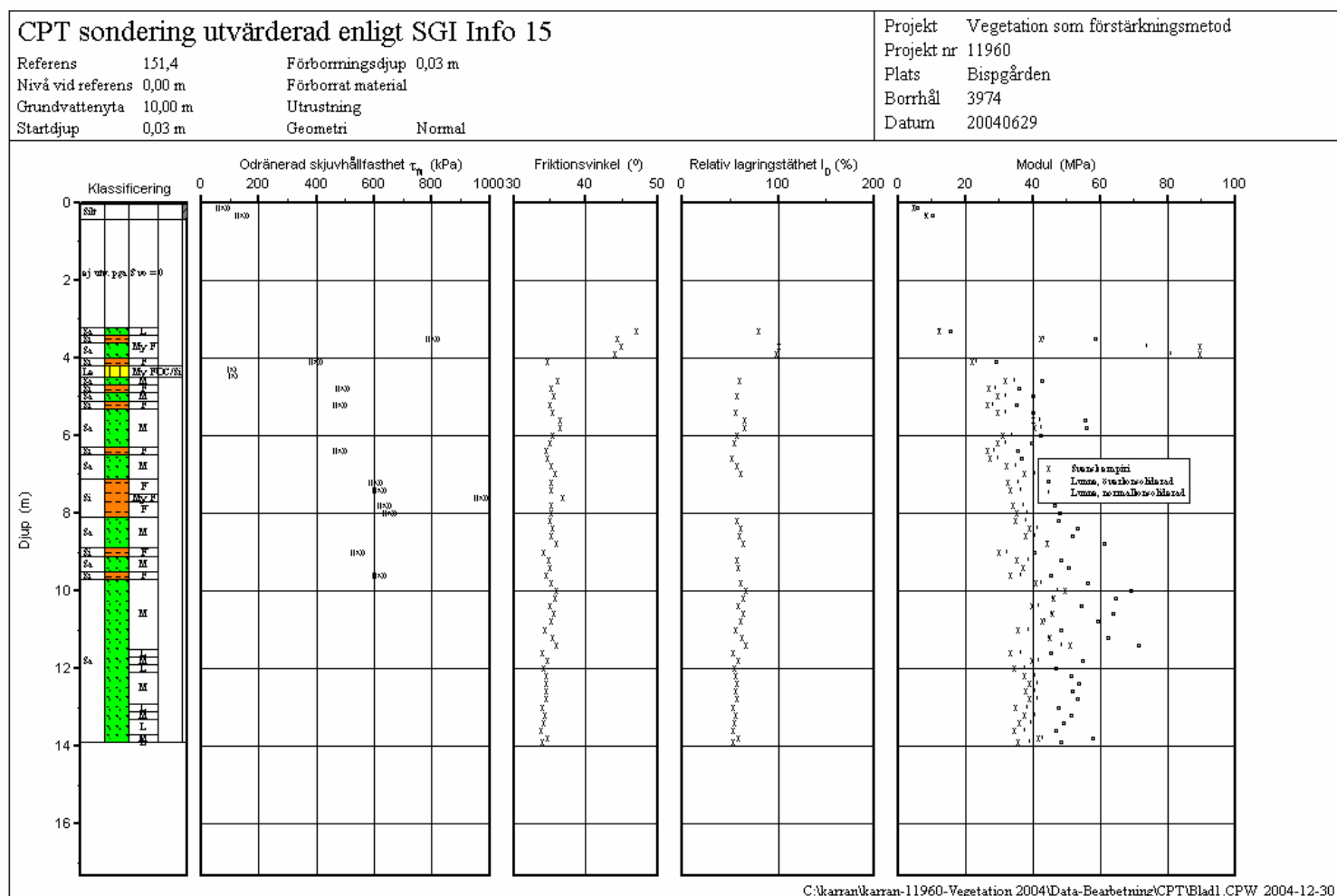
**Undersökningar utförda inom projektet vegetation som förstärkningsmetod**

Inom föreliggande projekt utfördes en CPT-sondering i sektion 23/480 i syfte att bestämma djupet till fastare skikt i de översta jordlagren (ner till 12 meters djup), vilket låg till grund för placering av porttrycksspetsar, se Kapitel 2.6.2. Resultaten, utvärderade med programmet Conrad och som redovisas i Figur 3 och Figur 4, visar på en tydligt skiktad jord, framförallt i de översta 5 metrarna (vilket stämmer väl överens med Vägverkets sonderingar, se ovan). Jorden är i huvudsak uppbyggd av silt och sand men även siltig lera förekommer. Spetstrycket varierar mellan 2 och 20 MPa vilket innebär en lös till fast lagrad jord. Sonderingen visar vidare på tätare skikt på djupen 1,5–2 m och 2,5–3 m.





Figur 3. Resultat från utvärdering av CPT i sektion 23/480 ovan släntkrön.



Figur 4. Resultat från utvärdering av CPT i sektion 23/480 ovan släntkrön.

### 2.2.3 Hydrologi

I Bispgården finns en nederbördsstation som drivs av Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI. Stationen avläses manuellt en gång per dygn. Data från stationen finns bland annat redovisat av Alexandersson & Eggertsson-Karlström (2001). Enligt denna rapport är årsnederbörden relativt måttlig med 530 mm som medelvärdet under åren 1961–1990. Referensnormaler för nederbörd per månad under åren 1961–1990 redovisas i Tabell 2. Med referensnormaler avses medelvärdet som hänförs till aktuella förhållanden på mätplatsen. Högsta månadsnederbörden, 75 mm, inträffar statistiskt i juli.

**Tabell 2. Referensnormaler för nederbörd (mm) i Bispgården under åren 1961–1990 (enligt Alexandersson och Eggertsson-Karlström, 2001).**

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
530	34	26	27	27	38	53	75	63	59	43	43	44

Under perioden 1992-01-01 till 2002-12-31 föll den högsta dygnsnederbörden, 63,2 mm, i augusti 2001 (enligt statistik beställd från SMHI). Hela månadsnederbörden för augusti, statistiskt sett, föll under ett dygn. Höga dygnsnederbörder, mellan 35 och 40 mm, föll under samma 10-årsperiod även i juni, juli och augusti.

I nipområdet inom den aktuella vägsträckan ligger grundvattenytan långt under markytan. Vid undersökningar i området utförda på beställning av Vägverket kunde inget fritt vatten noteras i rör ner till som mest 20 m djup under nipplåtarna. Nederbörden rinner antingen av direkt som ytavrinning, avdunstar, tas upp av vegetationen eller så infiltreras den ned i jordlagren och bildar vanligtvis så småningom grundvatten. Eftersom jorden är skiktad med omväxlande mer respektive mindre genomsläpplig jord sker vattenströmningen i jordlagren inte enbart vertikalt utan i många fall även horisontellt. Resultaten från CPT sondering i sektion 23/480 visade på tätare skikt på djupen 1,5–2 m och 2,5–3 m. En stor del av nederbörden över nipområdet når alltså inte grundvattnet. Grundvattnet får istället det mesta av sitt tillflöde från i norr högre liggande jord- och bergspartier. Detta resonemang överensstämmer med resultaten från porttrycksmätningar utförda i slänten under hösten 2004, se Kapitel 2.6.2.

Vid inspektion av slänten under vår och sommar 2004 konstaterades att de övre 3–4 metrarna är blötare än övriga delar. Efter nederbörd är släntens yta vattensjuk och svår att promenera över.

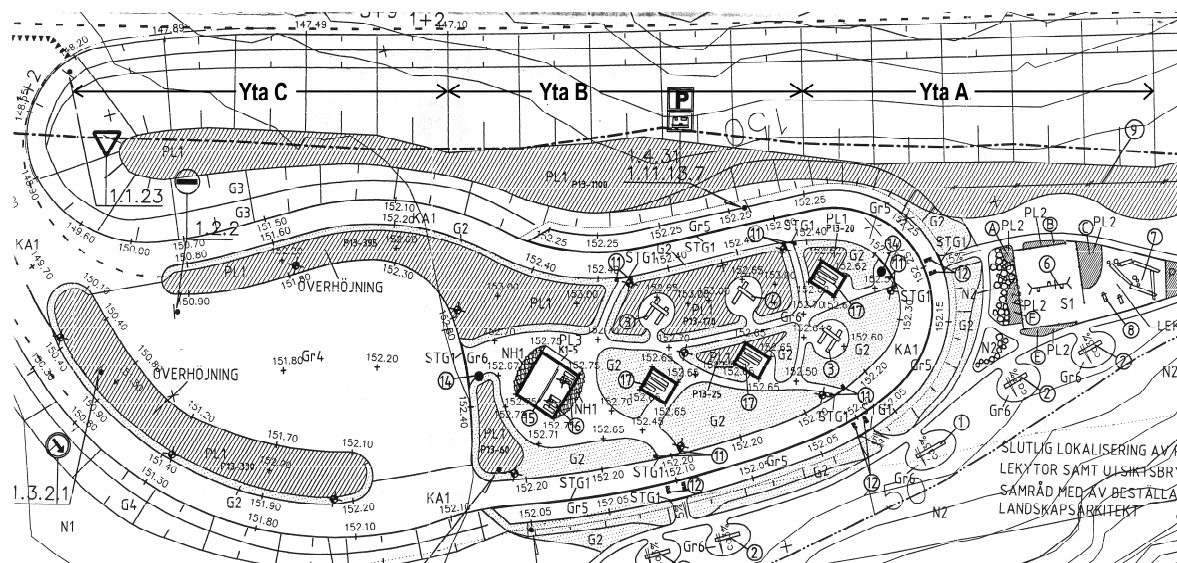
### 2.3 Beskrivning av erosionsförebyggande åtgärder

Den för demonstrationsförsöket aktuella slänten är en skärningsslänt varierande mellan 4 och 7 meter hög, belägen på vägens södra sida (höger i vägens riktning, som går från Östersund mot Sundsvall). Slänten är 150 meter lång och sträcker sig mellan sektion 23/340 och 23/490 mellan en planerad rastplats och vägen.

Enligt bygghandlingarna skulle skärningsslänten få en lutning av 1:2,5 och erosions-skyddas med helt erosionsskydd. Ett diken skulle grävas mellan slänten och den planerade vägen. SGI/SLU föreslog att slänten skulle få en något brantare lutning än vad som framgick av bygghandlingarna, 1:1,7.

Slänten delades upp i tre olika ytor, cirka 50 meter långa vardera, med olika föreslagna erosionskydd, se Figur 5. För yta A föreslog SGI/SLU häck-grenlagermetoden, för yta B föreslog SGI/SLU avbaningsmassor täckta av kokos- eller jutematta och för yta C fick entreprenören eget ansvar för val av metod. De olika metoderna beskrivs utförligt i Kapitel 2.3.1.

Entreprenören utförde framschaktning av slänten under senhösten 2003, enligt SGI/SLU:s brantare förslag. Jordmaterialet visade sig vara mycket flytbenäget och under vårvintern eroderade slänten kraftigt på vissa ställen, se Figur 2.



**Figur 5. Plan som visar indelning av slänten i ytorna A, B, och C. (underlagsmaterial: ritning 1 01 TL 05 04, Vägverket region mitt, 2002-08-30).**

### 2.3.1 Byggmetoder

#### Yta A. Häck-grenlagermetoden

Yta A erosionskyddades med häck-grenlagermetoden. Metoden beskrivs här kortfattat.

Lagermetoderna innebär att man i grävda diken placerar lager av rotade och/eller orotade grenar. Metoderna indelas i häck-, gren- och häckgrenlagermetoderna. I häck-grenlagermetoden använder man sig av både orotade kvistar och grenar samt redan rotade planter. Metoderna finns beskrivna i Rankka (2002) samt mer utförligt av Schiechl och Stern (1996), Piga (1996) och Svensson (1991).

Terrasser med en bredd (= djup) av 0,7–0,8 m grävs i slänten. Terrassen bör luta 5–10° in mot slänten så att grenarnas rotande kommer lägre än toppen och därigenom växer åt rätt håll. Det är vanligast med horisontella terrasser som följer höjdkurvorna men vid problem med blöta slänter görs terrasser som löper diagonalt över slänten.

Anläggningen som bör ha 10 orotade kvistar och 1–5 planter per löpmeter. Plantorna placeras i terrasserna så att ca ¼ av plantan sticker ut. Terrassen fylls sedan igen med jordmaterial. Detta bör ske omedelbart efter att grenarna lagts ut för att förhindra uttorkning av såväl jord som grenar. Jorden skall packas ihop så att inga luftfickor blir kvar mellan grenarna. För att de skall kunna bilda adventivrötter måste de ha en god markkontakt. Pionjärväxterna, de orotade kvistarna, skall endast fungera som stabilisering under de första åren efter planteringen till dess att plantorna hunnit

etableras sig. Därför är valet av pionjärväxter inte så väsentligt. Tidigast 3 år efter planteringen har sekundärarterna hunnit etablera sig och kan ta över. Vanligtvis konkurreras salixarterna ut genom naturlig succession. Plantering skall endast göras under växternas viloperiod. I Bilaga 1 visas en principskiss över häck-grenlagermetoden.

I branta slänter kan geotextiler eller nät av jute eller kokos användas som ett komplement.

Redovisning av häck-grenlagrets utformning och använt växtmaterial i Bispgården görs i Kapitel 2.4.

#### **Yta B. Återföring av förnan och täckning av erosionsmatta**

För yta B hade projektgruppen föreslagit att förnaskikt från den planerade närliggande rastplatsen skulle läggas ut och därefter täckas av en erosionsmatta av jutefibrer eller kokosfiber. Arbetena skulle utföras av entreprenören.

På den avsedda ytan läggs ett ca fem (5) cm tjockt lager av förna från omgivningen ut. Materialet samlas in genom avschaktning av de översta 5–7 cm av befintlig jordmån. Större rötter och annat material avskiljs i samband med utläggning. Utlagt material täcks därefter med erosionsmatta av jute eller kokos med minst 250 g/m<sup>2</sup> (till exempel JJ-2, Thulica AB). Erosionsmattan utläggs i släntens fallriktning och de läggs med ett överlapp på 20–30 cm. Mattorna skall förankras med tråkilar eller bockade armeringsjärn av minst 30 cm längd. Kilar sätts med ett avstånd på 75 cm vid krön och släntfot och ett avstånd på 1,5 meter vid kanter och överlapp. Vådens övre respektive nedre kant grävs ner och täcks med jord till en bredd av ca 30 cm.

Redovisning av erosionsmattornas utformning i Bispgården görs i Kapitel 2.4.2.

#### **Yta C. Stenkross täckt med avbaningsmassor**

Yta C, utfördes genom av entreprenören utsedd lämplig metod, vilket innebar stenkross täckt med avbaningsmassor.

Redovisning av utformningen av stenkross täckt med avbaningsmassor i Bispgården görs i Kapitel 2.4.3.

### **2.3.2 Plantor och växtmaterial**

#### **Typ**

Växtmaterialet som skall användas i häck-grenlagren skall dels bestå av så kallade landskapsväxter (redan rotade växter) samt grenar och kvistar av snabbväxande pionjärarter, exempelvis olika salix-arter. Val av växtmaterial sker efter en inventering av naturlig växtlighet i området, vattenförhållanden, jordförhållanden, väderstreck och läge i topografin. Vid val av växtmaterial är inte enbart art av vikt utan även frökälla. En sammanställning av lämpliga växter ges i Rankka (2002) samt i Schiechl och Stern (1996). De arter som presenteras i utländsk litteratur och som finns naturligt i det aktuella området kan användas även i Sverige.

#### **Kapning grenar (längd, krav etc)**

Grenar och kvistar skördas och transporteras till arbetsplats tidsmässigt i nära anslutning till att grenarna läggs in i slänten, helst samma dag. Detta görs för att minimera risken

för uttorkning. Grenarna kapas i bitar med en längd av en meter. Grenarnas diameter skall inte understiga 10 mm.

### **Lagring av landskapsväxter**

Träd och buskar är ett levande material och måste behandlas som färskvara när de lämnat plantskolan. Efter leverans och avlastning på en plats med lä och skugga vattnas och täckes växterna omedelbart med presenning, plastfolie, säckväv eller likvärdigt material för att förhindra avdunstning. Vid förvaring mer än en dag skall växterna skyddas genom jordslagning (rotsystem täcks med jord eller sand för att skydda rotsystemet mot uttorkning). Jordslagning skall ske på en plats som är skyddad mot sol och vind.

Plantor som utvisar symptom på torka sänks ned i vatten (helst hela växten) några timmar före plantering eller jordslagning.

Före plantering skall skadade grenar och rotpartier skäras bort och eventuella enstaka långa rötter kortas in. Några andra beskärningar skall inte utföras på växten i samband med planteringen.

### **Växtetablering**

Etablering av växtlighet bör endast utföras under växtens viloperiod, det vill säga under senhösten eller på våren före lövsprickning.

## **2.4 Arbete med ingenjörbiologiska metoder i Bispgården**

### **2.4.1 Yta A, häck-grenlagermetoden**

#### **Växtmaterial**

Under augusti 2002 utfördes en inventering av växtlighet och växtförhållanden runt Indalsälven vid Bispgården av Kaj Rolf, SLU, och Barbro Näslund-Landenmark, SRV. Inventeringen låg till grund för val av växtmaterial, såväl orotade som rotade plantor. Inventeringen bestod i fältbesök och stereotolkning av infraröda flygbilder i färg (IR-bilder).

Inventeringen visade att *Salix cinerea*, *Salix glauca*, *Salix caprea*, *Salix triandra* och *Salix myrsinifolia (nigricans)* är vanligt förekommande i området. *Salix Caprea* fanns i stor mängd men är inte vegetativt förökningsbar. Vi valde *Salix triandra* (mandelpil) och *Salix myrsinifolia* (svartvide) då dessa trivs på näringsrika, kalkhaltiga och fuktiga marker och har en mycket bra ingenjörbiologisk lämplighet (70-90% för *Salix triandra* respektive 70–80 % för *Salix myrsinifolia*). Procenttalen anger hur stor andel av utlagda grenar som normalt utvecklar rötter och skott. Cirka 1500 grenar av de två olika salix-arterna användes.

Markens pH uppmättes till 5,5 vilket innebär att det är en svagt sur rektion i marken

Inventeringen på niporna visade vidare förekomst av de arter som presenteras i Tabell 3. Arterna är antecknade i den ordning de påträffades i naturen, inte alfabetisk eller systematisk ordning. Ingen frekvens eller uppskattad mängd av förekomst anges.

**Tabell 3. Förekommande arter i nipområdet enligt inventering utförd i augusti 2002 (i bokstavsordning).**

Asp (trädsikt)	Linnea
Björk	Majbräken
Björk (träd- och busksikt)	Mjölkört
Blåbär	Nordisk stormhatt
Blåsippa	Nordisk stormhatt
Brudborste	Ormbär
Brännässla	Prästkraige
Calamagrostis sp (rörarter, gräs)	Revmörblomma
Daggkåpor	Röda vinbär (busksikt)
Druvfläder (busksikt)	Rödblåra
Ekbräken	Rönn (träd- och fältsikt) många småplantor
Ekorrhör	Skogsfräken
Epilobium sp (dunört)	Skogsfräken
Gran (trädsikt)	Skogsstjärna
Gråal	Skogstry(busksikt)
Gullris	Skogsvicker
Hallon	Smultron
Hallon	Stenbär
Harsyra	Strutbräken
Hultbräken	Sälg (trädsikt)
Husmossa	Tall (trädsikt)
Hägg (träd-, busk- och fältsikt)	Tussilago sp
Högörttyp	Vårärt
Kranshakmossa	Väggmossa
Kruståtel	Älgört
Krypven	Ängsklocka
Liljekonvalj	Överåldrig granskog

De arter av rotade plantor som användes i häck- grenlagren i Bispgården presenteras i Tabell 4. Alla de utvalda arterna finns naturligt i området och lämpar sig för ingenjörbiologiska arbeten, se Rankka (2002). Shciechtel och Stern (1996) rekommenderar dock att gråal inte används eftersom den har visat varierande resultat. Vi valde dock att ha med gråal eftersom den finns rikligt i området och är kvävefixerande. Nackdelen är att alar lätt går upp i stamform men detta åtgärdas genom att de skärs ner till basen varefter de vanligtvis utvecklar en buskform. Skogstry, hägg och skogskornell bildar alla adventivrotter och tål att jord fylls upp vid stammen. Rönn bildar dessutom ett djupt rotsystem där jordlagren är djupa vilket är positivt i dessa sammanhang.

Det rotade växtmaterialet beställdes från Splendor Plant och transporterades med lastbil till bygget.

Skörden av mandelpil och svartvide utfördes dels av inhyrd personal och av projektgruppen den 16 och 17 maj 2004. Buskagen fälldes med motorsåg och delades i 1 meter lång bitar. Grenarna hade en diameter varierande mellan 1 och 7 cm, se Figur 6. Delningen utfördes för de grova grenarna med motorsåg och handsåg medan de klenare delades med grensax och sekator. För att underlätta transporten från växtplatsen till slänten, cirka 5 km, föredrogs kvistlösa grenar. Buskaget med mandelpil var relativt ungt och grenarna var därför förhållandevis klena, omkring 1 cm i diameter. Lämplig grovlek är 5–10 cm eftersom grenarna då är mindre känsliga för uttorkning. Mandelpilen användes ändå i projektet för att erhålla en mångfald i växtsamhället.

**Tabell 4. Landskapsplantor använda i Bispgården.**

<i>Art</i>	<i>Storek (längd, cm)</i>	<i>Antal</i>
Gråal ( <i>Alnus incana</i> ) Frökälla Deje E	80–120	250
Skogskornell – ( <i>Cornus sanguinea</i> )	50–80	250
Skogstry – ( <i>Lonicera xylosteum</i> ) Frökälla Åmål E	50–80	250
Hägg ( <i>Prunus padus</i> ) Frökälla Ultuna E	50–80	150
Rönn – ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) Frökälla Västeråker E	50–80	350

**Figur 6. Kapade grenar av *Salix trianda* (mandelpil) och *Salix myrsinfolia* (svartvide).**

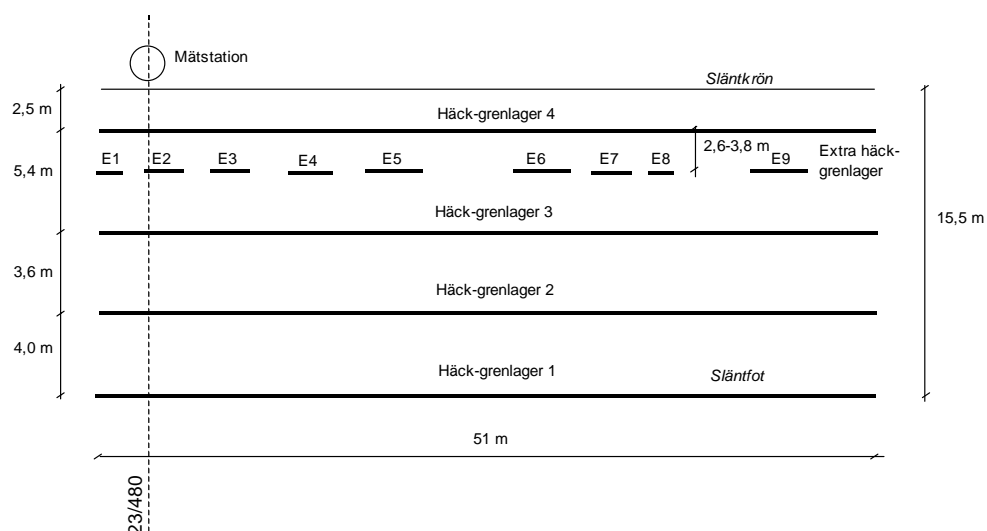
Vid skörden hade mandelpilen och svarviden redan grönskat och börjat sava. Etablering med växter bör dock ske under växtens vilosäsong för att undvika uttorkning vid exempelvis barkskador. Vid en barkskada under växtsäsongen skärs växtens transportkanalen för näring och vatten av, vilket kan leda till att växten dör. Det var dock inte möjligt för projektgruppen att utföra etableringen tidigare och vi fick utföra arbetena försiktigt. Flera av de klena grenarna klarade dock inte etableringen, se Kapitel 2.5.



### Utformning och grävning av terrasserna

Arbeten med häck-grenlagren utfördes 17–19 maj 2004 av personal från SLU, SGI, en inhyrd skogsarbetare och en inhyrd grävmaskin med förare.

Häck-grenlager utfördes i fyra hela terrasser och mellan det översta och det näst översta lagret etablerades några mindre häcklager enligt Figur 7. Släntens höjd vid yta A är omkring 6,5–7 meter med en medellutning på 1:1,7 (30,5 °) och bredden är drygt 50 meter. Första terrassen var tänkt att bli placerad någon meter över släntfot men på grund av felschaktning placerades den i släntfot, drygt 5 meter från väggkant. Den översta terrassen placerades cirka 2,5 meter från släntkrön. Det inbördes avståndet mellan terrasserna varierade mellan knappt 4 m upp till 5,4 m, vilket framgår av Figur 7.



**Figur 7. Plan över häck-grenlagren i yta A i Bispgården.**

I Bispgården utfördes terrasserna med visst fall som följer vägens längsriktning, cirka (3 %, motsvarande 1,2 m på 40 m). Terrasserna grävdes med grävmaskin uppdelat i tre delar. Först grävdes halva längden av terrass nummer tre, två och ett. Växter och jord lades i allt eftersom. Därefter flyttades grävmaskinen närmare bro 3 (åt vänster i Figur 7) och resten av terrasserna tre, två och ett anlades. Så flyttades maskinen till släntkrön varifrån terrass 4 samt de extra häcklagren anlades.

I terrasserna placerades cirka 10 stycken orotade kvistar och grenar av salixarterna korsvis så att max 10 cm stack ut utanför terrasshyllan. Den tjockare ändan placerades inåt slänten för att rosystemet skall utvecklas rätt. Grenlagret kompletteras med 5 stycken rotade plantor per löpmeter. Plantorna placerades så att ca 20–25 cm av plantan stack ut. I det övre häck-grenlagret placerades dock landskapsplantorna längre ut, ett utstick av 30–40 cm, i syfte att de skulle vegetera fortare och börja dra vatten från toppen av slänten. De lågväxande plantorna (skogstyr och skogskornell) placerades i huvudsak i de nedre terrasserna medan de mer högväxande placerades högre upp. I övrigt placerades plantorna inte ut efter något speciellt system. I de extra häcklagren etablerades enbart rotade plantor, cirka 6 stycken per grupp. Totalt 9 stycken extra terrasser anlades.

Efter utläggning av växtmaterialet fylldes terrassen igen och slätades till. Grävskopan tryckte lätt till jorden för att inga luftfickor skulle uppstå mellan jord och växtmaterial.

Detta eftersom det annars kan leda till uttorkning av växten. Jorden runt grenarna stampades även till manuellt för att ytterligare förhindra uttorkning. De salixgrenar som stack ut mer än 10 cm slogs in med slägga eller klipptes av med grensax (diameter under 3 cm).

Marken mellan terrasserna, totalt 775 m<sup>2</sup>, handsåddes med gräs. Sådden utfördes så att frön slungades ut i vindens riktning med början i släntens nedre del och därefter myllades de ner med en kratta. Krattningen var dock inte lätt att utföra eftersom markytan var torr och hård på flera ställen i slänten. Bevattning krävdes inte eftersom ett lätt regn föll under sådden. Weibulls fröblandning "Sol- och tallbakke" användes. Blandningen innehåller smalbladiga gräsarter (rödsvingel, ängsgröe, fårsvingel och hårdsvingel).

Några foton från etablering visas i Figur 8, Figur 9 och i Figur 10.



**Figur 8. Arbete med häck-grenlager.**



**Figur 9. Placering av sticklingar och rotade plantor i häck- och grenlagren.**



**Figur 10. Färdigt häck-grenlager.**

#### **2.4.2 Yta B, avbaningsmassor täckta av erosionsmatta**

Yta B utfördes av entreprenören. Slänten planades till och cirka 100 mm avbaningsmassor från ovanförliggande område lades ut. Detta täcktes med en Greenfix, BG Biomatta, typ S, med polypropen-nät, se Figur 11 och Figur 12. Matta är uppbyggd av ett lager halmstrå som omgärdas av ett polypropen-nätet. Denna matta används vanligtvis i syfte att förhindra vegetation, exempelvis runt nyplanterade träd i en anlagd grönyta. Halmstråna förhindrar solljuset från att nå markytan och därigenom försvåras växtetablering. På sikt förmultnar halmen och växtligheten kan komma igång men då har den planterade vegetationen redan hunnit etableras och är inte längre så känslig för konkurrens.

SGI/SLU hade föreskrivet en matta av jute eller kokos, se Kapitel 2.3.1. En sådan matta är glest vävd och släpper således igenom solljuset. Mattan skyddar jordytan mot nederbördens och vindens eroderande krafter till dess att den naturliga växtligheten täcker ytan. Bristande kunskap och kommunikation medförde att en felaktig matta lades ut, halmmatta. Misstaget innebar att växtligheten var sparsam första växtsäsongen eftersom en halmmatta hindrar solljuset från att nå markytan, se Kapitel 2.5.



**Figur 11. Erosionsskydd för yta B, avbaningsmassor täckta med halmmatta.**



**Figur 12. Halmmatta av fabrikat Greenfix, BG biomatta, typ S.**

### 2.4.3 Yta C, samkross täckt av förnan

För yta C ansvarade entreprenören både för val av metod och utförande. Slänten erosionsskyddades genom utläggning av ett 300 mm tjockt lager av samkross, krossat bergmaterial med dimensionen 0–150 mm, som täcktes med ett 100 mm tjockt skikt av förnan från omgivande område, se Figur 13.



Figur 13. Erosionsskydd på yta C, samkross och förnaskikt.

## 2.5 Uppföljning av växtligheten och erosion

I syfte att kontrollera växternas och grenarna etablering och växande utfördes två inventeringar under 2004. Dessutom utfördes översiktlig besiktning av försöksområdet vid ytterligare två tillfällen under året.

Allmänt kan man konstatera att de rotade plantorna överlevde etableringen mycket bra. Av sticklingarna satte de med stor grovlek många skott under sommaren medan många av de som hade liten grovlek torkade vid etableringen och dog. Häck-grenlagren har stabiliserat den översta halvmetern av jord medan förskjutning av framförallt de extra terrasserna har skett längs djupare glidytor varvid hela terrassen har förflyttats neråt.

### 2.5.1 Översiktlig besiktning 28 – 30 juni 2004

Första besöket efter etableringen utfördes i slutet av juni (28 – 30 juni). Häck-grenlagren hade då grönskat och slänten var torr på ytan, se Figur 14. Plantor och grenar växte till största delen rakt ut från terrassen och endast få tecken till fototropism (fenomenet då växter böjer sig mot solljuset) kunde noteras, se Figur 15. Ingen större tillväxt av plantor eller salixarter hade skett.

Små ytliga rörelser hade skett i slänten under häck-grenlager nummer 3 (nerifrån sett) på den halva som ligger närmast yta B. I övrigt var släntens yta slät. En förskjutning neråt av de extra häcklagren närmast bro 3 hade skett, se Figur 16.

Entreprenören hade fyllt igen det diken som fanns då häck-grenlagren etablerades. Detta innebar att häck-grenlager nummer 1 nu låg i släntfot, se Figur 17, vilket inte var

ansikten. Häck-grenlagret borde legat några meter upp från släntfot. Ett misstag hade begåtts av entreprenören vid framschakningen av slänten varvid diket hade grävts för djupt. Denna uppgift fick dock inte projektgruppen före utsättning och utförande av häck-grenlagren. Efter etableringen av häck-grenlagren la entreprenören tillbaka jord i diket och häck-grenlagret hamnade för långt ner.

Vid inspektionen hade entreprenören påbörjat utläggning av halmmattan på yta B. Dessa arbeten färdigställdes i början av juli 2004.



**Figur 14. Gröna häck-grenlager i slänt C, Bispgården, drygt en månad efter etablering.**



**Figur 15. Skottsatta salixgrenar och grönskande plantor.**



**Figur 16. En nedåtriktad förskjutning av de extra häcklagren närmast bro 3 (längst bort i bilden).**



**Figur 17. Häck-grenlager nummer 1 hamnade i släntfot efter det att ett diket fyllts igen.**

### **2.5.2 Inventering 10 augusti 2004**

Strand-Hübinette (2004) utförde ett examensarbete vid SLU under 2004 i vilket demonstrationsbesöket i Bispgården studerades. Strand-Hübinette utförde en inventering av demonstrationsförsöket den 10 augusti 2004. Följande är en kort beskrivning av denna inventering och dess resultat.

#### **Yta A**

En noggrann studie av häck-grenlagren på demonstrationsyta A utfördes för två utvalda provtytor i varje häck-grenlager. Ytorna var 3 meters långa. Platserna valdes helt slumpmässigt ut utan något speciellt system. Eftersom arterna i planteringsstadiet ej var systematiskt placerade, är vissa arter mer representerade i resultatet. För varje yta

noterades art, antal skott på salixarterna, längd på nytillväxt och totalt utstick från slänten (angivet som medeltal för respektive art). Resultaten presenteras i Tabell 5.

**Tabell 5. Resultat från inventering av yta A 10 augusti 2004  
(efter Strand-Hübinette, 2004)**

Häck-grenlager	Yta	Art/namn	Antal skott	Ny tillväxt (cm)	Totalt utstick från terrass (cm, medeltal)
1	1	Mandelpil – <i>Salix triandra</i> och Svartvide <i>Salix mysinifolia</i>	6	10-35	
		Skogskornell- <i>Cornus sanguinea</i>		7-8	50
		Skogstry – <i>Lonicera xylosteum</i>		3-10	40
	2	Salix sp	27	20-75	
		Skogstry		5-20	30
		Rönn- <i>Sorbus aucuparia</i>		7-12	45
2	3	Salix sp	2	3	
		Hägg - <i>Prunus padus</i>		1-12	50
	4	Salix sp	14	10-52	
		Gråal – <i>Alnus incana</i>		15-21	54
		Skogskornell		1-5	50
		Skogstry		2-21	30
		Rönn		13-29	35
3	5	Salix sp	19	4-63	
		Gråal		3-35	50
		Skogskornell		4-11	25
	6	Salix sp	19	1-83	
		Gråal		12-21	40
4	7	Salix sp	5	5-37	
		Gråal		3-25	60
		Hägg		4-23	60
	8	Salix sp	15	3-47	
		Skogskornell		1-11	60
		Gråal		9-22	20
		Rönn		15-32	65

Skogskornell (*Cornus sanguineum*) var tillsynes den art som hade minst tillväxt och såg ut att må sämst, utan några specifika tecken på bristsymtom. De övriga arterna hade en frisk tillväxt och såg ut som de hade fått en god etablering. De två olika salix-arterna samt gråal (*Alnus incana*) och rönn (*Sorbus aucuparia*) var de arter som hade störst tillväxt, se Figur 18. Inga av de rotade landskapsplantorna hade utgått, däremot fanns vissa glesa partier i terrasserna där etableringen var dålig, se Figur 19.





**Figur 18. Gråal med god tillväxt i yta 5. Den mindre plantan i förgrunden är skogskornell. (foto Strand-Hübinett)**



**Figur 19. Glesare partier i häck-grenlager 2,3 och 4 i områdets centrala del där salixgrenarna inte hade överlevt etableringen. (Foto Strand-Hübinett)**

I den övre delen av slänten, vid terrass 3 och 4, var tillväxten som helhet bättre än i terrass 1 och 2. Detta beror antagligen på att tillgången på vatten och solljus är större i den övre delen av slänten jämfört med den nedre. Punktvis fanns det fuktiga sektioner längre ned i slänten där det tydligt syntes att fukten trängde ut och på dessa ytor kunde en tendens till bättre tillväxt synas.

Mandelpil (*Salix triandra*) och svartvide (*Salix mysinifolia*) hade slagit rot och satt kott med en något ojämn tillväxt i slänten. På de flesta grenarna hade många skott brutit från den gamla veden och de hade en god tillväxt, vissa på upp mot 70 cm, se Figur 20 och Figur 21. Men det fanns också grenar som inte hade klarat etableringen och sådana som endast skjutit enstaka små skott. Ingen skillnad i tillväxt eller etablering kunde dock konstateras mellan de olika salix-arterna. Däremot var det till stor del de grova sticklingarna som slagit nya skott. De tunna sticklingarna, med en diameter ned mot

1 cm, hade inte på samma sätt skjutit nya skott och många grenar såg intorkade ut. Dessa grenar hade alltså inte klarat etableringen på grund av att de var för klena.

Skillnaden i etablering och tillväxt av sticklingarna, förutom grovlekens inverkan, kan antas bero på variationen i vatten- och ljusstillgång i slänten. De övre delarna av slänten är fuktigare och får fler soltimmar än de nedre delarna.



**Figur 20. God tillväxt av salix. (foto Strand-Hübinett)**



**Figur 21. Grov salixgren (*Salix myrsinifolia*) som brutit skott. Måttbandet är utdraget 10 cm. (foto Strand-Hübinett)**

En dålig etablering av grässådden noterades. På flera ytor i slänten hade fröna runnit ner i gropar och på de flata ytorna var etableringen därför dålig. På de ställen där gräset hade etablerat sig var det vid återbesöket mellan 2–3 cm högt. På någon yta med mycket fukt fanns det gräs som etablerat sig bättre och var upp mot 5 cm högt.

Den allra översta delen av slänten, ovanför terrass 4, bestod av naturlig förna som kommit i dagen vid schaktningen. I denna del av slänten hade tillväxten varit god, både för det sådda gräset och den befintliga fröbanken. Det sådda gräset och mjölkört (*Epilobium angustifolium*) täckte stora delar av ytan. Mjölkört är vanligt på öppen, frisk, näringsrik mark och förekommer på hyggen, i gläntor, brandfält, vägkanter, berg- och rasbranter och på ruderatmark (Mossberg & Stenberg, 2003). Överst i området fanns även enstaka fräkenväxter (*Equisetum*) men de var för små för att artbestämmas.

Tydliga spår efter yterosion fanns i slänten. Silt hade runnit ner för slänten, vilket syntes i de avrinningsrännor som installerats för ytavrinningskontroll, se Kapitel 2.6.3.

Mellan terrass 3 och 4 hade ett parti av slänten sjunkit in och bildat en svacka med en storlek av cirka 3·3 m<sup>2</sup> med ett ungefärligt djup på 0,3 meter.

I det område av slänten där etablering av växter skett var marken torrare än vad den var i den icke växtetablerade ytan, se Figur 22. Speciellt gällde det den del av slänten som är ovanför det översta häck- och grenlagret.



**Figur 22. Skillnad i markfuktighet mellan växtetablerad och icke växtetablerad (närmast kameran) yta. (foto Strand-Hübinett)**

### **Ytorna B och C**

På de två ytorna B och C, som entreprenören färdigtställt under början av juli, fanns vid besöket inte mycket vegetation. Ytorna var sent färdigtställda på växtsäsongen och endast de växterna med snabbast etablering hade gröna synliga delar. På yta B, se Figur 23, hade framför allt *Epilobium angustifolium* (mjölkört) etablerat sig, men även någon enstaka bräkenväxter, fräkenväxter och bredbladigt gräs. Gräset hade dock ej gått i blom vilket gjorde det svårt att artbestämma. På yta C hade endast mjölkört etablerat sig, se Figur 24.



**Figur 23. Mjölkört har etablerat sig på yta B. (foto Strand-Hübinett).**



**Figur 24. Yta C där mjölkört till viss del har etablerat sig. (foto Strand-Hübinett).**

### **2.5.3 Inventering 6 – 7 september 2004**

#### **Yta A**

God tillväxt hade skett i häck-grenlagren sedan senast inventeringen, se Figur 25. Framförallt salix-arterna och gråalen hade tillvuxit kraftigt med totala utstick från terrassen omkring en meter på vissa ställen. Någon detaljerad inmätning av skottens längd utfördes inte. Många växter hade nu klara tecken på fototropism och växte uppåt, se Figur 26. Skogkornellen hade, precis som vid inventeringen en månad tidigare, den minsta tillväxten, se Figur 27.



**Figur 25. Yta A tre och en halv månad efter etablering. Foto taget 2004-09-06.**



**Figur 26. God tillväxt av *Salix myrsinifolia* samt tydlig fototropism hos rönn. Foto taget 2004-09-06.**



**Figur 27. Liten tillväxt av skogskornell. Foto taget 2004-09-06.**

I varje häck-grenlager studerades salix-grenarna vad gäller antalet skottsatta grenar samt längre partier utan skottsatta grenar. Resultatet visar, se **Tabell 6**, att betydligt fler skottsatta grenar återfinns i de övre häck-grenlagren jämfört med de nedre. Troligen beror detta till största delen på den större tillgången på vatten och ljus i de övre delarna av slänten. En något större mängd grova salix-grenar användes i häck-grenlager 4 jämfört med övriga lagren vilket också kan vara en förklaring. Detta eftersom de grova grenarna har klarat etableringen bättre än de tunna.

**Tabell 6. Antal skottsatta salixgrenar i de olika häck-grenlagren.**

Häck-grenlager	Antal skottsatta salix-Grenar	Längre sträckor utan skottsatta salix-grenar			Kommentar
		Antal	Total längd (m)	% av grenlagrets längd	
1	63	7	20,5	34	Skottsatta grenar jämt fördelat över sträckan
2	73	6	25,6	50	
3	104	0	0	0	
4	103	3	9,6	19	

Bland de rotade plantorna hade ingen utgått men däremot var etableringen sämre på vissa ställen. I den mot bro 3 närmast belägna delen av häck-grenlager 2 var etableringen av både salix och rotade plantor dålig.

Längs häck-grenlager 3 noterades erosion under terrassen cirka 9 m från gränsen till yta B (fanns även vid inspektion i juni) samt ett brant parti under terrassen längs en 4 m lång sträcka 21 m från yta B, se Figur 28. Från ytan under terrass 3 hade jordmaterial runnit ner i avrinningsrännan och bildad ett hål samt en kanal i slänten, se Figur 29 och Figur 30. Mellan terrasserna 3 och 4, cirka 13 m från yta B, noterades också erosion och jordmaterialet hade flutit ner mot terrass 2.

En inmätning av extra-terrassernas placering utfördes vilken visar att de åt vänster, mot bro 3, liggande ytorna har rört sig nedåt mot terrass 3. Avståndet mellan terrass 4 och extra terrasserna varierar mellan 2,6 och 3,7 m. En jämförande studie av terrassernas lägen efter tjällossning 2005 kommer att utföras.



**Figur 28. Förskjutning av slänten vid häck-grenlager 3.  
Foto taget 2004-09-06.**



**Figur 29. Erosion under terrass 3 som flutit ner i avrinningsrännan.**



**Figur 30. Erosion mellan terrass 2 och 3.**

### ***Yterna B och C***

Vegetationen på ytorna B och C bestod till största delen fortfarande av mjölkört. Dessutom växte där olika gräsarter, bland annat vårbrodd, samt ängsfräken och mossor. Mjölkorsten hade vuxit till på höjden rejält sedan inventeringen i augusti, se Figur 31. En del av halmen i halmmattan hade förmultnat. Avbaningsmassorna i område C var mycket torra vilket också kan vara en orsak till den blygsamma vegetationen.





**Figur 31. Yta B i september 2004. Mjölkkörten har vuxit till och halmmattan har börjat förmultna.**

#### **2.5.4 Inventering 13-14 oktober 2004**

En översiktlig inventering av försöksytorna utfördes den 13–14 oktober 2004.

##### **Yta A**

Vid inventeringen var det frost och vegetationen hade börjat få höstfärger. Speciellt skogskornellen och rönnen lyste vackert röda, se Figur 32. Ytterligare erosion hade skett framförallt under dike nummer 3, i den högra delen. Terrasserna låg dock fortfarande intakta. På de ytor som inte stabiliserats, ett smalt parti mellan yta A och B och till vänster om yta A (mot bro 3), hade dock kraftigare erosion skett, se Figur 33 och Figur 34.



**Figur 32. Höstfärger i häck-grenlagren. Foto taget i oktober 2004.**



**Figur 33. Erosion till vänster om yta A, mot bro 3.**



**Figur 34. Erosion mellan yta A och B.**

### ***Yta B och C***

Erosion hade skett under halmmattan i skarven mellan två våder, cirka 25 m från yta A. Erosionen hade troligen startat i den övre delen av slänten och fortsatt nedåt och därmed fört med sig jord, se Figur 35. En del av silten och sanden hade runnit ut på det plana partiet nedanför halmmattan. Halmmattan var dock intakt.



**Figur 35. Erosion under halmmattan i yta B.**

## **2.6 Mätning av nederbörd, portryck och ytavrinning**

I syfte att studera effekten av de olika stabiliseringsmetoderna installerades under sommaren och hösten 2004 mätare för registrering av nederbörd, portryck och ytvattenavrinning. Nederbörds- och portrycksmätare installerades omkring sektion 23/480, samma sektion som tidigare CPT sondering utförts.

### **2.6.1 Nederbörds-mätare**

I syfte att registrera nederbörd med kort varaktighet, omkring 1 minut, installerades en nederbörds-mätare ovan slänten i sektion 23/480, i juli 2004.

Nederbörds-mätaren är av typen Casella med en vippskålgivare om 0,2 mm. Datainsamlaren drivs av ett batteri och lagrar data motsvarande cirka 2 månaders nederbörd. För att skydda insamlingsenheten mot köld och fukt, placerades den i samma mätskåp som portrycksenheterna, se Kapitel 2.6.2. Avläsning av insamlingsenheten utföres manuellt.

Mätaren är installerad på en 3,5 m hög stolpe, se Figur 36. Stolpens överyta är försedd med en stålplatta vari mätaren skruvas fast. Mätaren har ett vattenpass som möjliggör horisontell injustering. Mätning av nederbörd startade 6 september 2004 och avslutades för säsongen den 11 november.

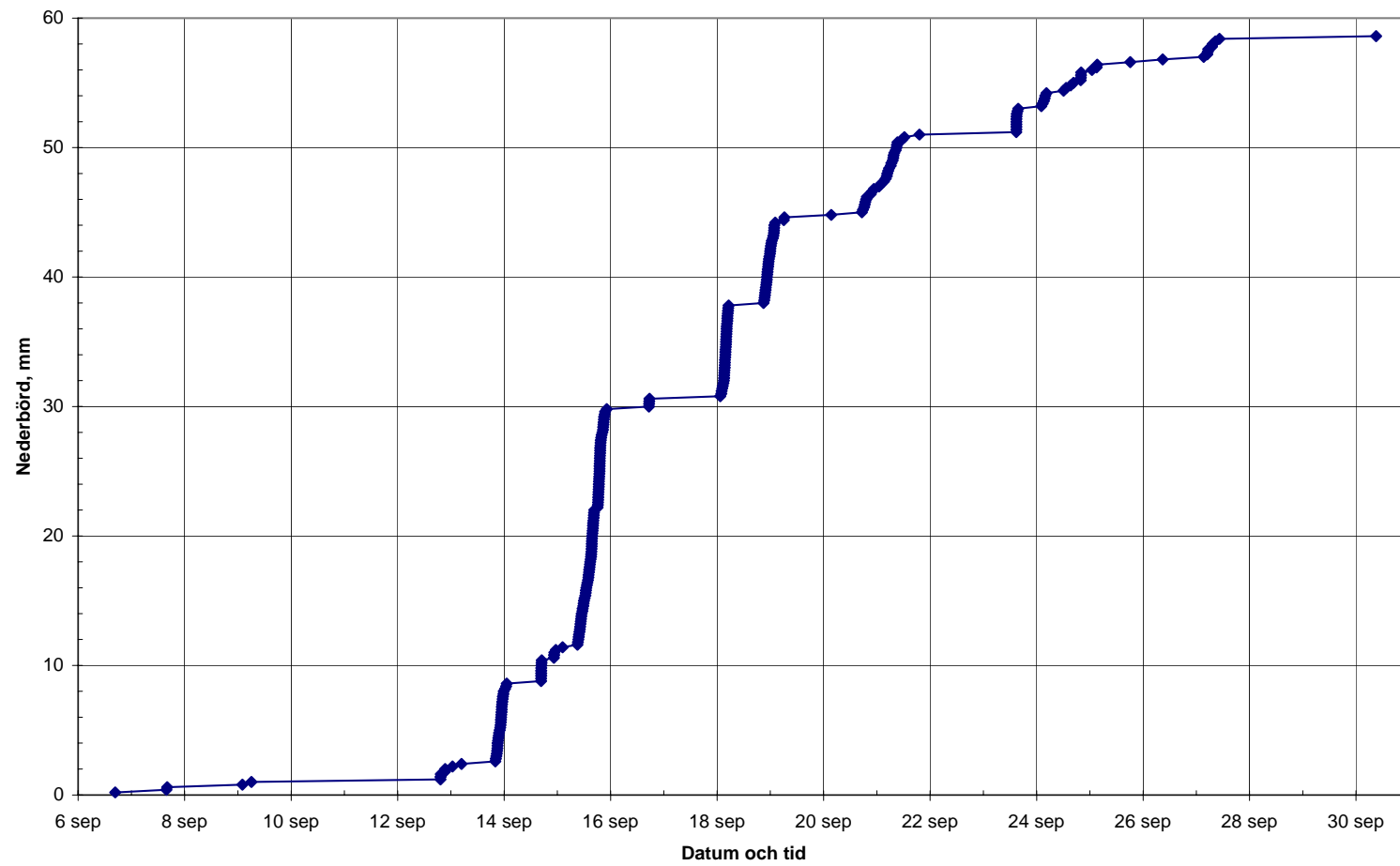


**Figur 36. Nederbördsrör i Bispgården. Till vänster i bilden syns portrycksrören.**

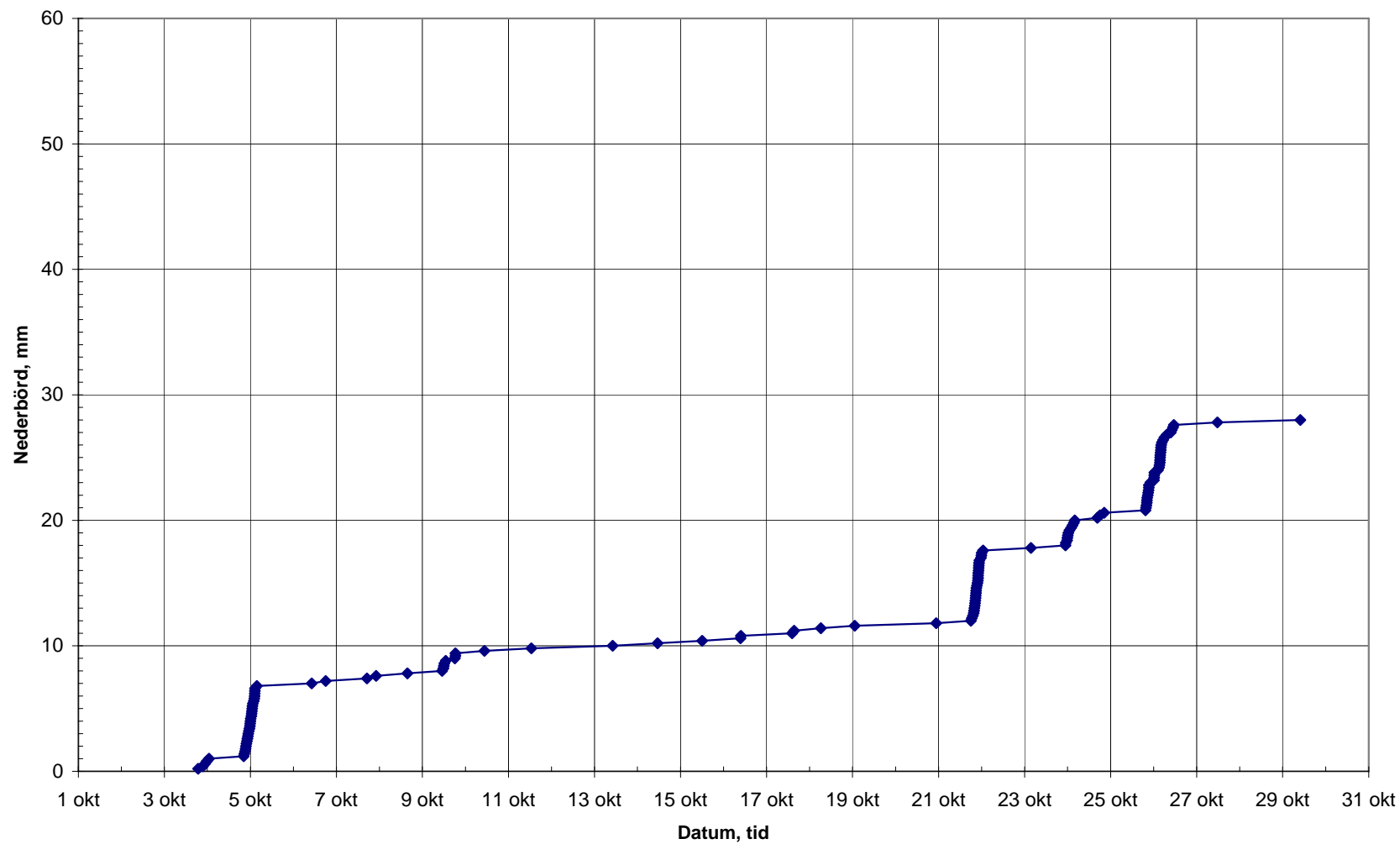
I september föll cirka 58 mm nederbörd, se Figur 37. Detta motsvarar den nederbörd som statistiskt brukar falla i september, se Kapitel 2.2.3. Högsta dygnsnederbörden, 18,6 mm, föll den 15 september. Högsta intensiteten per timme var 1,9 mm som föll på natten den 18 september.

I oktober föll totalt 28 mm nederbörd, se Figur 38. Detta är en mindre mängd nederbörd än vad som statistiskt brukar falla i området under denna månad (medelnederbörden under perioden 1961-1990 är 43 mm, se Kapitel 2.2.3). Högsta nederbördstillfället, som gav 6,2 mm, föll på natten mellan 25 och 26 oktober. Högsta intensiteten per timme var 1,0 mm som föll både på kvällen den 22 och på natten den 26 oktober.

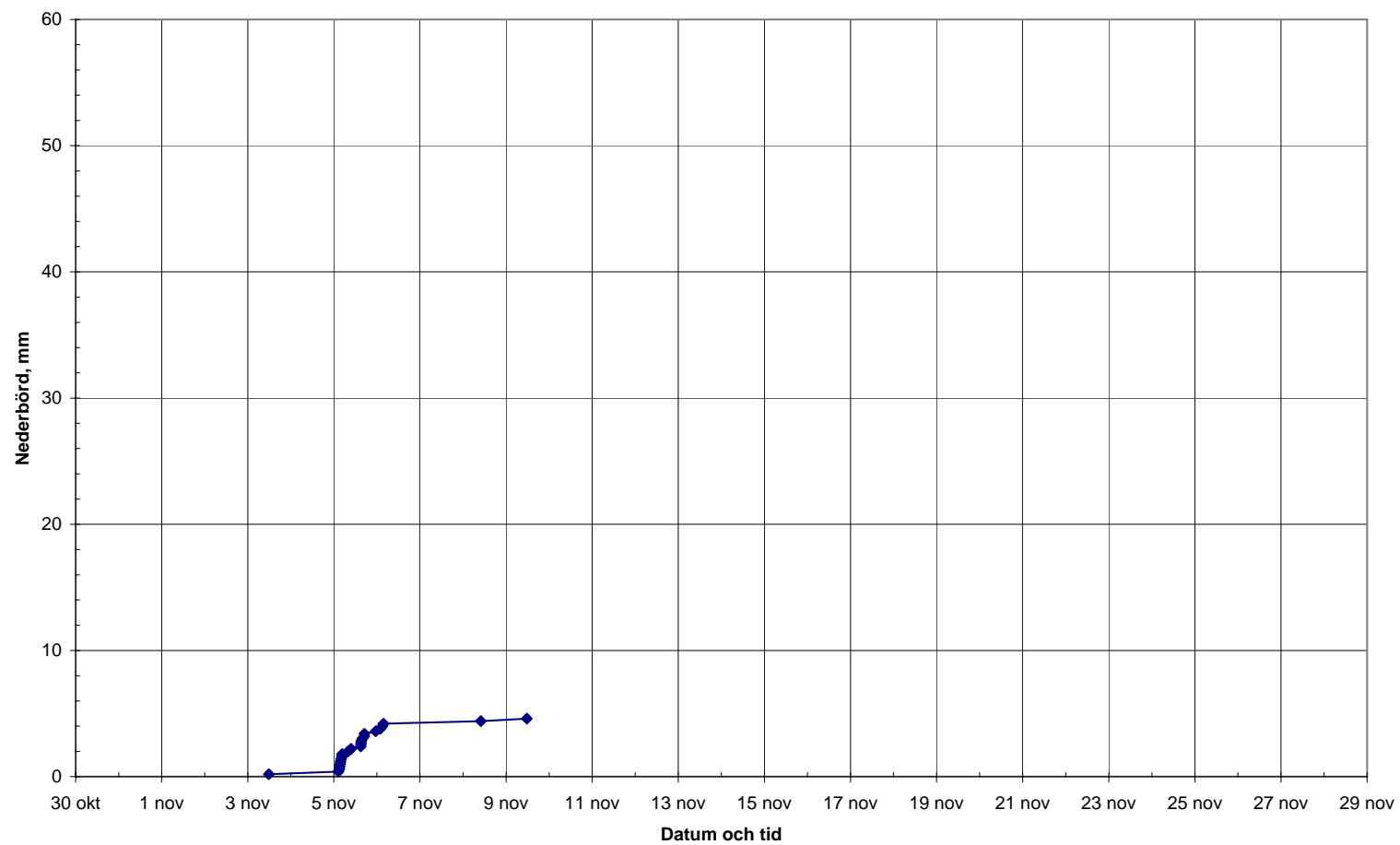
Under november registrerades nederbörden endast fram till den 11 november. Därefter togs mätaren in för vintern. Under dessa elva dagar kom totalt cirka 5 mm nederbörd, se Figur 39. Medelnederbörd under perioden 1961-1990 för november är 43 mm, se Kapitel 2.2.3.



Figur 37. Nederbörd 6 till 30 september 2004.



Figur 38. Nederbörd i oktober 2004.



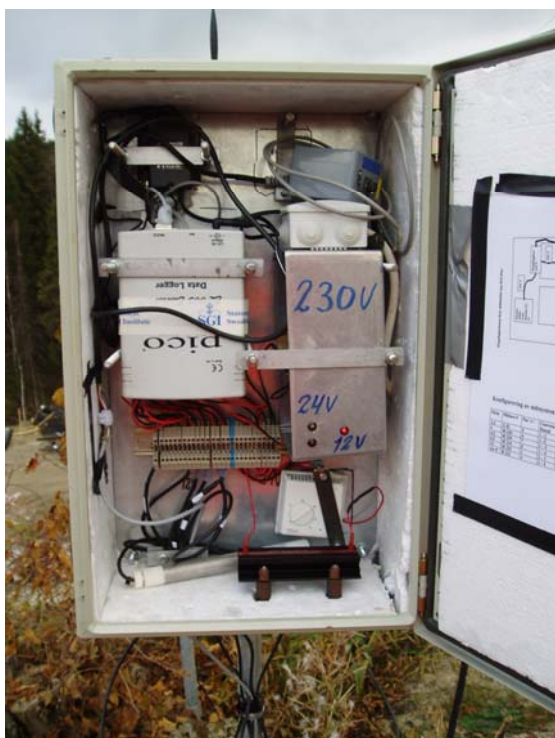
Figur 39. Nederbörd 1 till 11 november 2004.

## 2.6.2 Portrycksmätare

I syfte att studera förekomst av permanenta och temporära grundvattenakvifärer och negativa portryck i slänten installerades 5 stycken portrycksmätare till olika djup i sektion 23/480. Efter diverse problem med mätutrustningen startade mätningar den 14 oktober 2004. Enligt tidigare undersökningar skulle inget grundvatten finnas i de översta 20 metrarna av slänten, se 2.2.3. Eftersom jorden är skiktat med omväxlande mer respektive mindre genomsläpplig jord, bedömdes att perkolerande regnvatten eventuellt kan bli stående i de övre jordlagren och strömma horisontellt.

De olika djupen valdes så att mätvärden skulle erhållas i de mer genomsläppliga lagren ner till 10 meters djup under släntrönn. Djupen valdes på basis av resultaten från CPT sonderingen och de framgår av Tabell 7. Den närmast markytan placerade mätaren sitter just ovanför det översta tätare skiktet.

Portrycksspetsarna är av typen GeoNor med keramiskt så kallat "high entry" filter. Denna typ av filter valdes eftersom flera mätare troligen skulle mäta kontinuerligt, eller periodvis, i ett område i jorden där portrycken är negativa (sug). Kablar från portrycksspetsarna drogs till ett mätskåp med en enhet för datainsamling. Insamlingsenheten kopplades till ett modem för automatisk överföring av mätresultat till SGI i Linköping. Mätskåpet utrustades med ett värmeelement och isolering för att skydda mot kyla och fukt, se Figur 40. Då lufttrycket har en viss betydelse för mätresultaten mäts även lufttrycket med en portrycksspets. Även denna är placerad i mätskåpet.



Figur 40. Mätskåp för portrycksloggning.



Portrycksmätningen pågick mellan 14 oktober och 9 november med avbrott från den 22 till 27 oktober på grund av strömavbrott. Tyvärr erhöles därför inga mätresultat i samband med nederbörd.

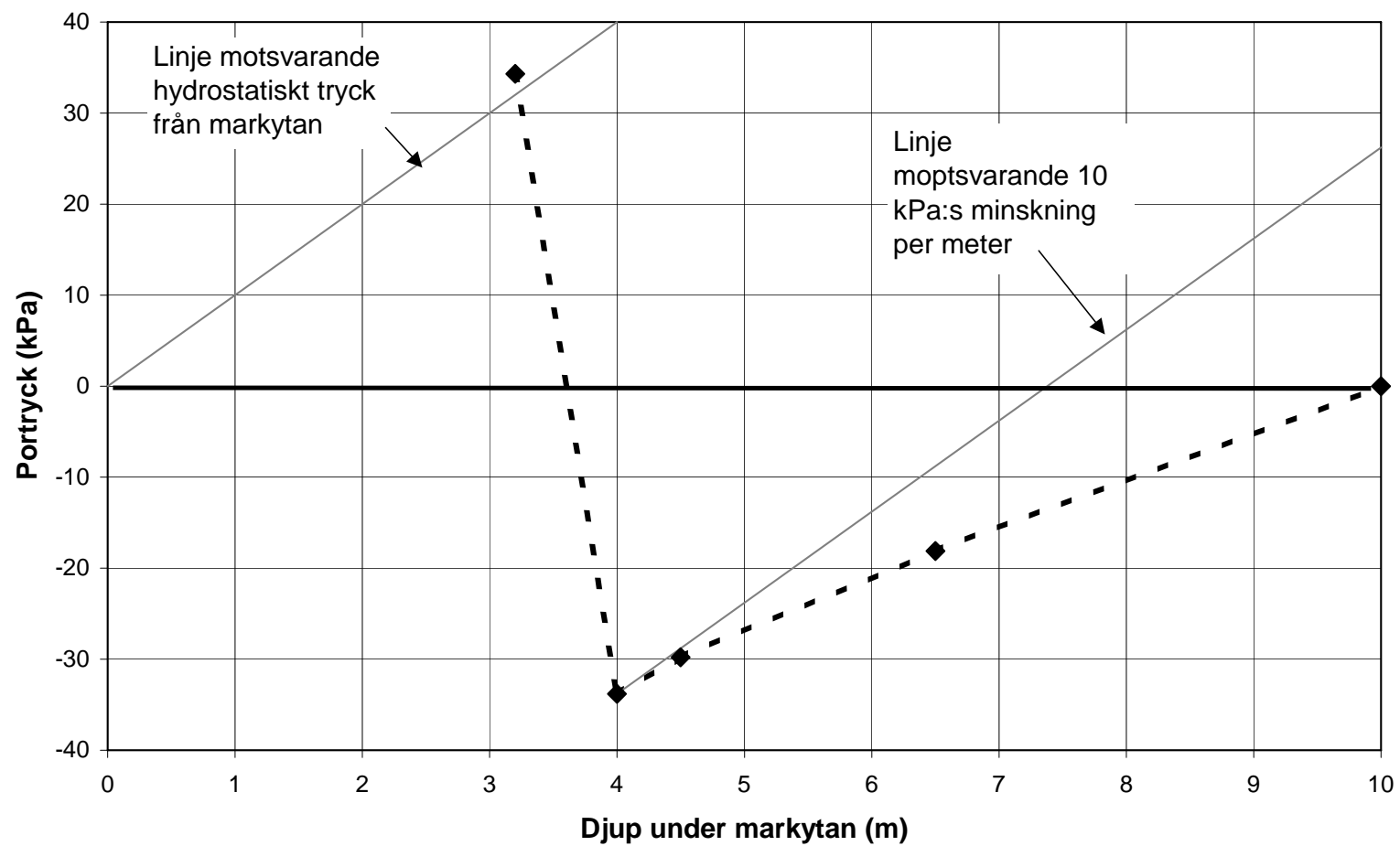
Portrycksmätningen visar att positiva portryck råder på nivån 3,2 meter motsvarande ett tryck ungefär i markytan, se Tabell 7. Tidigare grundvattenmätningar visade dock inte på någon fri grundvattenyta i de översta 20 metrarna, se Kapitel 2.2.3. De uppmätta positiva trycken tyder därför på att regnvatten blir stående i de översta 3-3,5 metrarna på grund av att vertikal strömning förhindras av det underliggande tätare skiktet. Det stämmer också väl med iakttagelser vid inspektioner i slänten då de översta 3-4 metrarna alltid har varit fuktigare än övriga delar av slänten. Vid avschaktning bakom släntkrön för en rastplats under hösten 2004 noterades stående vatten motsvarande cirka 0,5 meter under ursprunglig markyta, se Figur 41.



**Figur 41. Stående vatten på markytan efter avschaktning ovan släntkrön. Foto taget i november 2004.**

Alla de övriga 4 mätarna registrerade negativa tryck respektive 0 kPa med små variationer, någon kPa, under mätperioden. Mätaren på nivån 6,5 meter registrerade inga variationer och det visade sig vid nedmontering i november 2004, inför vintern, att mätaren inte fungerade korrekt. I och med att variationerna uppmätta med de andra mätarna är så små under mätperioden, har resultaten från mätaren på 6,5 meters djup ändå tagits med. Portryckens variation med djupet under släntkrön den 19 oktober framgår av Figur 42. Som framgår av figuren råder ett tryck motsvarande en hydrostatisk linje från markytan i de översta 3-3,5 metrarna. Därunder råder negativa tryck som minskar kontinuerligt med djupet. Minskningen är dock mindre än 10 kPa per meter. På 10 meters djup råder nolltryck.

Lufttrycket varierade under mätperioden med motsvarande 2,6 kPa. Alla fungerande mätare som mätte i den negativa zonen svängde tydligt med lufttrycket.



Figur 42. Portryckens variation med djupet under markytan uppmätt den 19 oktober 2004.

**Tabell 7. Portrycksmätning 6 september till 11 november 2004.  
(mätvärden saknas från den 22 till 27 oktober)**

<i>Djup (m)</i>	<i>Portryck (kPa) Max</i>	<i>Portryck (kPa) Min</i>
3,2	34,8	31,0
4	-31,8	-34,2
4,5	-27,9	-30,0
6,5	-18,3	-
10	1,9	-3,1

### 2.6.3 Mätning av ytvattenavrinning

Ett erosionsskydd har till uppgift att skydda det känsliga jordmaterialet i ytan från att rivras loss och transporteras vidare ner för slänten. Vegetation kan dessutom påverka förhållanden i de ytliga jordlagren. Erosionsskydd av växter kan verka på följande sätt:

- Upptagning av regndroppar så att dessa inte träffar jordmaterialet
- Regndroppar träffar jordytan med dämpad kraft
- Reducera ytvavrinningen genom ökad infiltrationskapacitet
- Reducera avrinningshastigheten genom att göra ytan mindre slät
- Minska vatteninnehållet i jorden genom att rottrådar suger vatten
- Öka hållfastheten i jorden genom starka rottrådar som korsar glidytan
- Förankra jordmassor genom att rotklumpar kan verka som pelare och mellan dessa kan valvbindning uppstå

I syfte att studera erosionsskyddens effekt på ytvavrinningens volym och hastighet i ytorna A och B byggdes ett avrinningssystem sommaren 2004. Längs en horisontell sträcka av 10 m i släntens nedre del placerades en stupränna i respektive yta, se Figur 43 och Figur 44. Mitt på stuprännan installerades ett stuprör för avledning av vattnet.

Stuprännor av galvaniserat plåt med en diameter av 150 mm och stuprör med en diameter av 100 mm användes. Jorden plattades till och rännorna förankrades med ståljärn. För att förhindra ytvatten från att rinna in under rännorna monterades en plåt i rännans överkant, se Figur 45. I skarven mellan plåt och jord placerades en sträng med bentonit. I stuprörens nedre ände monterades plastslangar som leddes till det plana området nedanför släntfot. Plastslangarna leddes till två nergrävda plasttunnor, vardera med en volym av cirka 200 l, se Figur 43.



**Figur 43. Ytavrinningssystem i yta A, bestående av en 10 m lång stupränna med ett stuprör på mitten som leder vattnet till nergrävda tunnor.**



**Figur 44. Ytavrinningssystem i yta C.**



**Figur 45. En plåt monterades i rännornas överkant i syfte att förhindra ytvatten från att rinna in under rännorna.**

Under hösten 2005 skall den första studien av ytvattenavrinningen genomföras. De båda försöksytorna kommer då att utsättas för artificiella regn under kontrollerade former. Vattenspridare kommer att användas för att simulera olika nederbördsintensiteter och det ytvatten som avrinner ner i tunnorna kommer att mätas. En jämförelse av erosionsskydden i yta A och B kan då utföras.

## **2.7 Planerade arbeten och mätningar under 2005**

Under 2005 kommer nederbörds- och portrycksmätning att kontinuerligt utföras under sommarhalvåret. Växtlighetens fortsatta utveckling kommer att besiktigas och följas upp. Dessutom kommer ytvattenavrinningen att studeras för ytorna A och B, se Kapitel 2.6.3.

Projektgruppen kommer att medverka vid en etablering av erosionsskydd på en yta mellan försöksyta A och bro 3. På denna yta kommer avbaningsmassor att utläggas och dessa kommer att täckas en erosionsmatta av jute- eller kokosväv. Ytan kommer alltså att skyddas på det sätt som gruppen hade föreslagit för yta B, se Kapitel 2.4.2.

### 3 DEMONSTRATIONSFÖRSÖK I BYDALEN

#### 3.1 Bakgrund

Vägverket, region Mitt, skall låta bygga om en cirka 4 km lång sträcka av väg 630 vid Bydalen mellan Överhallen och Höglekardalen i Jämtlands län. Ombyggnaden startar under vintern 2004/2005. Vägen går i skärning på södra sidan om sluttningar i nord-sydlig riktning ner från Västerfjället och begränsas i söder av Lekarån. Delar av den aktuella sträckan utgörs längs den norra sidan av bergsskärningar men den största delen går i jordskärning. Jorden i området utgörs av siltig erosionsbenägen morän. Området runt ån är ett Natura 2000-område.

I flera av jordskärningarna syns spår efter aktiv erosion, se Figur 46. Erosionen orsakas av att regnvatten vid kraftiga nederbördstillfällen inte har möjlighet att infiltrera ner i jordlagren utan till stor del avrinner som ytvatten. Ytvattnet rinner över sluttningarna ner mot vägen och drar med sin den lättroderade jorden i skärningsslänterna. Dessutom förekommer det i den skiktade jorden horisontell grundvattenströmning vilket förorsakar inre erosion och även yterosion. Den relativt stora ytavrinning beror på att slänterna är branta och har liten vegetationstäckning. Årsnederbörden är bland de högsta i landet vilket också bidrar till en stor mängd ytavrinning.

Totalt nio skärningsslänter är i behov av erosionsskyddande åtgärder. Slänterna kommer att erosionsskyddas under våren 2005. I denna rapport lämnas en beskrivning av det förslag till åtgärder som projektgruppen har lämnat till Vägverket region Mitt. En rapport, som beskriver uppföljning av arbetet och resultat från första året, kommer att sammanställas i slutet av 2005.



Figur 46. Erosion i skärningslänter längs väg 630 runt Bydalen.

### 3.2 Geologisk, geoteknisk och hydrologisk beskrivning av området runt Lekarån vid Bydalen.

#### 3.2.1 Geologi

Bydalen ligger längs Lekaråns meandrande lopp. Ån är i området orienterad i huvudsak i VNV-OSO riktning och rinner ned i Dammån cirka 10 km öster om Bydalen. Dalen omges av Västfjället i norr och av Drommen i söder. Bydalen ligger cirka 500 möh medan de omgivande fjällen sträcker sig till en höjd av drygt 1000 möh.

Följande beskrivning bygger på ”Beskrivning till jordartskarta över Jämtland län” av Jan Lundquist (1969).

Vid den senaste istidens avsmältning bildades en issjö, N. Dromissjön, väster om Bydalen. Denna avvattnades troligen åt öster. Mjäligen till grusiga sediment är vanliga utmed fjällranden där issjöar varit dämda. I Höglekardalen, strax väster och Bydalen, har mjälan konstaterats vara tydligt varvig. Isälvsavlagringar i form av terrasser (möjligen delvis snarare issjöbildningar) förekommer utmed Lekarån och vidare mot NO förbi Bydalen. Längs Lekarån är materialet ofta sand och mo, medan sårksilt O om Bydalen det blir mycket grovt.

Norr och söder om älvsedimenten vid Lekarån består jorden i huvudsak av lerig eller moig morän. Blockhalten i området är låg till normal.

Ras och erosion är vanligt förekommande längs både Lekarån och fjällsluttningarna. Längs Västfjällets södra sluttningar har ån Flaskhalsen skurit sig ner i moränen och bildat en ravin. Med slamströmmar transporteras jordmaterial ner till åns utlopp i Lekarån just nedströms Bydalen. På Drommens norrsluttningar ner mot Lekarån har ett stort ras inträffat någon gång i början av 1990-talet, se Figur 47.

Enligt bergrundskartan över Jämtlands län (Gorbatshev, 1997) består berggrunden i området av Vemdalskvartsit.



Figur 47. Ras längs Lekaråns södra strand nedströms Bydalen.

### 3.2.2 Geoteknik

Geotekniska undersökningar har inte utförts i skärningsslänterna. Inför ombyggnaden av vägen utförde Scandiaconsult på uppdrag av Vägverket region Mitt störd provtagning i fyra punkter i befintlig vägbana. Provtagningen utfördes till två meters djup under vägbanan i sektionerna 12/100, 13/900, 14/500 och 15/200. Analys av jordproverna visade på 30-50 cm befintlig vägöverbyggnad på sandig eller siltig morän.

### 3.2.3 Hydrologi

Området tillhör de mer nederbördsrika områdena i Sverige. SMHI mäter sedan 1962 nederbörden en gång per dygn (manuellt) i Höglekardalen, cirka 4 kilometer sydväst om Bydalen. Data från stationen finns bland annat redovisat av Alexandersson & Eggertsson-Karlström (2001). Enligt denna rapport är årsnederbörden 801 mm som medelvärden under åren 1961–1990. Referensnormaler för nederbörd per månad under åren 1961-1990 redovisas i Tabell 8. Med referensnormaler avses medelvärden som hänför sig till aktuella förhållanden på mätplatsen. Högsta månadsnederbörden, 108 mm, inträffar statistiskt i juli men även september har hög månadsnederbörd med 102 mm.

Vid en jämförelse mellan referensnormaler för Bydalen och Bispgården kan konstateras att det i Bydalen statistiskt faller en större mängd nederbörd under alla årets månader. Störst procentuell skillnad råder mellan mängderna i april.

**Tabell 8. Referensnormaler för nederbörd (mm) i Bispgården under åren 1961-1990 (enligt Alexandersson och Eggertsson-Karlström, 2001).**

År	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
801	49	39	44	52	52	77	108	94	102	67	58	61

Inga mätningar av grundvattenstånd eller portryck har utförts inom området i anslutning till vägbygget. Grundvattensituationen kan eventuellt variera med vattenståndet i Lekarån vilket stiger kraftigt under snösmältningen. Slänternas krön ligger på nivåer omkring 590 till 600 meter över havet medan Lekaråns vattenstånd ligger ungefär på 570 meter över havet.

Nederbörden rinner antingen av direkt som ytavrinning, avdunstar, tas upp av vegetationen eller så infiltreras den ned i jordlagren och bildar vanligtvis så småningom grundvatten. Jorden är i vissa slänter skiktad med omväxlande mer respektive mindre genomsläpplig jord och vattenströmningen sker i jordlagren inte enbart vertikalt utan i många fall även horisontellt. Detta gäller framförallt för skärningen i sektion 15/280 där omväxlande blöta och torra partier har identifierats. Finjorden rinner vid nederbörd ner i diket.

### 3.3 Förslag till åtgärder

Totalt nio skärningsslänter mellan sektion 12/280 och 15/480 är aktuella för åtgärd med ingenjörsmetoder. Slänterna skiljer sig framförallt åt vad gäller lutning, längd, naturlig vegetation och vattenförhållanden. Olika åtgärder är därför föreslagna för slänterna.

Då inga geotekniska undersökningar är utförda i slänterna är djup till fastbotten, jordlagerföljder och vattenförande skikt inte kända. De föreslagna åtgärderna grundar



sig därför enbart på okulärbesiktning och inmätning av markytan. Åtgärdsförslagen framgår av Tabell 9. Slänterna har en lutning varierande mellan 34 och 40° och en höjd i den brantaste, närmast vägen liggande ytan av mellan 10 och 25 m. De flesta slänterna fortsätter med en flackare lutning ovanför denna höjd.

Okulär besiktning utfördes den 7 september 2004 av Bengt Hannersjö och Frans Birkl (båda Vägverket region Mitt), Karin Rankka (Statens geotekniska institut) och Urban Haqvinsson (NCC, Vägverkets entreprenör).

**Tabell 9. Föreslagna erosionskyddande åtgärder längs väg 630 vid Bydalen.**

<i>Tvärsektion</i>	<i>Slänt nummer</i>	<i>Åtgärd</i> <i>Åtgärderna finns beskrivna i Kapitel 3.4</i>	<i>Kommentar</i>
12/280	9	Sådd, erosionsmatta, plantering	Begränsad skada
13/650	8	Häck-grenlager	Många block, rörelse pågår, stenar i diket
14/240	7	Sådd, erosionsmatta, plantering	Begränsad skada
14/400	6	Sådd	Naturlig vegetation påbörjad
14/650	5	Sådd, erosionsmatta, plantering	Viss självläkning
15/200	4	Häck-grenlager	Blöt, brant
15/240	3	Sådd, erosionsmatta, plantering	Relativt torrt
15/280	2	Avvattningsdiken, sådd, plantering	Kraftig erosion pga. flera vattenförande skikt
15/480	1	Sådd, erosionsmatta, plantering	Brant, torr

### 3.3.1 Allmänna åtgärder

För samtliga slänter gäller de allmänna åtgärder som finns beskrivna i avsnitt 3.3.1.1 till 3.3.1.3

#### 3.3.1.1 Släntkrön

Släntkrön skall i samtliga slänter avjämnas så att inget ”överhäng” är kvar. Släntkrönen ges en mjuk avrundning. Detta gäller även slänTERS kanter, där överhäng förekommer.

#### 3.3.1.2 Befintlig vegetation

Barrväxter i eller i anslutning till erosionsskador fälls. Denna åtgärd utförs eftersom barrväxter inte är lämpliga för att skydda mot erosion och ytliga skred och för att konkurrensen om ljus, näring och vatten minskar, vilket gynnar den önskade lövvegetationen. Lövträd över 5–6 meters höjd i slänten gallras ut genom att de sågas

ner ca 20-30 cm över marken. De flesta lövträd som förekommer i slänterna bryter då med nya grenar från basen vilket ger en vegetation med bra vattenupptagande förmåga.

### 3.3.1.3 Lösa block

Lösa block i slänterna skall tas bort

## 3.4 Beskrivning av åtgärdernas utförande

### 3.4.1 Sådd av gräs

**Sådd** av gräs utförs genom sprutsådd. Frömängd skall uppgå till 1,5 kg gräsfrö (vägsläntsblandning) per 100 m<sup>2</sup>.

Gräsfrö skall uppfylla fodringarna för statsplombering, lägst klass D enligt Lantbruksstyrelsens Kungörelse om statsplombering av utsäde LSFS 1989:29.

**Sådd skall täckas med erosionsmatta** av vävda kokosnät, kvalitet minst 400 g/m<sup>2</sup> (KK-6, Thulica AB). Vid sådd tidigt på växtsäsongen kan jutenät, kvalitet 500 g/m<sup>2</sup> (JJ-1, Thulica AB) användas. Jutenädet ger dock ett kortvarigare skydd, endast en växtsäsong, jämfört med kokosnät som inte förmultnar förrän efter några år. Utläggning skall ske i släntens fallriktning efter sådd. Näten läggs med ett överlapp på 20–30 cm. Nät skall förankras med träkilar eller bockade armeringsjärn av minst 30 cm längd. Kilar sätts med ett avstånd på 75 cm vid krön och släntfot och ett avstånd på 1,5 meter vid kanter och överlapp. Vädens övre respektive nedre kant grävs ner och täcks med jord till en bredd av ca 30 cm.

### 3.4.2 Plantering av rotade plantor

Plantering av rotade plantor (artlista, se Kapitel 3.5.1) skall utföras med ett c/c på 1-1,5 m. Plantorna placeras ut slumpmässigt så att inget egentligt planteringsmönster kan skönjas. Hål (kryss) tas i erosionsmatta med exempelvis en spade. En grop grävs som är lika djup som rötterna är långa. Plantan placeras i hålet som fylls igen omedelbart för att förhindra uttorkning av rötterna.

### 3.4.3 Häck-grenlagermetoden

Häck-grenlagermetoden beskrivs i Kapitel 2.3.1. Efter att häck-grenlager har utförts skall ytan besås med gräsfröblandning, men ej täckas med kokos- eller jutenät.

## 3.5 Växtmaterial

Växtmaterialet som skall användas, skall dels bestå av rotade plantor (så kallade landskapsväxter) samt grenar av salixsläktet. Vid plantering används dock endast rotade plantor. Viktigt är att växtmaterialet utgörs av på eller i anslutning till platsen vildväxande arter. Val av växtmaterial måste därför grundas på en inventering av på platsen växande arter samt av ljus- och vattenförhållanden.

Kaj Rolf utförde en inventering av växtmaterial i anslutning till den aktuella vägen under våren 2004. Det föreslagna växtmaterialet bygger på denna inventering.

### 3.5.1 Arter

Vid **plantering** skall samtliga arter redovisade i Tabell 10 användas. Växterna blandas slumpmässigt vid plantering med den enda restriktionen att lågväxande arter i huvudsak placeras närmast vägen. Detta för att inte minska sikten för trafikanterna. Skogstry och måbär planteras närmast vägen med enstaka inslag av rönn (cirka 10 %) och längre upp i slänten planteras al och hägg med inblandning av alla de andra arterna (cirka 35 % måbär, 35 % skogstry, 10 % rönn, 10 % al och 10 % hägg).

I häck-grenlagret skall också samtliga arter redovisade i Tabell 10 användas. Dessutom skall orotat växtmaterial i form av avklippta grenar av släktet *salix* användas. Arter som växer i anslutning till arbetsplatsen bör väljas. Lämpliga arter är *Salix triandra* (mandelpil) och *Salix myrsinifolia* (svartvide) som finns naturligt i området runt Lekarån. Vanlig sälg (*Salix caprea*) är dock inte användbar. Kaj Rolf skall medverka vid val och skörd av växtmaterial, se punkt 3.6.

**Tabell 10. Landskapsväxter vid plantering och i häck-grenlager i Bydalen.**

<i>Art</i>		<i>Frökälla</i>	<i>Storlek (längd)</i>
<i>Latinskt namn</i>	<i>Svenskt namn</i>		
Alnus incana	Gråal	Deje E-planta	80-120
Lonicera xylosteum	Skogstry	Åmål E-planta	50-80
Prunus padus	Hägg	Laila E-planta	50-80
Ribes alpinum	Måbär		50-80
Sorbus aucuparia	Rönn	Västeråker E-planta	50-80

### 3.5.2 Kapning grenar

Grenar avverkas i närheten av vägen och transporteras direkt till arbetsplats där de kapas i en (1) meter långa bitar. Kapning skall ske tidsmässigt i nära anslutning till att grenarna läggs in i slänten för att minimera risken för uttorkning. Minsta diameter efter kapning får inte understiga 20 mm.

### 3.5.3 Lagring av växtmaterial

Beskrivning av hur växtmaterial skall behandlas och lagras framgår av Kapitel 2.3.2.

### 3.5.4 Antal växter och grenar

Minimum 10 stycken orotade grenar av salix, av ovan angiven dimension, skall användas per löpmeter för häck-grenlager. För de rotade plantorna gäller att mellan 3 och 5 stycken skall användas per löpmeter.

## 3.6 Arbetets utförande

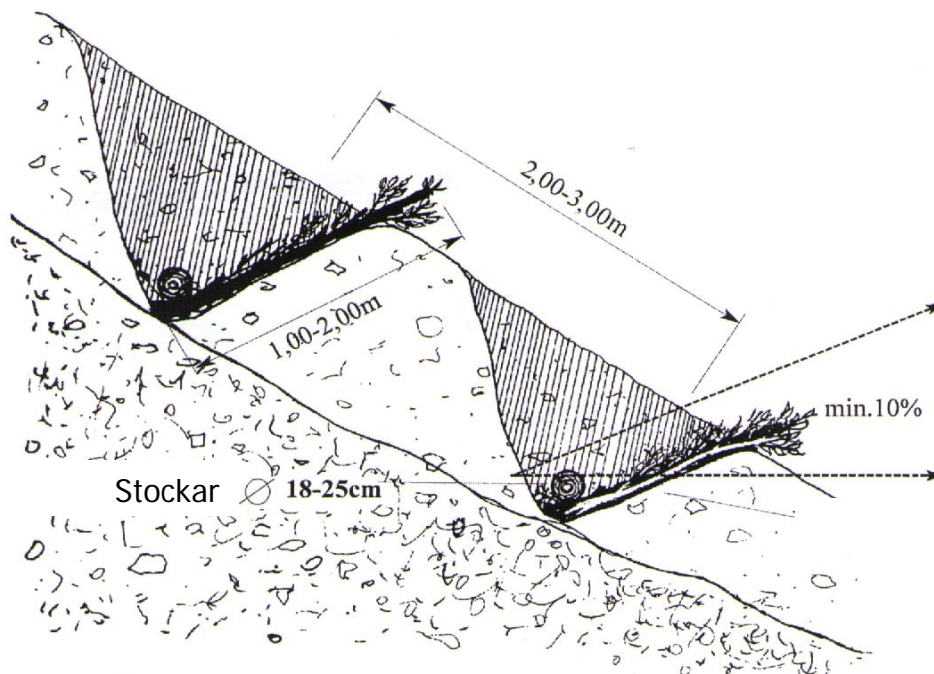
Arbete med växtetablering skall utföras då marken ej längre är tjälad och före lövsprickning. Det innebär att arbetena måste utföras före juni 2005.

## 3.7 Planerade arbeten och mätningar under 2005

Under våren 2005 kommer mätutrustning för markfuktighet och nederbörd att installeras i området. Mätningar kommer sedan att pågå under flera år under

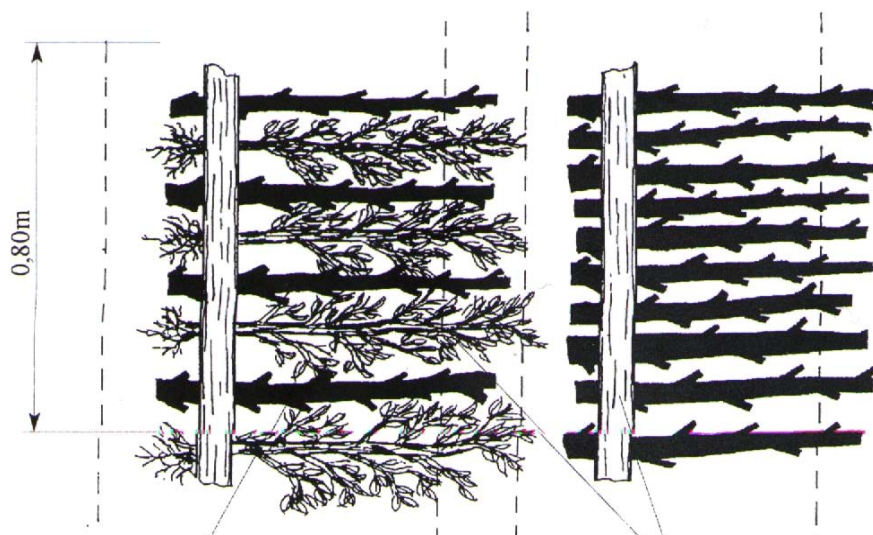
sommarhalvåret. Växternas utveckling och påverkan på erosionen kommer att studeras okulärt vid flera tillfällen under åren.

## BILAGA 1. PRINCIPSKISS VISANDE HÄCK- OCH GRENLAGER



Häck-gren lager

grenlager



Rotade plantor

Salixgrenar

Principskiss för utförande av häck-grenlager. Observera att i Bispgården och Bydalen skall inte stockarna som visas i figuren vara med eftersom det inte bedöms som nödvändigt. Radavståndet är cirka 3 meter och schaktdjup 0,7 till 0,8 m.

#### 4 REFERENSER

- Alexandersson, H., Eggertsson-Karlström, C. (2001). Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961–1990. Referensnormaler – utgåva 2. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Norrköping.
- Gorbatshev, R. (1997). Beskrivning till berggrundkartan över Jämtlands län. Sveriges Geologiska Undersökning. Uppsala.
- Lundquist, J. (1969). Beskrivning till jordartskarta över Jämtland län. Sveriges Geologiska Undersökning. Stockholm.
- Mossberg, B., och Stenberg, L. (2003). Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand.
- Piga, C. (1996). Ingenjörbiologi, växten som ett levande byggmaterial. Kurslitteratur Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Rankka, K. (2002). Slå rot och väx upp, eller Vegetation som förstärkningsmetod. Litteraturstudie. Rapport i Räddningsverkets serie Forsknings och utvecklingsrapporter. Räddningsverket, Karlstad.
- Schiechl, H. M., Stern, R. (1996). Ground bioengineering techniques for slope protection and erosion control. Blackwell Science Ltd.
- SGU (1969). Jordartskarta över Jämtlands län. Serie Ca Nr 45. Sveriges Geologiska Undersökning. Stockholm.
- SGU (1984). Bergrundskarta över Jämtlands län. Serie Ca Nr 53. Sveriges Geologiska Undersökning. Uppsala.
- Strand Hübinette, E. (2004). Ingenjörbiologisk stabilisering av en vägslänt. Demonstrationsförsök på en siltjord i Jämtland. Examensarbeten inom Landskapsingenjörsprogrammet. 2004:32. Institutionen för Landskaps- och trädgårdsteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.
- Svensson, L. (1991). Vägslänten som teknikens biotop. Institutionen för landskapsplanering, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.
- Vägverket (1999). Bestämning av vattenkvoter. Ny sträckning länsväg 87 mellan Döda Fallet och Bispgården. Objekt 3515.
- Vägverket (2004). Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktion. Publikation 2004:111. Borlänge.





**Statens geotekniska institut**  
**Swedish Geotechnical Institute**

SE-581 93 Linköping, Sweden

Tel 013-20 18 00, Int + 46 13 201800

Fax 013-20 19 14, Int + 46 13 201914

E-mail: [sgi@swedgeo.se](mailto:sgi@swedgeo.se) Internet: [www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)