



MSB

**Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och
slänter vid skogsbruk och exploatering**

Litteraturstudie



Datum: 2016-08-17
Uppdragsledare: Karin Lundström
Handläggare: Karin Lundström
Diariennr: 1.1-1401-0079
Uppdragsnr: 15248

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD 5

1	BAKGRUND	6
2	SYFTE	9
3	VEGETATIONENS EFFEKT PÅ FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR JORDRÖRELSE	10
3.1	Hydrologi	11
3.2	Vatten i jorden	13
3.3	Jordlagrens egenskaper.....	14
3.4	Destabiliserande krafter	14
4	METODIK FÖR IDENTIFIERING AV KÄNSLIGA OMRÅDEN	16
4.1	British Colombia	16
4.2	Norge: Praktisk värdering av skog som skyddar mot ras och slamströmmar	19
5	ANPASSNING AV ARBETEN MED ATT FÖRÄNDRA VEGETATIONEN	20
5.1	Avverkning	20
5.2	Vägar	20
5.2.1	Vägdiken, avvattnings, dränering	23
5.2.2	Terrängkörning	28
5.2.3	Underhåll och avveckling	29
5.2.4	Upplagsplatser	29
6	REFERENSER	30

FÖRORD

Under åren 2014-2016 driver ett antal myndigheter, bland annat Trafikverket, Statens geotekniska institut (SGI), Skogsstyrelsen och Sveriges geologiska undersökning (SGU) gemensam projektet ” Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering”. Projektet finansieras i huvudsak av MSB.

Projektet syftar till att minska negativ påverkan från skogsbruk och exploatering på förutsättningarna för jordrörelser så som erosion, ras, slamströmmar, översvämningar och ravintillväxt. Inom projektet har ett antal aktiviteter genomförts som i huvudsak syftar till att:

- sammanställa befintlig kunskap, inom litteraturen och bland verksamma, om vegetationens och olika skogsbruksåtgärders effekt på förutsättningar för jordrörelser
- ta fram metodik för att lokalisera vilka områden som är känsliga för vegetationsförändringar
- visa på hur man genom anpassningsåtgärder kan minska risken att orsaka negativa konsekvenser
- visa vilket ansvar myndigheter, organisationer, markägare och entreprenörer har vid planering och utförande av vegetationsförändringar i känsliga områden.

Resultat från projektet finns även presenterat i följande rapporter som kan laddas ner från Skogsstyrelsens hemsida.

- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller exploatering. Statens geotekniska institut, SGI, 2016.
- Exempelsamling över anpassningar av åtgärder för att förhindra erosion och stabilitetsproblem i slänter i samband med skogsbruk eller exploatering. Skogsstyrelsen, Rapport 09:2016
- Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada. Skogsstyrelsen, Rapport 08: 2016
- Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering. Slutrapport. Skogsstyrelsen, Rapport 11:2016.

Denna skriften är sammanställd av Karin Lundström, SGI. Anja Lomander, Skogsstyrelsen har bidragit med synpunkter.

Linköping 2016-08-17.

1 BAKGRUND

I branta jordslänter kan ras inträffa och längs bäckraviner kan slamströmmar utlösas. Ytvatten som rinner längs fåror i sluttningar kan leda till bildande av djupa raviner. Ras, slamströmmar och ravintillväxt utlöses ofta av långvarig eller intensiv nederbörd. I slänter orsakar nederbörden en höjning av grundvattenytan som i grov jord leder till minskad stabilitet. Dessutom orsakar nederbörden en ökad ytaavrinning och till att vattnet letar sig nya vägar. En ökad och förändrad ytaavrinning kan leda till erosion som i sin tur kan utlösa ras eller ravintillväxt. Längs bäckdalar orsakar nederbörden höga flöden som drar med sig sten, block, träd och annat ner längs bäckfåran. Förutsättningarna för dessa jordrörelser påverkas av förändringar av vegetationen i området.

Exempel på inträffade jordrörelser i områden där vegetationsförändringar skett finns bland annat längs älvdalarna, i fjällnära områden och längs förkastningsbranter. Det finns flera exempel på jordrörelser uppkomna i anslutning till avverkade eller i Sysslebäck inträffade 1997 ett ras i en kalavverkad sluttning ner mot Klarälven (Figur 1). Nedanför ett kalavverkat område på Säterberget nordväst om Filipstad skedde 1977 en mycket kraftig ravinbildning (Figur 2). Nedanför ett kalavverkat området längs Selångersån inträffade 2006 en kraftig ravintillväxt (Figur 3). Ett ras skedde i ett kalavverkat område längs Lögdeälven (Figur 4).



Figur 1. Raset i Sysslebäck 1997. Foto: SGI.



Figur 2. Säterbergssravinen som bildades 1977. Foto: SGU.



Figur 3. Ravintillväxt i sluttning längs Selångersån 2006. Foto: Trafikverket.



Figur 4. Ras i avverkat område längs Lögdeälven. Foto: Skogsstyrelsen.

2 SYFTE

Syfte med föreliggande rapport är att ge en sammanställning över kunskapsläget nationellt och internationellt när det gäller hur förändring av vegetationen påverkar förutsättningarna för ras, erosion och slamströmmar samt hur man kan anpassa arbeten och utförande i syfte att minska risken för skador.

Sammanställningen har begränsats till att framförallt omfatta länder med liknande geologiska och topografiska förhållanden som de i Sverige. Därför finns erfarenheter från Norge, Kanada, USA och Sverige presenterade. Utöver dessa länder har även vissa erfarenheter från Österrike tagits med, i huvudsak eftersom en studieresa med projektets arbetsgrupp genomfördes till Tyrolen under 2014. Sammanställningen gör inte anspråk på att vara heltäckande utan utgör en presentation av det som har bedömts intressant ur projektets synvinkel.

3 VEGETATIONENS EFFEKT PÅ FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR JORDRÖRELSER

Erfarenheter visar att ras och erosion inträffar oftare på öppna marker än på de som är täckta av skog (Høydal et al, 2013). Högst påverkan fås i själva området där raset startar men jordmassorna kan även transporteras längre eftersom avsaknaden av vegetation leder till mindre uppbromsande krafter. Raset i Sysslebäck (Figur 1) startade i en brant sluttning i ett avverkat område ovanför bebyggelsen. Även drivningsvägar och skogsbilvägar kan leda till ökad förutsättning för ras och erosion i samband med intensiv eller långvarig nederbörd. Vid bygge av vägar koncentreras ofta ytvatten till diken och trummor, vatten leds ut över nya orörda områden, skärningsslänter görs branta, jordlager blottläggs och sluttningar kan påföras laster i form av jordhögar och upplag av timmer. Fergus et al (2011) skriver att naturliga sluttningar har anpassats till de förhållanden som har rått där genom årtusenden men om förhållandena förändras, exempelvis om de utsätts för koncentrerade flöden på nya platser, kan ras utlösas.

Rickli et al (2004) beskriver hur människan sedan medeltiden insett skogens positiva effekter på framförallt blocknedfall och laviner men även ras och slamströmmar. Undersökningar av inträffade ras i Österrike visade att för släntlutningar upp 38°-40° uppstod betydligt färre ras i skogstäckta marker jämfört med i öppna ytor. För brantare lutningar syntes ingen effekt av skogen på antalet ras.

Avverkning leder ofta till större och förändrade flöden i befintliga bäckar nedströms det aktuella området. Pike et al (2010) ger följande beskrivning:

Ras i slänter där skogsbruk bedrivits orsakas av förlust av rötternas förmåga att binda ihop jorden, att vatten infiltreras eller tar nya vägar, att markytans och jordlagrens struktur ändras och att dräneringsvägar förändras.

Risker för slamströmmar uppstår på grund av det ökade flödet men också på grund av att död ved (grenar, stockar och annan bråte) efter avverkning blir liggande i raviner och därmed utgör ett hinder för vatten att rinna den naturliga vägen vilket kan orsaka uppdämning, översvämning och när det brister – en slamström. Slamströmmen kan i sin tur orsaka erosion i släntfot av sidoslänterna vars stabilitet kan minska. Vägkorsningar över/i raviner kan skapa flera problem; om kulvertar är blockerade av död ved kan vägens fyllningsmaterial bli vattenmättat och rasa, vägar längs branta ravinslänter kan rasa, och en för brant vägbank kan rasa. Alla dessa ras kan leda till ökad mängd jord, död ved ner i ravinen. Vägdikey som leder vatten till en ravin ökar flödet i bäcken och kan orsaka en slamström. Likaså kan vatten som leds bort från ravinen, exempelvis längs vägbankar över raviner, orsaka ras i öppna slänter.

Inför förändringar av växtligheten i branta sluttningar och längs bäckraviner är det därför viktigt att känna till de risker som föreligger och hur man kan reducera dessa.

Vegetationens fysikaliska effekter på slänter och raviner kan indelas i effekter på hydrologin, effekter på jordlagrens egenskaper och uppkomst av destabiliserande krafter. De olika typerna av effekter samt hur stora effekterna kan bli vid förändringar av vegetationen presenteras i avsnitt 3.1 till 3.4.

Skogen kan ha direkt eller indirekt effekt på förutsättningarna för laviner, blocknedfall, ras och slamströmmar menar Bauerhansl et al (2010). Med direkt effekt menar de den skog som hindrar rörelsen från att starta eller nå hotade objekt. Med indirekt effekt avses effekter på en större/regional skala, exempelvis skog långt bort i ett

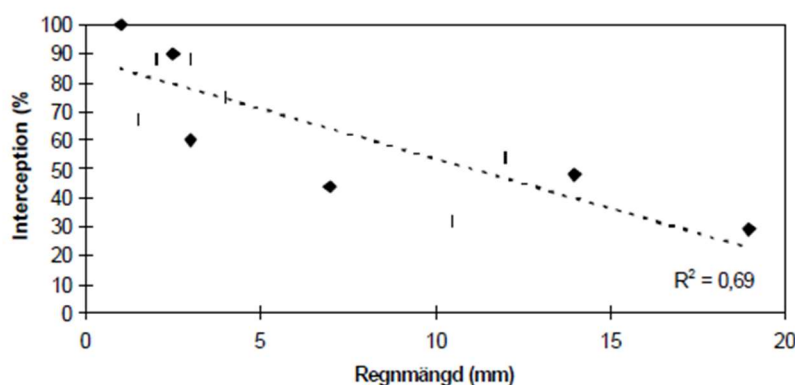
avrinningsområde som har effekt på vattenflödet i ett vattendrag. Författarna menar vidare att skog har stor effekt när det gäller att förhindra ett ras att starta, både längs långa sluttningar och i slänter mot vattendrag. Däremot anses skog ha liten effekt som skydd mot rasmassor under rörelse. Bauerhansl et al (2010) skriver vidare att man i alpländerna anser att skog med krontäckning under 30 % inte har någon skyddande effekt.

3.1 Hydrologi

Ytvatten

På markytan rinnande vatten kan riva loss och transportera jordpartiklar ner för en sluttning. Vegetationen kan minska denna risk genom att dels hindra vatten från att nå markytan, dels genom att bromsa upp och sänka hastigheten på det vatten som strömmar på markytan och dels genom att rötterna binder samman jordpartiklarna. En tät vegetation kan dessutom fånga upp jordmaterial som eroderats loss högre upp i slänten. På så sätt förhindras transport av partiklar till vattendrag vilket i sin tur kan förhindra ytterligare erosion nedströms på grund av de transporterande jordkornens eroderande verkan. Vid torr väderlek skyddar växtlighet markytan från uppsprickning. En uppsprucken markyta kan vid kraftig nederbörd fyllas med vatten som verkar som en last på slänten.

Enligt Lundmark (1986) fastnar drygt 50 % av årsnederbörden i en granskog i trädkronorna och når inte markytan. Detta fenomen kallas interception. Interceptionen ökar med minskad nederbördsmängd, se Figur 5. Vid små nederbördsmängder förmår endast en liten mängd vatten att nå markytan (hög interception). Genom att regn ofta faller lite snett och att träden därvid ger regnskuggverkan på läsidan är nederbörden i gläntor endast drygt 60 % av den på ett öppet fält.



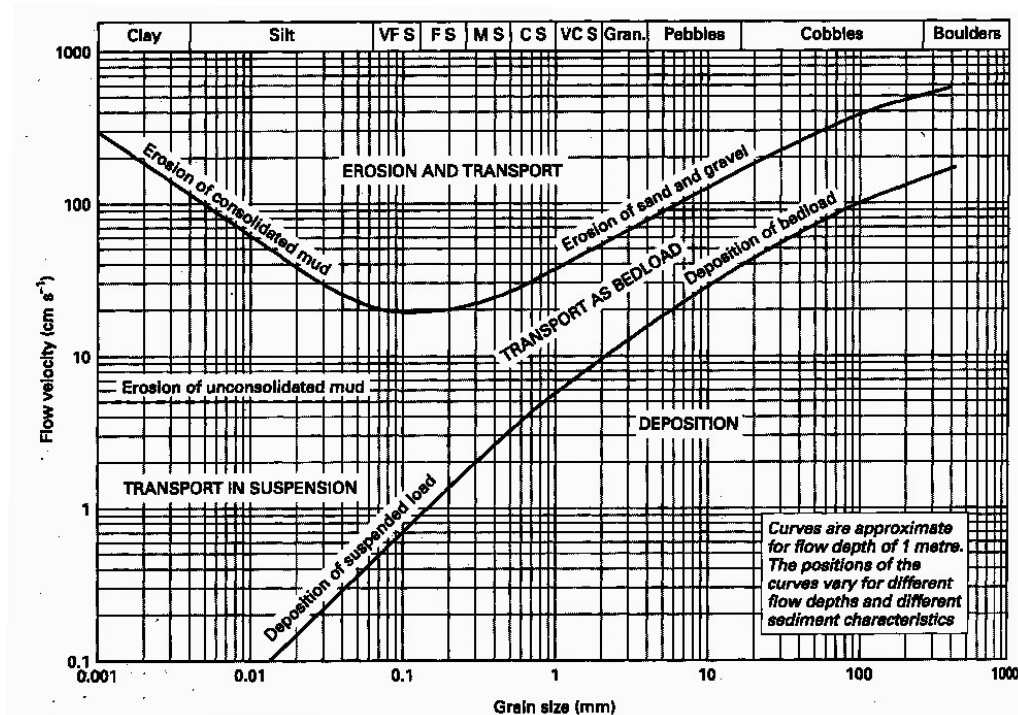
Figur 5. Interceptionens variation med regnmängd vid 12 nederbördstillfällen i Dingle, Bohuslän (efter Jonsson, 1998)

Lundmark (1986) visar resultat från mätningar utförda av avrinning i två små avrinningsområden i Gävleborgs län före och 2-3 år efter skogsavverkning. Mätningarna visade att avrinningen ökade med ca 100 %. Författaren menar att detta är extremt för svenska förhållanden och att ökningen normalt ligger i storleksordningen 50 %. Lundmark skriver vidare att avrinningen minskar med tiden efter avverkningen men att amerikanska undersökningar visar att avrinningen 20 år efter avverkning fortfarande är förhöjd.

I ett forskningsprojekt i norra Sverige (se Kuglerová, 2010) studerades förändringar i bäckflöden under en treårsperiod efter skogsavverkning. Efter avverkningen ökade avrinningen med ca 30 % i genomsnitt vid de båda avverkade områdena i förhållande till

referensområdena. Antalet dagar med låg avrinning ($< 1 \text{ mm/dag}$) minskade med cirka 20 % efter avverkning för alla avverkade områden. Antalet dagar med måttlig avrinning ($1\text{--}5 \text{ mm/dag}$) ökade med mer än 60 %. Den årliga evapotranspiration i de avverkade ytorna minskade från 286 mm år 2005 till 167 mm år 2006 och 151 mm i 2007, medan den ökade igen under 2008, möjligen på grund av återväxt i markvegetationen. Snöackumuleringen var högre på de öppna områdena i förhållande till skogen vilket resulterar i en skillnad i snödjup på ca 8–18 cm som motsvarar en förändring i mängd nederbörd av 30 och 80 mm. Författaren menar att dessa resultat tyder på att skogsavverkning starkt påverkar vattenbalansen i ett avrinningsområde och att den högre avrinningen orsakas främst av lägre evapotranspiration under växtsäsongen samt högre ackumulering av snö och därför större mängden smält vattenbidrag. Enligt Kuglerová visar de flesta studier från boreala skogar liknande effekter av skogsavverkning, även om den exakta omfattningen av förändringarna är svåra att förutse.

Avrinningshastigheten på ytan påverkas av vegetationens utbredning och dess höjd i förhållande till vattendjupet. Inom hydrauliken pratar man om ytråhet, som kan motsvaras av att vegetationen ger en friktion mot det rinnande vattnet. Långt gräs ($> 250 \text{ mm}$) kan ge en 2,5 gånger så hög ytråhet som kort gräs ($< 150 \text{ mm}$) och därmed sänka hastigheten med 60%. En sänkning av avrinningshastigheten med 60 % ger avsevärt lägre förutsättning för erosion. Detta kan schematiskt illustreras med hjälp av Hjulströms diagram, se Figur 6. Av figuren framgår att det för att erodera grus (kornstorlek från 2 mm) krävs en ungefärlig vattenhastighet av 60 cm/s. Om hastigheten sänks till 24 cm/s kan inte korn större än 0,3 mm förflyttas, vilket motsvarar kornstorleken för mellansand.

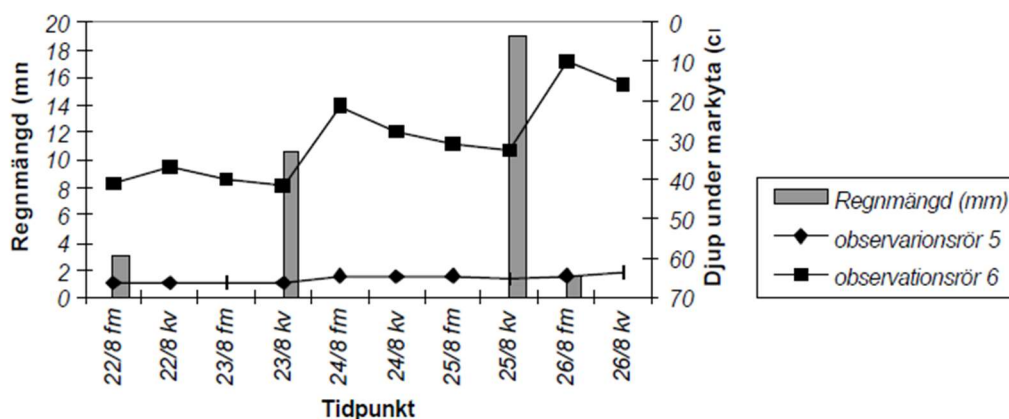


Figur 6. Hjulströms diagram som visar vilken vattenhastighet som krävs för att erodera, transportera och deponera jord med olika kornstorlekar.

3.2 Vatten i jorden

Växtlighet tar upp vatten ur marken vilket leder till en jord med lägre fukttinhåll i den omättade zonen och eventuellt en lägre grundvattenyta och lägre gräns för den kapillära zonen. Porvattentryck, positiva och negativa, spelar en stor roll för en jords dränerade hållfasthet. Ju högre vattentryck (positiva) desto lägre hållfasthet och därmed lägre stabilitet. Ur stabilitetssynpunkt är den kritiska perioden för många slänter under senhösten efter långvariga regn (regn ger att höga vattentryck). Växternas påverkan på fukttinhållet skiljer sig kraftigt under året. Under höst och vinterhalvåret vilar växterna och behöver inte så mycket vatten. Det innebär att när vattentrycken vanligen är som högst i slänterna har växterna inte så stora behov av vatten varför effekten av vegetationen på jordens dimensionerande hållfasthet är diskutabel. Coppin och Richards (1990) menar därför att effekten av växternas upptagning av vatten på jordens hållfasthet troligtvis är lägre än rötternas förstärkande effekt.

Jonsson (1998) studerade effekter på grundvattennivån efter kalhuggning utanför Dingle i Bohuslän. Grundvattenytan på kalhygget ökade markant efter avverkning i jämförelse med de förändringar som uppstod under samma period i en referensyta som var skogsbevuxen. Detta var särskilt uppenbart i de lägre partierna av den avverkade sluttningen där grundvattenytan under hela undersökningsperioden befanns i markytan medan den i den skogsbeklädda sluttningen aldrig nådde upp till marknivån. Grundvattennivån i det kalavverkade området ökade vid nederbörd vilket inte syntes vid mätningarna i skogsområdet, se Figur 7. Jonsson (1998) menar att orsaken till detta är utebliven interception och transpiration. Lundmark (1986) visar att grundvattennivån ökar efter kalavverkning. Ökningens storlek beror på var grundvattenytan låg före avverkningen. Exempelvis visas att den genomsnittliga höjningen för en ståndort där grundvattenytan före avverkning låg 100 cm under markytan blir 60 cm.

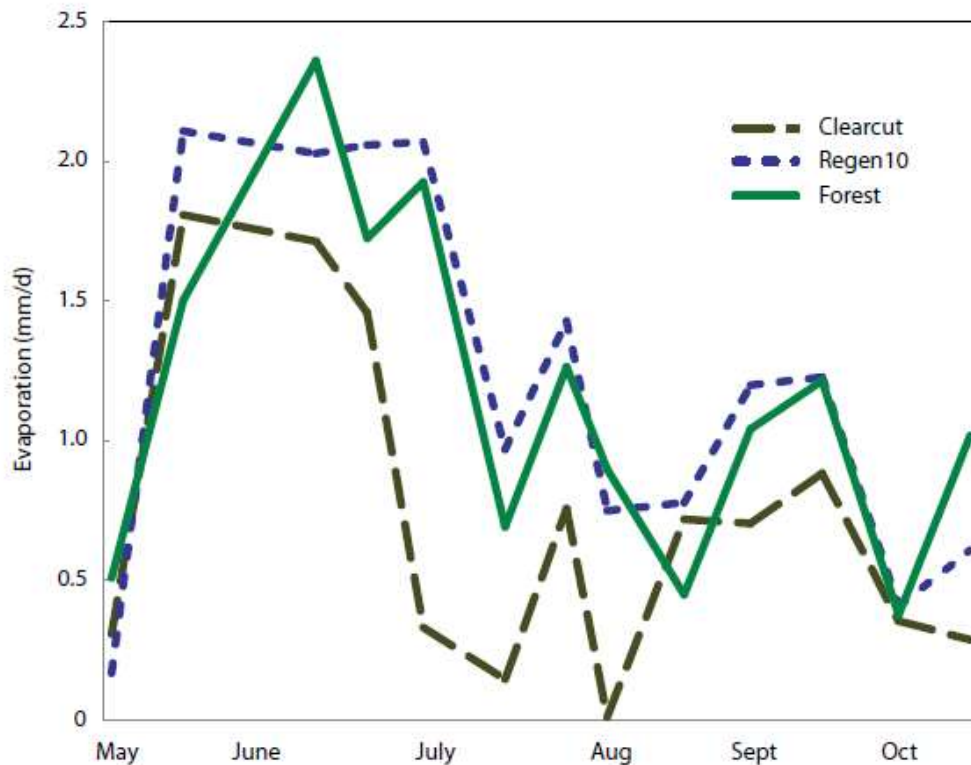


Figur 7. Nederbörens påverkan på ytligt grundvatten i skog (observationsrör 5) och på hygge (observationsrör 6) under några dygn i augusti 1997. Efter Jonsson (1998).

När man ändrar eller tar bort växtlighet påverkar man den avdunstning som växterna står för genom sin interception och evapotranspiration. Minskade avdunstningsförluster resultera i ökad mängd vatten i marken som i sin tur minskar hållfastheten i jorden och ökar sannolikheten för snabbare och högre toppflöden.

Pike et al. (2010) beskriver en undersökning av evapotranspiration från skogsområden, från kalavverkade ytor och från 10 år gammal granskog, se Figur 8. Som ses i figuren är evapotranspirationen betydligt högre i skogsområdet jämfört med i det kalavverkade

området men ungefär lika stor som i området med den 10 år gamla skogen. Data baseras på mätning av vattenkvot och nederbörd samt uppskattning av avrinning med en vattenbalansmodell.



Figur 8. Evapotranspiration i en granskog (grön heldragen linje), en kalavverkning (brun-grön streckad linje) och i en 10 år gammal granskog (blå streckad linje). Efter Pike et al (2010).

3.3 Jordlagrens egenskaper

Rotsystem i jorden bidrar till en ökning av hållfastheten dels genom att jorden binds samman och dels genom att rottrådar motverkar skjuvning längs en glidyta. Hållfasthetsökningen på grund av vegetationen beror av antal rötter, rötternas draghållfasthet, förhållande mellan rötternas längd och diameter, rötternas ytråhet (friktion längs rötterna), rötternas rakhet samt orientering av rötterna i förhållande till jordens huvudspänningar (Coppin och Richards, 1990). Gräs, små buskar och ärtväxter kan ge en tydlig förstärkningseffekt ner till 0,75 – 1,5 m medan träd ger djupare effekt och kan öka hållfastheten till 3 m djup eller mer beroende på rotmorfologin och växtart (Styczen och Morgan, i Morgan och Rickson, 1995).

Coppin och Richards (1990) beskriver hur träd kan förankra jorden i en slänt genom att uppta vertikala laster, fungera som stödpelare åt jordmassor ovan trädrotterna samt bidra till valvbildning av massor som befinner sig mellan de av stödpelarna påverkade områdena.

Buskar och träd lämpliga för att förstärka slänter beskrivs av Rankka (2002).

3.4 Destabiliserande krafter

Större träd påverkar slänten med sin egenvikt. I släntfot är detta positivt då ökad vikt ger större mothåll. I de övre delarna av slänten ger egenvikten ett negativt bidrag i form av en ökad pådrivande vikt men även en hållfasthetsökning i jorden. Ökad belastning leder

till ökade spänningar vilket i jord ger högre hållfasthet. Sellby (1993) visar med enkel matematik att vikten av träd påverkar stabiliteten positivt i slänter med lutningar under 34° men att de kan ge negativa faktorer i brantare sluttningar om inte de negativa effekterna av egenvikter kompenseras av rötternas bidrag till hållfastheten, minskat vatteninnehåll och/eller den minskade risken för erosion. En kraftig vind över en vegetation av höga buskar eller träd kan ge en belastning på slänten och minska stabiliteten. En förödande sekundär effekt erhålls dessutom om ett träd blåser omkull med en rotvälta och ett stort sår uppstår i marken. I såret kan vatten infiltreras och orsaka erosion och ras. Vindlast är endast av betydelse då vindstyrkan är större än 11 m/s (Coppin och Richards, 1990). Vindlast kan ha en destabiliserande effekt på en slänt vare sig om den är uppåtriktad i slänten eller om den är nedåtriktad. Om vegetationens rötterna är ytliga eller djupa är avgörande för vilken effekt vindlasten har.

4 METODIK FÖR IDENTIFIERING AV KÄNSLIGA OMRÅDEN

Vid planering av förändringar av vegetationstäckningen inom ett område bör områdets känslighet för förändringar, exempelvis avverkning, gallring, dikning, framförande av tunga fordon, vägbyggnation, värderas. Stabilitets- och avrinningsförhållanden för slänter och raviner i friktionsjord påverkas framförallt av topografi, jordens tekniska egenskaper, grundvattennivåer, nederbörd och växlighetens typ och omfattning.

Gillies (2007) anger att det alltid är billigare att förebygga erosion, ras och slamströmmar än att åtgärda uppkomna skador. En metodik för att identifiera känsliga områden och en plan för hur skador ska förhindras, bör därför alltid tas fram. Gillies skriver vidare att en metodik för identifiering av känsliga områden måste bygga på förutsättning, förhållanden och erfarenheter från det aktuella området. En metodik framtagen i ett område går inte direkt att applicera på andra förhållanden.

En översiktlig metodik för identifiering av känsliga områden finns framtagen i British Colombia (Ministry of Forest, 1999). Delar av denna beskrivs i avsnitt 4.1. I Norge finns kriterier framtagna för identifiering av skog som skyddas mot laviner och blocknedfall (Høydal et al, 2013). Liknande kriterier för ras och slamströmmar finns dock, enligt samma författaren, ännu inte framtagna i Norge. I avsnitt 0 finns förslag sammanfattade och som de anger bör användas vid värdering av skogen som skydd mot ras och slamströmmar.

4.1 British Colombia

I ”Mapping and assessing terrain stability guidebook” (Ministry of Forest, 1999) beskrivs en metodik för översiktlig kartering av slänters och raviners förutsättningar för ras och slamströmmar och som till följd av det kan vara känsliga för vegetationsförändringar. Karteringen sker i en stegvis ökande detaljeringsgrad.

De kriterier som används för att utpeka områden är lutning, jordart i markytan, jordlagrens textur, jordmäktighet, morfologi, fuktförhållanden och pågående geomorfologiska processer. På grund av regionala variationer i klimat, geologi, mark och andra faktorer, har dock inte kriterier som gäller universellt kunnat tas fram. Författarna anger även att det krävs att den som gör kartläggningen har egen erfarenhet från det aktuella området för att definiera specifika kriterier. Vidare anser författarna att det också krävs att det i kartläggningen, förutom studier av kartmaterial, ingår fältkontroller och att samma person utför båda dessa delar. Detta för att dessa båda arbeten bygger på varandra.

I *Tabell 1* visas ett exempel på olika stabilitetsklasser som anges i guideboken. Författarna påpekar att detta är hypotetiska kriterier och att specifika kriterier alltid måste sättas upp utifrån det aktuella områdets karaktär. I syfte att värdera förutsättningarna för att rasmassor kommer ner i bäckar eller raviner (och därmed att de fortsätter som en slamström nedför ravinen) beskrivs 3 olika klasser (*Tabell 2*). Dessutom beskrivs olika parametrar (*Tabell 3*), som bör ingå i värderingen av förutsättningarna för ras och erosion.

Tabell 1. Exempel på olika stabilitetsklasser avseende ras orsakade av förändringar av vegetationstäckningen. Efter Ministry of Forest (1999).

Stabilitets-klass	Kriterier
I	- Flacka slänter med lutning $<11^\circ$ (1:5)
II - stabil	- Svagt sluttande slänter 11° - 21° (1:5 – 1:2,5), dåligt till väl dränerade marker - Måttligt sluttande slänter 21° - 32° (1:2,5 – 1:1,6), bra till snabbt dränerande marklager
III – liten fara	- Måttligt sluttande slänter 21° - 32° (1:2,5 – 1:1,6), ofullständigt till dåligt dränerade marklager - Måttligt sluttande 21° - 32° (1:2,5 – 1:1,6), djupt ravinformade områden
IV – potentiellt farliga	- Branta slänter $>32^\circ$ ($> 1:1,6$), väl dränerade - Måttligt sluttande 21° - 32° (1:2,5 – 1:1,6), djupt ravinformade områden som har ofullständigt till dåligt dränerade marklager
V - ostabila	- Mycket branta slänter $>35^\circ$, dåligt dränerade, djupa ravinformationer - Områden där ras identifierats på flygbilder

Tabell 2. Exempel på olika klasser för värdering av sannolikhet att ras eller eroderade jordmassor når bäck eller ravinformation. Efter Ministry of Forest (1999).

Klass	Kriterier
1 Låg sannolikhet	- Slänter är likformiga*, släntfot ligger > 100 m från bäck/ravin. - Inga tecken på att ras eller erosion tidigare nått bäcken/ravinen - Ev rasmassor påverkar inte bäckens lopp (bäcken är bred, bäcken har ett avlagringsområde just där)
2 Måttlig sannolikhet	- Slänter är likformiga*, släntfot ligger 50-100 m från bäck/ravin. - Det finns tecken på att ras och/eller erosion i mindre omfattning tidigare nått bäcken/ravinen - Ev rasmassor påverkar bäckens lopp i en mindre omfattning
3 Hög sannolikhet	- Slänter är likformiga* och släntfot ligger <50 m från bäck/ravin. - Det finns tydliga tecken på att ras och/eller erosion tidigare nått bäcken/ravinen - Eventuella rasmassor skulle påverka bäckens lopp

* Slänter ner mot vattendraget är jämna i ytan och inte färdade av raviner.

Tabell 3. Parametrar som bör studeras i fält och som utgör indikationer på förutsättningar för ras och slamströmmar.

-
- spår från tidigare ras eller slamströmmar (även ytor där vegetationen har återhämtat sig från tidigare händelser)
 - träd som lutar i olika riktningar
 - raka stråk av vegetation med samma ålder
 - rasmassor vid nedre del av sluttningarna
 - rasmassor (sten och block) som fastnad vid trädstammar
 - böjda träd
 - sprickbildning i marken
 - dåligt dränerad eller fårad jord
 - grunda, raka fördjupningar
 - grunda, fuktiga, organiska jordar i sluttningar
 - nyligen bildade raviner
 - bar jord på ravinsidor
 - rasmassor vid ravinens mynning
 - vegetationen i ravinen mycket yngre än i den intilliggande skogen
 - utsipprande vatten vid släntfot
 - terrasseringar (soliflukationsvallar)
 - talus (avsättningar av sten och block nedanför en brant bergsslänt)
-

4.2 Norge: Praktisk värdering av skog som skyddar mot ras och slamströmmar

Høydal et al (2013) beskriver att vid värdering av skogen som skydd mot ras och slamströmmar så kan följande punkter vara till hjälp:

- Är släntlutningen större än 20°? Då kan det finnas förutsättningar för jordskred.
- Finns det bäckar eller raviner i området? Hur branta är dessa?
- Kan bäckar och raviner transportera slamströmmar?
 - o Geomorfologiska former som härrör från tidigare händelser.
 - o Avrinningsområde – vilka förhållanden råder där (lutning, jordar, växtlighet, vatten etc)?
 - o Transportkapacitet – vad har bäcken för förmåga att transportera jordmaterial?
- Har skogen längs bäcken/ravinen någon effekt på flödet i bäcken och på förutsättningarna för slamströmmar? Finns det någon risk att träd blockerar åfåran och riskerar att orsaka dämning?
- Finns det lösa jordmassor som kan rasa i eller nedanför skogen?

Författarna skriver vidare att det är blandskog som visat sig bäst som skydd mot erosion. I en blandskog når ofta mer solljus ner till marken och ger därmed bättre förutsättningar för en god undervegetation av gräs, örter och buskar som binder jorden i markytan. Skötsel av skogen för att behålla blandskogen krävs.

Man anger att innan avverkning genomförs bör konsekvenserna av ökad rasrisk värderas. Det måste värderas om skogen ska få status som värnskog och skötas därefter eller om avverkningen kan anpassas så att rasrisken inte ökar.

5 ANPASSNING AV ARBETEN MED ATT FÖRÄNDRA VEGETATIONEN

Om förändringar av vegetationen planeras inom ett område identifierade som känsligt bör man exempelvis vidta särskilda försiktighetsåtgärder, utföra förebyggande åtgärder eller i särskilt känsliga områden kanske inte alls utföra några förändringar. I *Best management practices for water quality* (New York State forestry, 2011) skriver man att man vid arbete inom känsliga område bör tänka på följande:

- att minimera markstörningarna
- att minimera skärningar och bankar
- att minimera antalet korsningar över vattendrag
- att sörja för god och beständig dränering av skogsvägar och drivnings- och skotningsvägar
- att planera för buffertområden omkring känsliga områden.

Pike et al (2010) skriver att det mest effektiva sättet att undvika problem med ras är att inte bedriva skogsbruk i känsliga områden.

Gillies (2007) beskriver vikten av att innan t ex en skoglig åtgärd påbörjas kommunicera tydligt till alla berörda parter, vilka risker som föreligger och vilka åtgärder som krävs för att minimera dessa. Författaren skriver vidare att grundprincipen alltid bör vara att påverka så lite som möjligt och att återställa så snart som möjligt.

Fergus et al (2011) skriver att blandskog med olikåldrig skog är bäst för att reducera faran för ras.

I detta avsnitt sammanfattas några åtgärder för att minska faran för ras, erosion och slamströmmar då förändringar utförs i skogsområden.

5.1 Avverkning

Pike et al (2010) beskriver följande när det gäller olika avverkningsmetoders påverkan på faran för erosion och ras:

Färre ras inträffar vanligen i brant terräng som avverkats genom blädning jämfört med kalavverkade områden. Luckhuggning (metod där ytor om högst 1 ha avverkas) minskar troligen inte risken för ras såvida huggningen inte bara utförs inom mycket små ytor, på stabila områden och inte lämnar kanträd som är utsatta för stormfällning. Blädning resulterar i färre ras eftersom påverkan på rotsystemen och vattenbalansen blir mindre jämfört med kalavverkning.

Vid transport av timmer ut från det avverkade området fås den minsta påverkan på markförhållandena om helikopter eller linbana (där träden lyfts över marken och inte dras längs med den) används.

Gillies (2007) menar att det är viktigt att avverkade ytor inte lämnas med en jämn yta utan att man ruggar upp den eller lägger ut exempelvis grenar, kvistar eller avbaningsmassor för att minska risken för erosion.

5.2 Vägar

I detta avsnitt sammanfattas åtgärder och teknik vid vägbyggen i känslig terräng. Med väg avser vi i denna skrift skogsbilväg (huvudsakligen avsedd för skogsbrukets behov där virkestransport kan ske med lastbil), traktorväg (iordningställd väg av varaktig

beskaffenhet huvudsakligen avsedd för skogsbrukets behov där virkestransport kan ske med terränggående motorfordon, men inte med lastbil) och drivnings- och skotningsvägar.

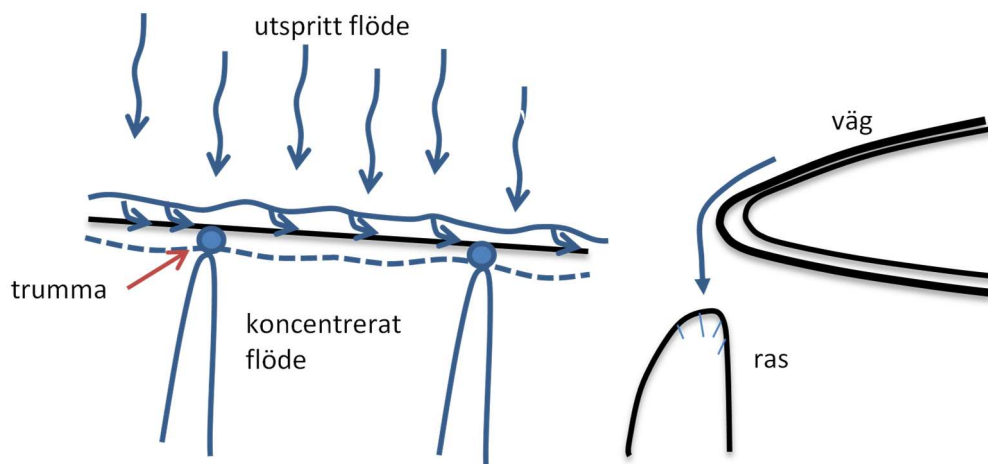
Talbot (2013) undersökte problem med ras och erosion kopplat till drivningsvägar i branta sluttningar. Han skriver att analyser visar att utformningen av vägnätet har stor betydelse för erosionsrisken och att det finns potential för att utformningen kan ske bättre. Erosion uppstår ofta vid förgreningspunkterna i vägnätet och att det beror på att trummor sällan används vid drivningsvägar. Vidare noterades att ras var vanliga i höga skärningsslänter och ett förslag är därför att dessa återställs efter avverkningen. För att undgå körskador och reducera erosion föreslår författaren att spill efter avverkning (grenar, toppar, kvistar) läggs ut på marken.

Ministry of forest (2002) skriver att för att inom ett område upprätthålla det naturliga dräneringsmönstret, bör vattnet behållas i sitt eget avrinningsområde, om inte det är nödvändigt att flytta det till ett annat område för att undvika instabilitet eller känsliga jordar.

Enligt Gillies (2007) är vägar den primära erosionskällan i skogsterräng. Erosion kan ske längs med vägen, i diken och i sidoslänter. Dränering i anslutning till vägar är kritiska när det gäller orsak till erosion.

Enligt Pike et al (2010) är orsaken till problem kring vägar som går på skrå i branta sluttningar att:

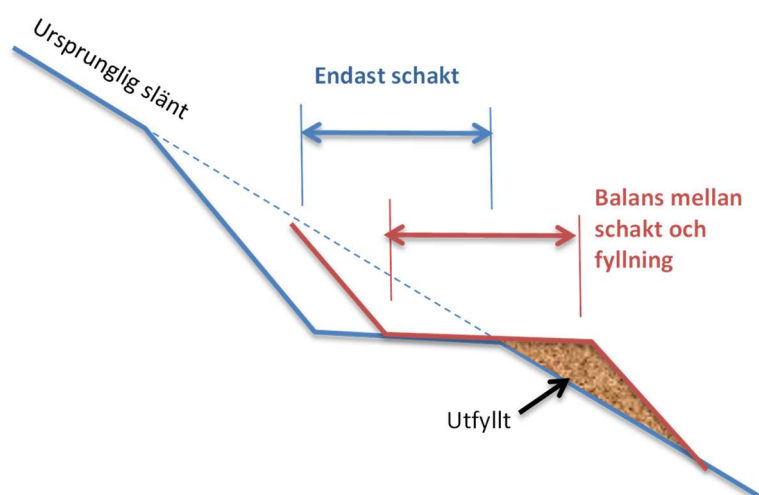
- vatten i diken på uppströmssidan av vägen infiltrerar in under vägen och trycker ut vägen eller gör den instabil.
- för små trummor läggs under vägen som kan leda till översvämning, dämning eller bortspolning av väg och trumma.
- reservtrummor som kan komma i bruk i händelse av stopp eller mycket höga flöden saknas
- när vatten leds till trummor under vägen koncentreras vattnet på nedströmssidan, se Figur 9
- när sluttningen ändrar riktning fortsätter vattnet rakt fram istället för att följa vägen och skär ner i sluttningen och orsakar ras, se Figur 9.
- dräneringar och diken inte sköts



Figur 9. Förändringar av vattenflöde invid vägar i sluttningar. Till vänster: ett utspritt flöde ovan vägen blir ett koncentrerat flöde nedanför. Till höger: när sluttningen ändrar riktning finns risk att dikesvatten, istället för att följa vägen, skär ner i sluttningen.

New York State Forestry (2011) skriver att skogsvägar inte bör anläggas direkt invid bäckar, dammar, sjöar och våtmarker. New Hampshire (2004) påpekar att alla ytor där mineraljord blottlagts bör erosionsskyddas så snart som möjligt med exempelvis ny vegetation, erosionsmattor eller sten.

Ministry of Forest (2002) skriver att det vanligaste sättet att bygga skogsvägar är att gräva ur på ovansidan om vägen och att med dessa massor fylla ut på nedsidan, se Figur 10. Detta anges inte vara så lämpligt ur ras- och erosionssynpunkt. I brant terräng är det svårt att få tillräcklig hållfasthet och stabilitet i det utfyllda materialet och man riskerar att få ras i nedslänten och i yttre delen av vägen. Istället anser de att man bör gräva ur till vägens fulla bredd och transportera bort det utgrävda materialet. De påpekar vidare att detta förfarande kräver dock ofta att man stabiliserar och erosionsskyddar uppslänten för att inte den ska rasa.



Figur 10. Olika sätt att bygga en väg på skrå över en sluttning. I brant terräng är det, enligt Gillies (2007) bäst ur stabilitetsynpunkt att schakta ur för hela vägens bredd och att schaktmassorna körs bort från området (blå färg) eller så schaktas för en del av vägens bredd och dessa massor läggs på nedsidan för att konstruera full vägbredd (röd färg).

Skärningsslänter, även moderat lutande, måste ofta erosionsskyddas. Det viktigaste, enligt Gillies (2007), är att behålla så mycket som möjligt av den befintliga vegetationen, att täcka bar jord så snart som möjligt, att inte släta till markytan (vatten får högre fart och mer rinner av om ytan är slänt jämfört med en ojämn yta), att minimera det vatten som rinner ner för släntytan. Författaren ger flera exempel på hur vegetation kan återetableras i skärningsslänter.

Skogsstyrelsen (Gunnarsson et al, 2010) har en skrift med anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar som bör följas.

5.2.1 Vägdiken, avvattning, dränering

I detta avsnitt beskrivs åtgärder för att avvattna vägar och dess närområde. Vägdiken, avvattning och dränering av skogsvägar är väsentligt inte bara för vägens stabilitet och funktionalitet utan även för omliggande markers stabilitet.

Fergus et al (2011) skriver att då en väg byggs i en jordskärning kommer mer vatten att samlas i vägdiket än det vatten som vanligtvis rinner av på markytan (det extra vattnet utgörs av grundvatten) och dikessystemen måste dimensioneras därefter.

Johnsrud (2013) anger maximalt avstånd mellan trummor för skogsbilvägar i långa, sluttningar enligt Tabell 4. Enligt Skogfors (2015) kan ett riktvärde för antalet trummor i sluttande terräng vara 4 trummor på kilometer, över trummor för bäckar och andra vattendrag. New Hampshire (2004) anger maximalt avstånd mellan trummor beroende på släntlutningen enligt Tabell 5.

Tabell 4. Maximalt avstånd mellan trummor för skogsbilvägar enligt Johnsrud (2013) beroende på vägens stigning.

Stigning (%)	Maximalt avstånd (meter)
8	100
10	90
12	70
14	50

Tabell 5. Maximalt avstånd mellan trummor för skogsvägar enligt New Hampshire (2004) beroende på vägens stigning.

Stigning (%)	Maximalt avstånd (meter)
1-2	100
3-10	45
>10	30

I sluttande terräng kan vatten som rinner längs vägbanan få hög fart och orsaka kraftig erosion. Flera rapporter (bland annat Ministry of forest, 2002, New York State forestry, 2011) anger att man när det gäller skogsbilvägar bör anlägga korsdiken tvärs vägen, se Figur 11. För mindre vägar (traktorvägar) anger New York State forestry (2011) att man, istället för korsdiken, kan anlägga konstgjorda motlutningar (gupp) tvärs vägen för

att styra bort vatten från vägbanan, se Figur 12. Guppen/motlutningarna måste utformas så att de leder vatten till nedströmssidan av vägen. De bör ha en lutning i vertikalplanet av 1-2% och inte anläggas vinkelrätt, utan i svag lutning, mot väglinjens riktning. Ju brantare längslutning, desto större antal vattenavledade motlut är nödvändiga för att styra avrinningen. Av Tabell 6 framgår lämpliga avstånd mellan guppen/motluten, beroende av vägens längslutning, som anges i New York State forestry (2011). Ytterligare ett förslag, som bland andra ges av Gillies (2007), är att bygga en avledande gummi-skärm tvärs vägen. Den kan köras över med arbetsfordonen varvid den temporärt viks ned.

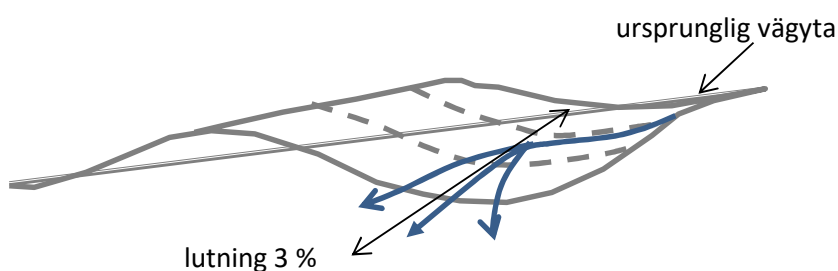
I Österrike urformar man mindre vägar med svag lutning ut mot nedslänten och undviker att gräva vägdiken mellan väg och uppslänt. Detta för att vatten som kommer rinnande uppifrån ska rinna över vägen och inte infiltrera in i vägen via diket eller rinna längs vägen.

Tabell 6. Föreslagna avstånd mellan motlut beroende på vägens längslutning. Efter New York State forestry (2011).

Längslutning, (grader)	Avstånd mellan motlut (meter)
1	83
3	45
6	27
9	20
11	15
14	12
16	10



Figur 11. Korsdiken tvärs vägar i Österrike. Utförs då vägen sluttar brant och risk finns att vattnet får så hög fart att det kan erodera vägbanan eller då man vill hindra vatten från att fortsätta längs vägen och påverka objekt nedanför. Foto: SGI.



Figur 12. Konstgjort motlut i vägbanan för att styra vatten bort från vägen.

Gillies (2007) anger att man måste tillse att det dikesvatten som leds ut i skogen leds till ett stabilt och för erosion inte känsligt område. Författaren anger även att avståndet mellan dessa utledsplatser måste dimensioneras (risk erosion i diken, trumkapacitet, möjlighet för skogen att ta hand om omlett vatten). I Sverige måste dikesvatten filtreras på andra sätt, exempelvis genom användning av sedimenteringsbassänger, siltgardiner eller geosynteter innan det släpps ut i vattendrag.

Följande är hämtat från rekommendationer i *Ministry of forest (2002)* avseende diken och dränering kring skogsvägar:

Man bör konstruera diken och dräneringssystemet vartefter konstruktionen fortskrider eller så snart markförhållandena tillåter. Man bör undvika kraftiga krökar vid utformning av diken.

För att minska flödeshastigheten i vägdiken i sluttande terräng kan man anlägga hinder i diket som blockerar vatten från att fortsätta följa diket och istället leds det in i ett tvärdike under eller genom vägen. Hindret kan vara konstruerat på olika sätt men det viktigaste är att det är av erosionsbeständigt material och att krönet är ungefär 0,3 m lägre än nivån för den intilliggande vägens överyta. Denna nivåskillnad är nödvändig i händelse av att tvärdiket (trumma eller öppet) blir igensatt. För att undvika att vattnet stiger över vägens nivå kan det på detta sätt istället fortsätta över hindrets krön, ner till nästa hinder. För att minska flödeshastigheten i diken kan man också bygga energidämpande trappor (erosionstrappor), se Figur 13.

Om marken är känslig för erosion kan man behöva justera dikens lutning eller tvärsnitt, ha extra tätt mellan trummor eller tvärdiken, installera erosionsskydd vid inloppet och utloppet från trummor/tvärdiken. Man bör utforma sina diken och avvattningsystem för högvattenflöden. Vegetation bör etableras i skärningsslänter och dikesslänter så snart som möjligt eftersom det ger ett mycket effektivt erosionsskydd.

In- och utlopp bör utformas så att de inte kan bli igensatta av material från vägbanan.

Fergus et al (2011) beskriver en typ av korsdiken som också är ett alternativ till trummor i traktorvägar. En stenränna anläggs med en vinkel tvärs vägen, se Figur 14. Danielson (2013) beskriver också att man för traktorvägar och andra mindre vägar kan anlägga vad de kallar "lavbrekk", se Figur 15, som är en stenränna. Dessa ersätter trummor och leder således vatten såväl från vägdiken på ovansidan vägen och de vatten som kommer rinnande längs vägbanan, ut från vägen.



Figur 13. Erosionsdämpade trappor i Åre. Foto: SGI.



Figur 14. Stenränna som fungerar som korsdike och trumma. Efter Fergus et al (2011).



Figur 15. Breda korsdiken längs traktorväg i Norge. Leder vatten från vägdiken och vatten som rinner ner för vägen, ut på nedsläntsidan. Foto: Jonsson, NGI.

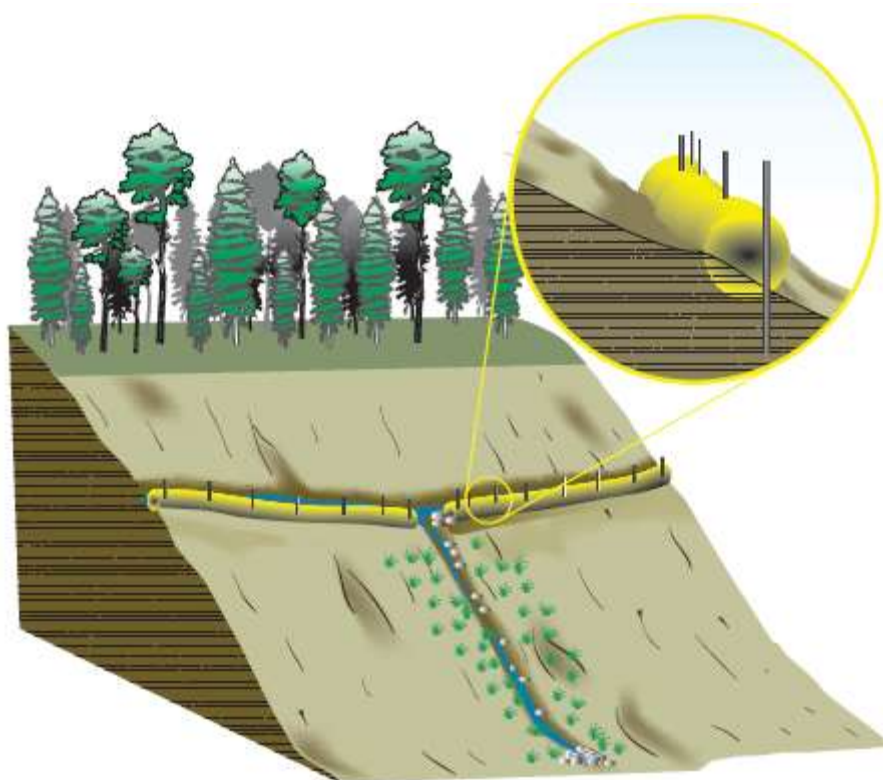
Följande är hämtat från rekommendationer som Gillies (2007) ger avseende skärningsslänter och diken:

För att hindra trummor att sätta igenom eller sediment att nå vattendrag kan olika typer av sedimentfällor användas i diken. Exempel på sådana är geotextilgardiner, halmbalar och vegetation. Halmbalar används även för att minska vattenhastigheten exempelvis genom att utforma en energidämpande trappa eller ett meandrande förlopp. Dessa anordningar innebär även att jordpartiklar sedimenterar. För att minska vattenhastigheten i diken kan man även bygga små stentrappor (erosionsdämpande trappor) mellan vilka avståndet kan beräknas med följande formel:

$$\text{avstånd mellan trappor} = \frac{\text{trappans höjd}}{\text{bäckens bottenlutning}} \quad (\text{m})$$

Stentrapporna kan kläs in i geotextil för att minska risken för erosion av stenarna vid extrema flöden.

Ovanför branta skärningsslänter bör man anlägga ett avskärande dike för att fånga ytvatten och grundvatten från ovanförliggande områden. Vattnet från detta leds bort från slänten eller ner för slänten i en erosionssäkrad ränna (exempelvis av trä eller plast). Man kan även anlägga avskärande diken tvärs slänten för att hindra ytvatten från att få för hög fart ner för sluttningen. Istället för diken kan man anlägga en barriär som samlar upp vattnet, se Figur 16. Barriären kan exempelvis utgöras av halm-balar, faskiner eller gummiskärmar väl förankrade i marken. I moderata lutande sluttningar kan stockar som läggs tvärs slänten verka bromsande på ytvattnets hastighet.



Figur 16. Avskärande barriär som samlar upp och leder vatten till erosionssäkrat dike. Efter Gillies (2007).

New York State forestry (2011) skriver att de flesta problem kan förebyggas eller minimeras genom att man utför arbetena i rätt tid. Exempel som de redovisar är:

- Vinteravverkning medför att fördelar på grund av snötäcket och tjälad mark.
- Broar och trummor bör byggas under sommaren när vattenflödet är lågt i vattendrag.
- Vägar ska byggas i god tid för att möjliggöra att schaktad jord hinner stabiliseras innan vägen ska användas.

5.2.2 Terrängkörning

Fergus et al (2011) beskriver problemen med körskador och risken för erosion och ras. I branta sluttningar är det vanligt att maskiner framförs rakt upp och ned för sluttningen och att vatten följer spåren. Författarna skriver att körskador bör åtgärdas och man bör tillse att vattnet inte kan få för hög fart genom att flacka ut traktorvägen med vissa intervaller och/eller leda bort vattnet till fastmark eller myr.

5.2.3 Underhåll och avveckling

Bland andra Ministry of Forest (2002) skriver att vägdiken, trummor, dräneringssystem och skärningsslänter kräver underhåll och att en person bör utses som ansvarig för underhållet. Denne bör värdera potentiella konsekvenser av om ras eller erosion sker på grund av dåligt underhåll. Konsekvenser kan utgöras av människor, hus, infrastruktur, vattenförsörjning, skogsmark (inklusive timmer). Inspektion bör göras med vissa intervaller och efter extrema väderhändelser. Vegetationen i skärningsslänter och längs vägen bör skötas för att undvika erosion och att träd böjer ner över vägen av tung snö. Diken och trummor bör rensas från skräp, alla erosionsförebyggande åtgärder inspekteras så att de är funktionsdugliga och eventuella skador på trummor bör repareras. Omkullfallna träd i bäckar eller diken bör tas bort.

New Hampshire (2004) skriver att alla trummor som anlagts för temporära vägar och sådana som inte kommer att underhållas bör avlägsnas och ersättas med öppna system efter avverkning är utförd.

New York state (2011) skriver att alla drivningsvägar bör repareras och jämnas (exv spårbildning) efter avverkning och lämnas i ett tillstånd i vilket de kan motstå erosion.

5.2.4 Upplagsplatser

New Hampshire (2004) ger följande råd avseende upplagsplatser för timmer:

- Lokaliseras inte närmare än 30 från bäckar, sjöar eller våtmarker
- Lokaliseras inte i närheten av dåligt dränerade områden
- Lokalisera på svagt sluttande mark (för dränering)
- Se till att vatten från upplagsplatsen rinner av till lämpliga områden

Enligt Trafikverket (2015) krävs i Sverige alltid tillstånd för upplag av timmer vare sig det är vid eller utanför en väg.

6 REFERENSER

- Coppin N.J., Richards, I.G. (1990). Use of vegetation in civil engineering. CIRIA. Westminster.
- Bauerhansl C., Berger F., Dorren L., Duc P., Ginzler C., Kleemayr K., Koch V., Koukal T., Mattiuzzi M., Perzl F., Prskawetz M., Schadauer K., Schneider W., Seebach L. (2010). Development of harmonized indicators and estimation procedures for forests with protective functions against natural hazards in the alpine space. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. Luxembourg.
- Fergus T., Høydal Ø.A., Johnsrud T-E., Sandersen F., Schanche S. (2011). Skogsveger og skredfare – veileder. NGI, NSV, SKI, Landbruks- og matdepartementet. Biri.
- Gillies C. (2007). Erosion and sediment control practices for forest roads nad stream crossings. A practical operations guide. Advantage Vol 9 no 5. Vancouver.
- Gunnarsson, S., Hallgren P., Christoffersson P. (2010). Anvisningar för projektering och byggande av skogsbilvägar klass 3 och 4. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Høydal Ø.A., Breien H., Sandersen F. (2013). Forslag til kriterier for vernskog mot skred NGI Rapport 20120078-01-R. Oslo.
- Johnsrud T-E. (2013). Normaler för landburksveirer med byggebeskrivning. Landbruks- og matdepratementet och Statens landbruksforvalning. Biri.
- Jonsson P. (1998). En jämförande studie av grunt grundvatten i skog och hygge. Projektarbete. Geovetarcentrum Göteborgs Universitet. Göteborg.
- Kuglerová L. (2010). Effects of forest harvesting on the hydrology of boreal streams. The importance of vegetation for the water balance of a boreal forest. Examensarbete i biologi. Institutionen för skogens ekologi och skötsel. SLU. Umeå.
- Lundmark J-E. (1986). Skogsmarkens ekologi. Ståndortsanpassat skogsbruk. Skogsstyrelsen. Jönköping.
- Ministry of Forest (1999). Mapping and assessing terrain stability guidebook. British Columbia. Ministry of Forests. II Series: Forest practices code of British Columbia.
- Ministry of Forest (2002). Forest road engineering guidebook. For. Prac. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Forest Practices Code of British Columbia Guidebook. Victoria.
- Morgan, R. P. C. & Rickson, R. J. (1995). Slope stabilisation and erosion control. A bioengineering approach. E &FN SPON, London.
- New Hampshire (2004). Deptartment of Resources & Economic Development, Division of Forests & Lands. Best management practices for Erosion Control on Timber Harvesting Operations in New Hampshire.
- New York State forestry (2011). Best management practices for water quality. Field guide. New York State Department of Environmental Conservation.
- Pike R. G., Redding T. E., Moore R.D., Winkler R. D., Bladon K. D. (2010). Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia, volume 2. B.C. Ministry of Forests and Range Research Branch. Victoria, B.C.

- Rankka K., (2002). Slå rot och väx upp. Vegetation som förstärkningsmetod en litteraturstudie. Statens Räddningsverk. Karlstad.
- Rickli C., Graf F., Gerber W., Frei M., Böll A. (2004). Der Wald und seine Bedeutung bei Naturgefahren geologischen Ursprungs. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Forum für Wissen 2004.
- Selby M. J. (1993). Hillslope materials and processes. Second Edition Oxford University press.
- Skogfors (2015). Kunskap direkt. <http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/vagar/>
- Talbot, B. (2013). Forprosjekt – evaluering av gravedrifter. Norsk institutt for for skog og landskap, Publikation 115. Ås.
- Trafikverket (2015). Upplag av virke och skogsbränsle vid allmän och enskild väg. Trafikverket, Borlänge.