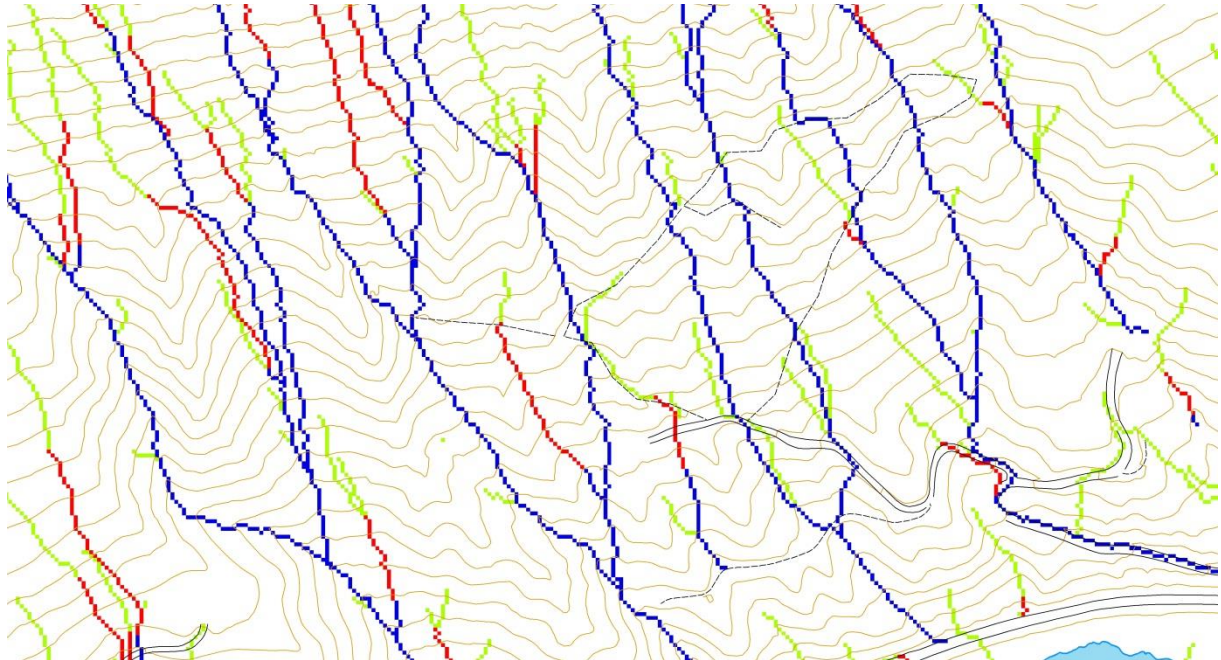


Sluttrapport

VVS – Vann, Veier og Skogsdrift



Januar 2019

Jan Bjerketvedt, NIBIO

Erik Gjerstadberget, Mjøsen Skog SA

Finansieringskilder:

Utviklingsfondet for skogbruket

Skogtiltaksfondet

Sammendrag

Hovedmålet for prosjektet har vært å redusere vannrelaterte naturskader som erosjon og jordskred i tilknytning til skogsveier og skogsdrift i bratt terreng. Fokus har vært rettet mot å utvikle metodikk for bedre dreneringsløsninger på skogsveier, men tiltak for å minimalisere den skadelige effekten av kjørespor knyttet til skogsdrift inngår også.

Gjennom kurs for godkjenning av profesjonelle veiplanleggere i landbruket har skogsveiplanleggerne tilført praktiske erfaringer til problemstillingene som er blitt belyst. Veiplanlegger Erik Gjerstadberget, Mjøsen Skog SA, har vært direkte involvert i prosjektet med et av sine konkrete veiprojekter i bratt terreng. Skogkurs vil implementere resultater fra dette prosjektet inn i en oppdatert utgave av 2011-publikasjonen «Skogsveger og skredfare – veileder».

Prosjektet har tatt utgangspunkt i bruk av laserskanning som grunnlagsdata for analysene, da dette om kort tid vil være tilgjengelig for hele landet. Disse høydedataene benyttes til å bygge opp en digital terrengmodell (DTM) med varierende rutetetthet avhengig av analyseformål.

Bratthetsanalyse visualiserer terrengoverflatens hellingsvariasjon. Den gir mye informasjon både til planlegging av veier og drifter. Videre kan man analysere hvordan terrenget varierer langs høydekurvene ved hjelp av funksjonen Plan Curvature. Resultatet identifiserer rygger og daler i lisdene. Skredrenner og ravinelandskap vil være lettere å stedfeste ved hjelp av denne analysen. Funksjonen Profile Curvature analyserer hvordan terrengvariasjonen er på tvers av høydekurvene. Resultatet identifiserer konvekse og konkave terrengformer. I skredsammenheng vil man ofte finne utløsningsområder hvor terrenget har en konveks form. For en taubane vil konvekse områder være potensielle områder for øvre feste, mens nedre del av konkave områder er egnet for nedre feste.

Flomavrenningsanalyse viser hvor vanntransporten vil foregå i en flomsituasjon. Dette er en god indikator for lokalisering av skogsbilveiens kulverter og utgangspunkt for å identifisere nedslagsfelt og tilhørende data for å gjøre dimensjoneringsberegninger. I prosjektet er det utviklet en regnearkmodell til dette bruk. Det er også utviklet en regnearkmodell for beregning av vannhastighet i grøfter med hensyn til erosjonsfare.

Markfuktighetskart tar også utgangspunkt i flomavrenningsanalysen, men bruker resultatet til å bygge opp et vannveisystem og beregner deretter sannsynlig dybde til vann for områdene mellom vannveiene. Jo mindre dybde til vann, jo større fare for dårlig bæreevne og tilhørende kjøreskader.

I bratt terreng vil kjørespor kunne lede vann. Barlegging og transport vinkelrett på høydekurvene reduserer problemet. Et jevnlig ettersyn av drifts- og skogsbilveienes dreneringssystem under drift opprettholder de naturlige vannveiene.

Innhold

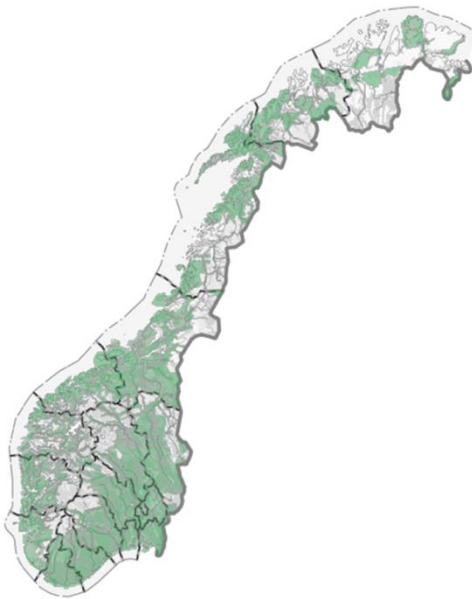
Sammendrag	1
Innledning.....	3
Gjennomføring.....	3
Digitale terrengmodeller	4
Analyser.....	5
Bratthetsanalyse	5
Plan curvature.....	6
Profile curvature	7
Flomavrenning (FlowAccumulation)	9
Dimensjonering (kulverter og broer)	12
Grøfter - erosjon	16
Markfuktighetskart	19
Skogsdrift - avvirkning.....	21
Under og etter drift.....	23
Fallgruver.....	24
Andre geodatakilder	25
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)	25
Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE)	26
Norges Geotekniske Institutt (NGI).....	29
Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).....	29
Statens kartverk.....	29
Konklusjon	30
Presentasjoner.....	31
Relaterte publikasjoner:.....	31
Litteratur	32

Innledning

Hovedmålet for prosjektet er å redusere vannrelaterte naturskader som erosjon og jordskred i tilknytning til skogsveier og skogsdrift i bratt terreng. Dette søkes nådd dels gjennom å utvikle metodikk for bedre dreneringsløsninger på skogsveier og dels gjennom å minimalisere den skadelige effekten av kjørespor knyttet til skogsdrift.

Gjennomføring

I prosjektet har de profesjonelle veiplanleggerne i landbruket vært både en målgruppe og bidragsytere. Gjennom ulike samlinger og kurs har de fått teoretisk input, men også vært prøvekaniner for regnearkmodeller og bidragsytere med praktiske erfaringer. Veiplanlegger Erik Gjerstadberget fra Mjøsen Skog SA har deltatt i prosjektet med et utfordrende veianlegg i bratt terreng og stått for utarbeidelse av digitale veiplandata. I samarbeid med Skogkurs har prosjektet fått plass på arrangementer både for profesjonelle veiplanleggere, kommunalt ansatte i Gudbrandsdalen, Fagsamling Vei og inn mot Naturfareforum. Skogkurs vil også bidra med å få prosjektets resultater inn i en oppdatert versjon av «Skogsveger og skredfare – veileder» som ble utgitt i 2011. Prosjektet har vært finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket og Skogtiltaksfondet.



Figur 1. Utbredelse av laserdata. Hoydedata.no

Det er valgt å basere prosjektets analyser med utgangspunkt i høydedata fra laserskanning. I dag er det varierende tilgang på denne type data rundt om i landet, men innen få år vil en landsdekkende høydedatabase fra laserskanning være etablert og dette vil være den beste datakilden for detaljerte analyser av terrenget.

I beskrivelsen av de ulike analysefunksjonene basert på digitale terrengmodeller (DTM) er det tatt utgangspunkt i ArcMap fra ESRI og benyttet deres funksjonsnavn, men tilsvarende funksjonalitet finnes i de fleste andre geografiske informasjonssystemer (GIS).

Digitale terrengmodeller

En digital terrengmodell (Digital Terrain Model, DTM) eller digital høydemodell, DHM, (Digital Elevation Model, DEM) er en modell som gir høyden på bakkenivå. Dette gir en tredimensjonal digital modell av terrenget, som regel organisert som et regelmessig rutenett (grid).

En annen variant er digital overflatemodell, DOM, (Digital Surface Model, DSM) som også inneholder data fra vegetasjon, takflater og lignende.

I tillegg har man TIN (Triangulated Irregular Network), som er en digital høydemodell hvor punktene er organisert som hjørnene i trekantene og trekantene kan ha ulik form og størrelse, og utgjør dermed et uregelmessig nettverk.

Høydedataene som modellene bygges opp av i prosjektet vil være bakketreff (punkter) fra flybåren laserskanning (FLS), men det kan også benyttes høydekurver fra kart og/eller punkter fra markmålte data.

Med dagens utstyr kan en forvente en punktnøyaktighet i størrelsesorden 2-20 cm (standardavvik) i høyde (Statens Kartverk 2015). Med grunnlag i input-dataene interpoleres høydeverdiene i modellens rutenett. Det finnes flere ulike interpolasjonsmetoder, men dette temaet omhandles ikke her.

Terrengmodellens rutenett kan ha ulike cellestørrelser avhengig av hvilket detaljeringsnivå man ønsker å jobbe på og med tettheten på input-dataene (punkter/m²). For eksempel kan man bruke 5x5 meters rutenett når man vil se på transportforholdene for en lassbærer, mens man for detaljerte avrenningsberegninger og markfuktighetskart ønsker 1x1 meters rutenett. Jo finere rutenett man benytter, jo større blir modellen og dermed også behandlingstiden. Går man fra 5x5 til 1x1 meters rutenett, blir modellen og behandlingstiden 25 ganger så stor...

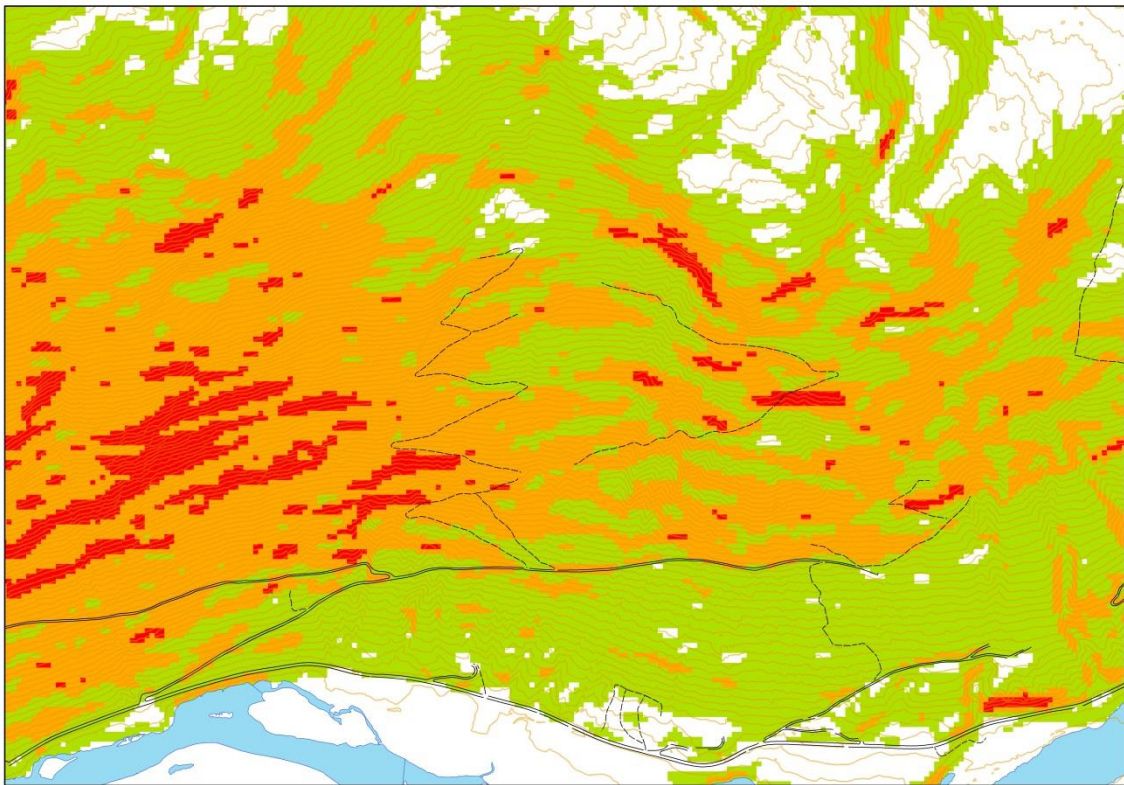
En tilnærming til valg av minimum cellestørrelse ut fra laserskanningens tetthet er at oppløsningen burde være dobbelt så stor som avstanden til punktene i det originale datasettet (Hengl 2006, Maune 2007).

Analyser

Bratthetsanalyse

Dette er grunnlaget for de fleste etterfølgende analyser, men vil også alene kunne gi mye verdifull informasjon om terrengforholdene.

Brattheten beregnes som den største stigningen mellom en celle og de 8 nabocellene. Resultatet kan angis både som grader og prosent. For skogbrukets vedkommende er det vanligst å bruke prosent, men mange andre fagområder benytter grader (stigning i % = $100 \times \tan \alpha$, hvor α er hellingsvinkelen i grader).



Figur 2. Kartutsnitt med bratthet i 20 % -klasser

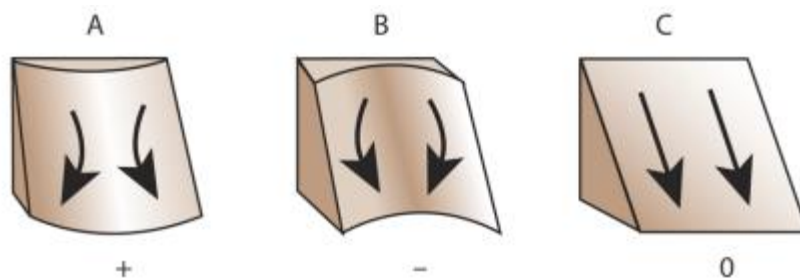
Det er selvsagt valgfritt hvordan man velger å klassifisere bratthet, dette avhenger igjen av formålet for analysen, men et alternativ er å benytte seg av 20 % -klasser som i Figur 2. Da får man 0-20 % som indikerer enkle driftsforhold (hvit), 21-40 % som mer krevende driftsforhold (grønt), 41-60 % (oransje) kan være både helmekanisert, gradedrifter og taubane, mens over 60 % (rødt) gjerne blir taubane.

Nå vil ikke bratthet alene ha alt å si for hvilket driftssystem som kan være aktuelt. I tillegg kommer faktorer som lilengde, bæreevne, terrengoverflatens jevnhet, samt løsmassetype- og dybde.

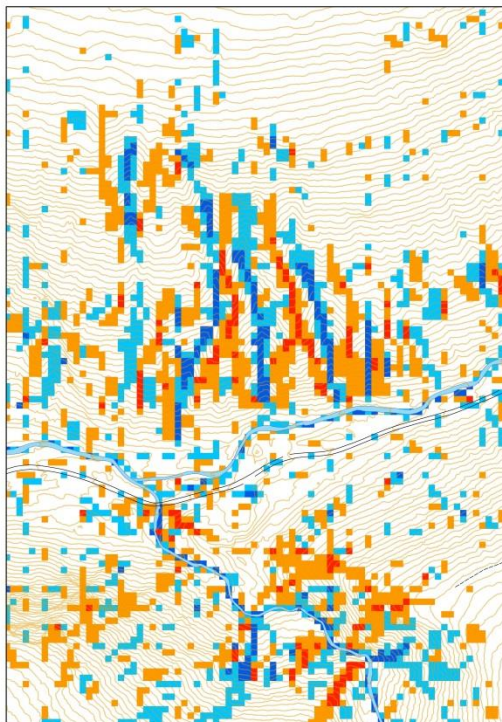
Bratthetsanalysen hjelper også veiplanleggeren i det bratte terrenget. Hvor finnes det hyller som kan egne seg for å legge veien på? Hvor er flattere partier som egner seg for vendekurver, velteplasser og snuplasser? Med hensyn til skred oppgis 30 grader som en kritisk vinkel, dvs 58 %.

Plan curvature

Med utgangspunkt i bratthetsanalysen kan man analysere hvordan terrenget varierer langs høydekurvene (på tvers av hellingsretningen) ved hjelp av funksjonen Plan Curvature, også kalt Planform curvature. Resultatet identifiserer rygger (divergende flomretning, fig. 3A) og daler (konvergerende flomretning, fig. 3B) i lisdene. Skredrenner og ravinelandskap vil være lettere å stedfeste ved hjelp av denne analysen.



Figur 3. Plan curvature. Fra Kimberling et al. 2012



Figur 4. Kartutsnitt fra en Plan curvature-analyse.

I Figur 4 vises et eksempel på visualisering av resultatet fra en Plan curvature-analyse. De fuktige forsenkningene (daler og søkk) er markert med blåfarger, de tørrere ryggene har rødfarger, mens den plane markoverflaten er uten farge.

Skredrenner og raviner vil fremstå som områder hvor man har tett veksling mellom blå og røde soner.

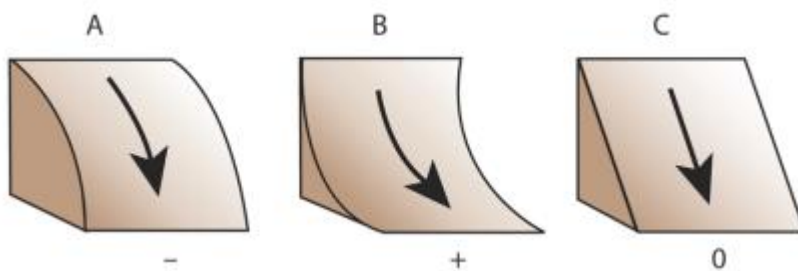
Identifikasjon av denne type areal er et OBS!-signal. Terrengformasjonene viser at man i dette området har både vannmengder, løsmasser og bratthet som kan forårsake erosjon og skred.

Inngrep og aktivitet både i og ovenfor disse områdene vil kreve spesielle hensyn, særlig hvis det er tekniske installasjoner nedstrøms.

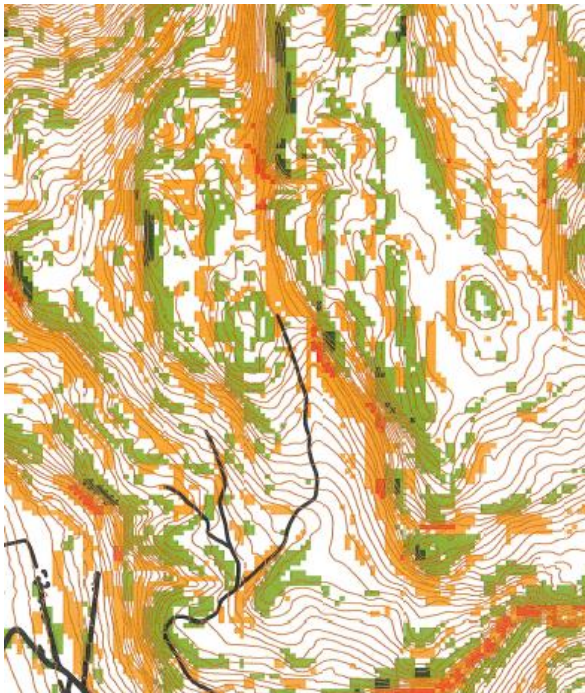
Profile curvature

I motsetning til terrengvariasjon langs høydekurvene, så kan man med funksjonen Profile Curvature analysere hvordan terrengvariasjonen er på tværs av høydekurvene (bratthetsvariasjonen nedover lia). Resultatet identifiserer konvekse (Figur 5 A) og konkave terrengformer (Figur 5 B), - hvor har man økende og avtagende bratthet?

I skredsammenheng vil man ofte finne utløsningsområder hvor terrenget har en konveks form. For planlegging av taubane hvor man ønsker godt løft vil konvekse områder være potensielle plasseringer for øvre feste (eller bukker), mens nedsiden av konkave områder er egnet for nedre feste.



Figur 5. Profile curvature. Fra Kimberling et al. 2012

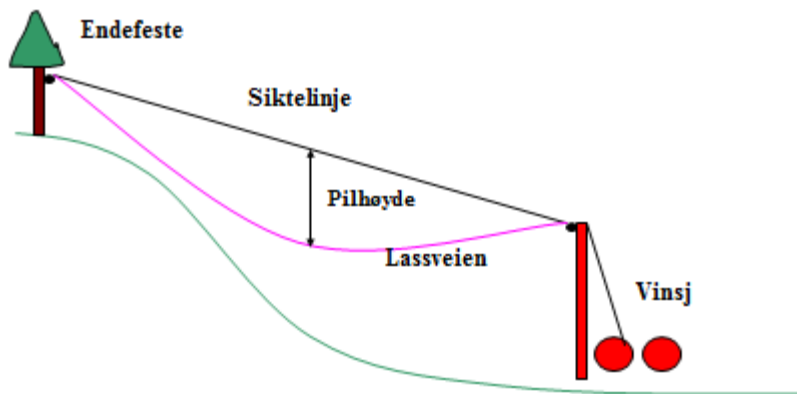


Figur 6. Kartutsnitt fra en Profile curvature-analyse.

Utsnittet i Figur 6 viser et eksempel på resultatet av en Profil curvature-analyse.

For tilpasning av veiplanleggingen til aktuelle driftssystemer vil man i bratt terreng ha spesielt fokus på taubanedrifter. Da vil områder hvor man har høyereliggende konvekse områder (grønt) være egnet for øvre feste. Mellomliggende konvekse områder kan angi behov for bukker. For det nedre feste søker man gjerne etter nedre del av eller litt utenfor de konkave områdene (oransje/rødt) for det nedre festet. Dette er for å få et godt løft (stor pilhøyde) under transport av tømmer.

DTM og taubane



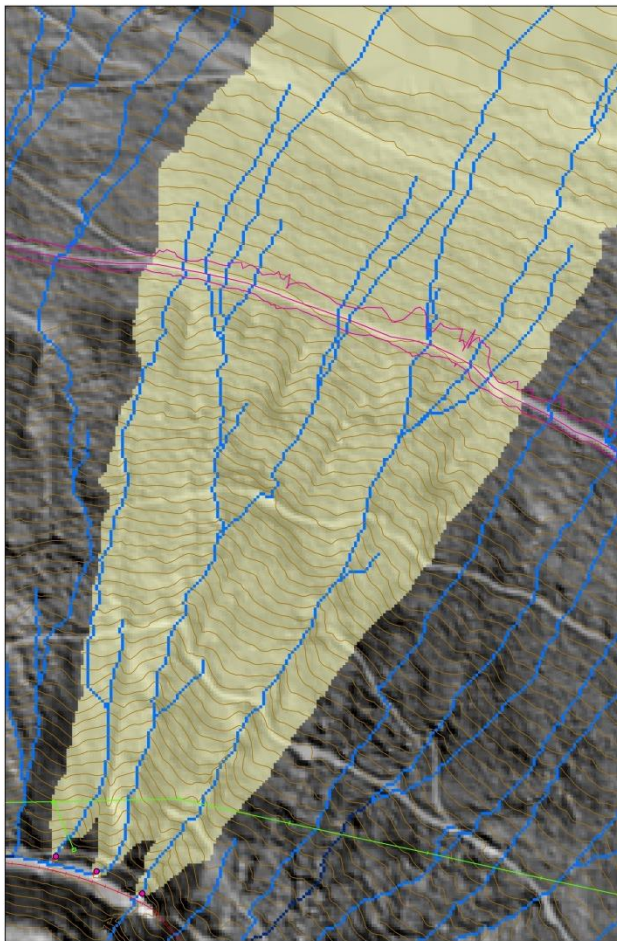
Figur 7. Taubaneplanlegging og Profile curvature

En god plassering av endefestet (øvre feste) vil være i det konvekse området (grønt i Figur 6), samtidig som man drar standplassen noe ut fra lifoten og det konkave området (oransje i Figur 6). På dette viset får man en god pilhøyde, - noe som bør gi mindre fastkjøring og mindre belastning på kablene.

Flomavrenning (FlowAccumulation)

For at flomavrenningsanalysen skal kunne gjennomføres, må man ha en justert terrengmodell hvor celler uten avløp («Sink», dvs. celler hvor alle nabocellene har en høyere beliggenhet) blir fylt slik at terrengmodellen gir sammenhengende vannveier over hele arealet. I ArcMap benyttes «Fill»-funksjonen til dette formålet, mens «Sink» kan benyttes til å visualisere hvor denne høydejusteringen er gjennomført. I analysen beregnes det først hellingsretning for den enkelte celle i rutenettet.

I en flomavrenningsanalyse beregnes det hvor stort areal (antall celler) som dreneres ned eller inn til hver enkelt celle i rutenettet. **Det er viktig å være klar over at en forutsetning er at alt vann forblir på overflaten, ingenting forsvinner ned i løsmassene, - en forutsetning som i praksis kun gjelder for helt vannmettede eller frosne løsmasser!** Dette betyr at resultatet gjelder for en flomsituasjon, men det gir samtidig god informasjon om vanntransporten generelt i området, noe som er til stor nytte for planleggingen.



Figur 8. Flomavrenningskart med deler av nedslagsfelt for 3 kulverter ved jernbane i bunn av lia. Prosjektert vei med rødt.

kan selvsagt gjøre egne vurderinger i felt under varierende nedbørsforhold. På denne måten får man visualisert vanntransporten både for normal- og ekstremisituasjoner.

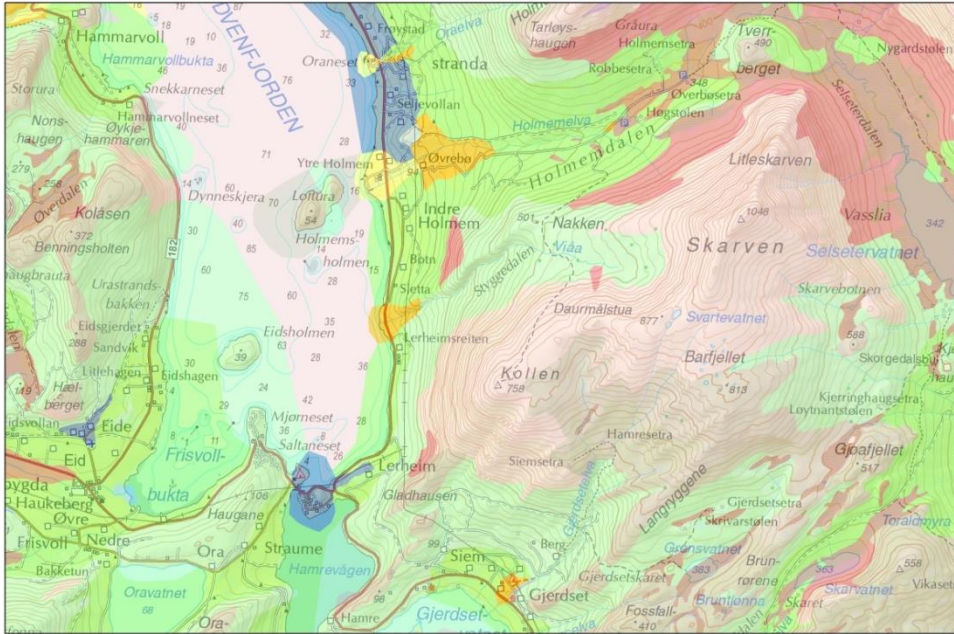
Klassifisering og kartframstilling av flomavrenningsanalysen er noe mer krevende enn for bratthetsanalysen.

Tallstørrelsen som er beregnet beskriver antall høyereliggende celler som dreneres inn til den enkelte celle, med andre ord, det arealet som dreneres ned til cellen.

I den ekstreme flomsituasjonen nevnt over, så går all nedbør på overflaten. I mer normale situasjoner, før løsmassene er helt vannmettet, vil vannet trekke ned i løsmassene. Dette betyr at man er nødt til å gjøre lokale vurderinger basert både på løsmassetyper og nedbørsforhold, - noe som varierer mye omkring i Norge, se Figur 9.

Ved å sammenligne flomavrenningsresultatet med vannsystemet fra eksisterende kart (her vil orienteringskart

være særdeles nyttig siden de er synfart i terrenget), kan man «kalibrere» klassifiseringen til en normaltilstand, og man



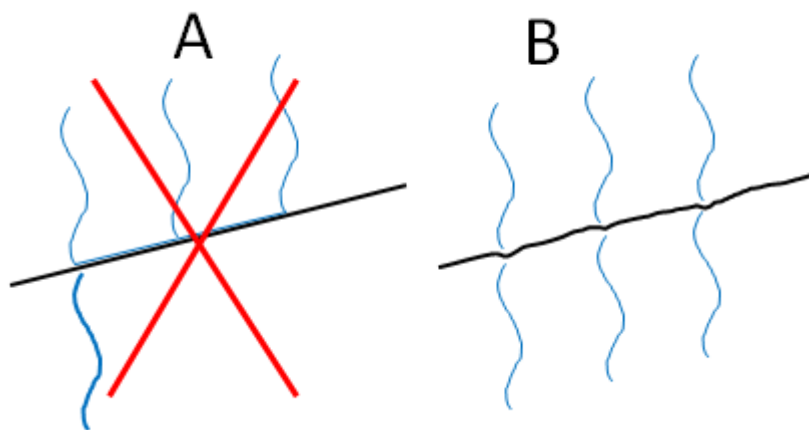
Figur 9. Lokalt kan det være store variasjoner i løsmasse typer. Løsmassekart fra NGU, Rødvenfjorden i Rauma kommune.

Flomavrenningskartet kan også vise hvorvidt eksisterende traktorveier påvirker vanntransporten. I Figur 10 er det markert traktorvei-strekninger som transporterer vann i følge analysen. Eventuelle eksisterende stikkrenner på traktorveiene ikke tatt med i analysen (se kap. Fallgruver).



Figur 10. Flomavrenningskart. Rød utheving viser beregnet vanntransport langs traktorvei.

Hovedprinsippet for lokalisering av kulverter er at man ikke skal forandre det opprinnelige avrenningssystemet. Dette er særlig viktig i bratt terreng hvor man har andre «installasjoner» nedstrøms. Med installasjoner menes alt fra brønner, boliger og til jernbane og europaveier.



Figur 11. Vannet bør gå der det alltid har gått. For mange kulverter er bedre enn for få.

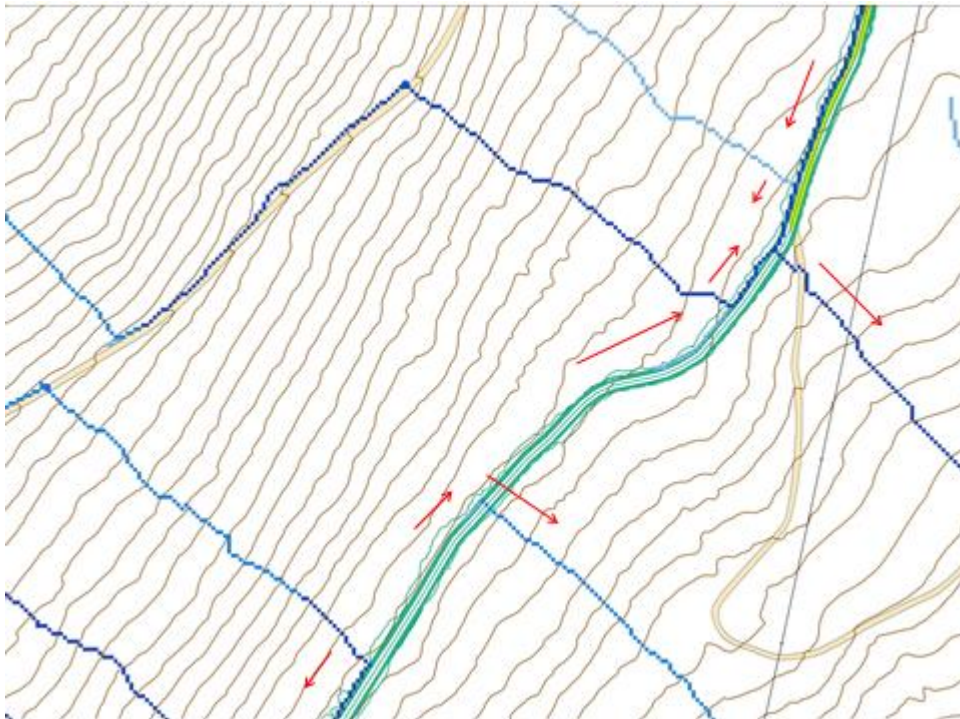
I «Forskrift om planlegging og godkjenning av landbruksveier» kom vei og vann-problematikken inn for fullt ved siste revisjon i 2015. § 2-3 inneholder nå blant annet:

*«Det skal videre framgå av søknaden **hvordan hensynet til å minimere faren for flom, erosjon, løsmasseskred og negativ påvirkning på kjente miljøverdier skal ivaretas i forbindelse med tiltaket.**»*

Plassering (og dimensjonering) av kulverter vil være et viktig punkt i denne prosessen. Det kan være på sin plass å gjøre en form for risikoanalyse for et veianlegg basert på hva man har nedstrøms. Risiko kan defineres som produktet av sannsynlighet og konsekvens. Dermed er risikoen direkte koblet til de konsekvensene som manglende «hensyn til å minimere faren» kan medføre. Jo verre de mulige konsekvensene kan bli, desto større hensyn må tas.

Foruten riktig plassering, tilstrekkelig antall og riktig størrelse på kulvertene, kan det være en ekstra sikkerhetsventil å lage et lavbrekk ved kulvertene (se Figur 11 B). Når en kulvert går tett, vil ofte vannet fortsette videre nedover i grøfta og skape problemer for nedenforliggende kulverter. Med et lavbrekk på veien sammen med kulverten, vil vannet kunne fortsette i sitt naturlige løp rett over veien selv om kulverten går tett eller ikke har kapasitet nok.

Flomavrenningskartet er nyttig både tidlig i planleggingsfasen når man skal forsøke å finne en trase som tar hensyn til vanntransporten, men kan også komme til anvendelse på et senere tidspunkt. I prosjekteringsfasen (detaljplanleggingen) kan man ta ut høydedataene til den prosjekterte veilinjen (skjæringskant, grøft, veikropp, fyllingsfot), importere disse til GIS-programmet og gjøre en ny flomavrenningsberegning. Da får man et bedre inntrykk av hvordan veiens plassering inn i terrenget påvirker vanntransporten. Hvis man i tillegg «brenner inn» kulvertene i veikroppen (lager et gjennomløp for vannet) ser man det endelige vannforløpet etter veibygging. Her synliggjøres også vanntransport i grøfter.



Figur 12. Vanntransport etter at planlagt vei (grønn) er lagt inn i terrengmodellen.

I Figur 12 har man en eksisterende vei høyere opp i lisisden hvor kulvertene er registrert og brent inn i terrengmodellen (se kommentar under Fallgruver). Vanntransporten synliggjøres ned til den planlagte veien, hvor vannet går i de nye grøftene og hvor veien kan ha uheldige lavbrekk som slipper vannet over veien på nye steder i en flomsituasjon. I eksempelet er ikke planleggerens prosjekterte kulverter brent inn i den nye veikroppen.

Dimensjonering (kulverter og broer)

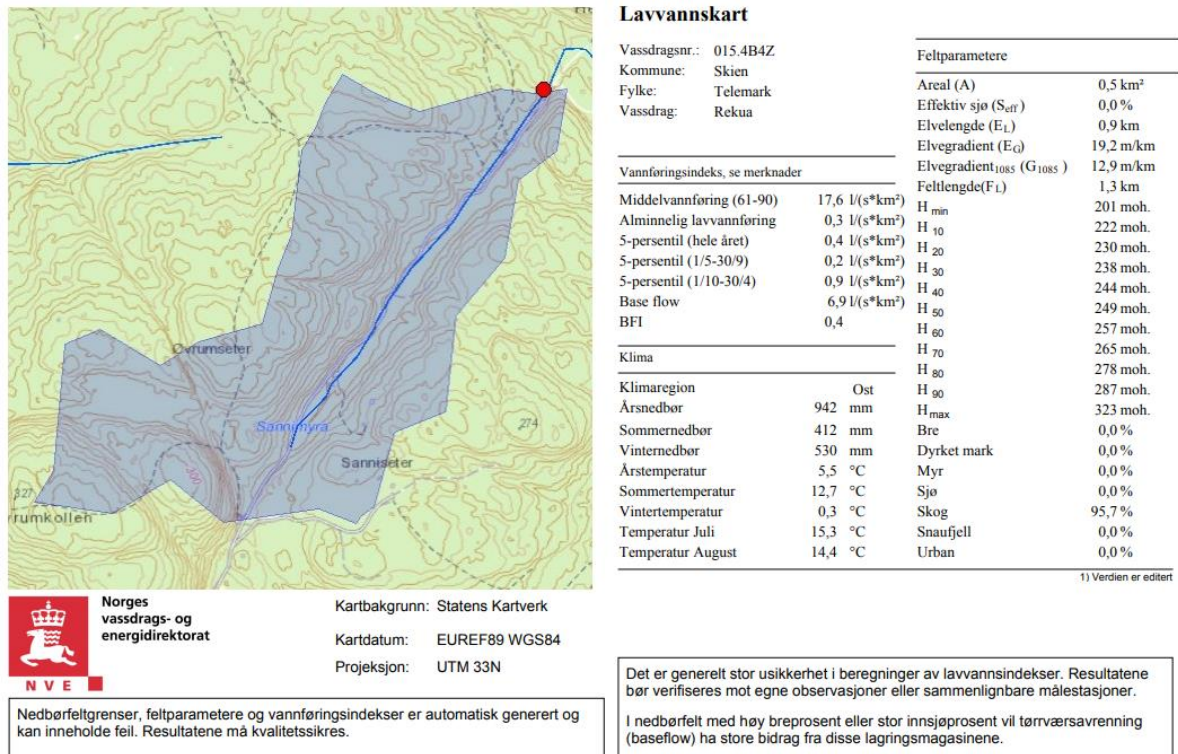
Når man har identifisert plassering av en kulvert vil det neste skrittet være å finne den riktige dimensjonen. Gjennom flomavrenningsberegningen får vi informasjon om hvor stort areal som dreneres ned til en mulig stikkrenneplassering, men vi har ikke tilstrekkelig informasjon til å si noe om hvilke vannmengder det skal dimensjoneres for.

For de mindre nedslagsfeltene, som er de mest aktuelle på skogsbilveiene, er den rasjonelle formel vanlig å bruke til dimensjonering. Det går her ikke inn i detaljer i formelen, men viser til Vedlegg 1 som beskriver dette.

Nedslagsfeltet identifiseres ved å angi kulvertens innløpsposisjon. Deretter beregnes det hvilke celler som dreneres ned til dette punktet og alle disse cellene utgjør nedslagsfeltet (se Figur 8 og Figur 13). De egenskapene som skal hentes fra nedslagsfeltet er feltareal, prosentisk fordeling av ulike arealtyper med ulike avrenningsegenskaper (skog, myr, dyrket mark, vann osv), samt feltets lengde og høydeforskjell. Alle disse operasjonene kan gjøres i et GIS-program, men krever en del forkunnskaper.

Dersom den aktuelle kulverten skal plasseres ved en litt større bekkepassering, kan man benytte seg av NVE's nettbaserte løsning NEVINA. Da får man de nevnte egenskapsdata fra nedbørsfeltet direkte

ut, - sammen med mye annen informasjon, se Vedlegg 1. Hovedproblemet er at kun et fåtall av de aktuelle kulvertene tilhørende et skogsbilveianlegg vil ligge ved det forhåndskalkulerte vannveinettet i NEVINA, samt at den DTM som ligger til grunn er noe grov for skogbrukets detaljnivå.



Figur 13. Rapport fra NEVINA.

En målsetting bør være å få utviklet en tilsvarende frittstående løsning som kan gjøre beregningene basert på en detaljert DTM fra laserdata, - gjerne med en eksportrutine for de egenskapsdata som inngår i den rasjonelle formel.

I prosjektet er det, i tillegg til en detaljert beskrivelse av fremgangsmåten i Vedlegg 1, utarbeidet en regnearkmodell (se Figur 14) for å forenkle dimensjoneringsberegningene.

Regneark dimensjonering

Beregning av avrenningsfaktoren, C				
	%andel	Faktor		
		Faktorområde	Valgt	
Bre	0			0
Dyrket mark	0	0,1-0,5		0
Myr	1,7	0,3-0,7	0,6	0,0102
Sjø	0			0
Skog	96,7	0,1-0,4	0,4	0,3868
Grusveier	1,6	0,3-0,7	0,5	0,008
Snaufjell	0	0,7-0,9		0
Urban		0,7-0,9	0,6	0
C	100			0,405
Beregning av konsentrasjonstiden, tc				
L	lengde av felt, meter		900	
H	høydeforskjell, meter		61	
Ase	effektiv sjøprosent		0	
tc	konsentrasjonstid, minutter		69	
Beregning av avrenning, Q				
C	avrenningsfaktor			0,405
i	dim. nedbørsintensitet, l/s/km ²			7663
A	feltareal, km ²			0,6
Q	avrenning i l/s			1862
Q	avrenning i m³/s			1,86
k_f	klimafaktor			1,2
Q	avrenning i l/s			2235
Q	avrenning i m³/s			2,23

Faktorene bør økes med 10% for returperiode 25 år og 20% for 50 år.

Velg høy C-verdi for områder som er bratte (>10%) eller ofte har mettet grunn

Figur 14. Dimensjoneringsmodell

Tidligere var den rasjonelle formel som følger:

$$Q = C \times i \times A$$

Mens nå har den fått et tillegg, klimafaktoren k_f :

$$Q = C \times i \times A \times k_f$$

Denne klimafaktoren skal ta hensyn til fremtidige klimaendringer.

Fylke	Små nedbørfelt F _k	Store nedbørfelt F _k
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Vestfold	1,2	1,2
Tabellen oppsummerer anbefalinger fra klimaprofiler for de forskjellige fylkene, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter. Klimaprofilene inneholder mer detaljert informasjon om forventede endringer i klimatiske forhold og flomvannsføring. De inneholder også anbefalte påslag for flere større vassdrag i hvert fylke der det foreligger flomsonekart.		

Figur 15. Fylkesvise klimafaktorer. Statens Vegvesen 2018

I Håndbok N200 Vegbygging (Statens Vegvesen 2018) er det angitt hvilke verdier for klimafaktoren som skal benyttes i de ulike fylkene, se Figur 15.

Med små nedbørfelt menes felt med areal under 10 km² og det er disse som er aktuelle for bruk av den rasjonelle formel.

Statens Vegvesen skriver videre at disse klimafaktorstørrelsene gjelder for anlegg med levetid t.o.m. 50 år. For anlegg med levetid under 50 år

kan man gå lavere, men ikke under 1,0.

Vegvesenet setter grensen for bruk av den rasjonelle formel opp til 2 km² stort nedbørfelt (Statens Vegvesen 2018). I NIFS-rapporten «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane» (NVE 2016) skrives det først at den rasjonelle formel er best egnet opp til 1 km² nedbørfelt, men utdypes senere med at de fleste internasjonale veiledere oppgir opptil 1 km² som øvre grense, mens de norske oppgir 2-5 km², (Statens Vegvesen 2014) og 5 km² (Fergus et al 2010).

I prosjektet er det gjort en følsomhetsanalyse av den rasjonelle formel som viser at det er avrenningsfaktoren, C, dimensjonerende nedbørsintensitet, i, og feltarealet, A, som har størst innflytelse på resultatet. Feltlengden, L, og konsentrasjonstiden, tc, følger tett etter, mens høydeforskjellen, H, har minst innflytelse.

I rapporten «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane» (NVE 2016) skrives det:

«Det er grunn til å tro at den rasjonelle metoden har minst like stor usikkerhet som flomfrekvensanalysene. En kjenner imidlertid ikke til noen undersøkelser med hensyn til usikkerheter. Dimensjonerende nedbørsintensitet blir sannsynligvis anslått for lavt i dag, dersom en arbeider innenfor større areal. Det er derfor sannsynlig at det i måleperioden har forekommet mange intense nedbørsperioder over kort tid og over et begrenset areal, og som ikke er registrert av de offisielle nedbørmålerne.

Dessuten er det sannsynlig at konsentrasjonstiden, slik den blir beregnet i SVV (2014) er for stor, med resultat at dimensjonerende nedbørintensitet blir for liten. På den annen side er valg av avrenningsfaktor muligens ofte høyere enn den reelle, og ved store arealer (>1 km²) gir den rasjonelle metoden muligens for stor avrenning.»

Grøfter - erosjon

En litt underkommunisert problemstilling i skogsveisammenheng er erosjon i grøfter. Med mer intens nedbør øker både vannmengde og vannhastighet i grøfta. Ulike kledningsmaterialer i grøfta har ulik maksimal vannhastighet uten erosjonsfare. Erosjon er et to-delt problem. For det første forsvinner løsmateriale fra grøft, skjæringskråning og veikropp, men så kan det eroderte materiale avsettes foran og i kulverter, med redusert dreneringskapasitet som resultat.

I masteroppgaven «Dimensjonering av stikkrenner på skogsbilveg» (Tveiterå 2016) ble det dokumentert at 9 av 13 (69 %) undersøkte grøftestrekninger genererte erosjonsfarlige hastigheter.

Den nåværende veilederen «Skogsveier og skredfare» presenterer erosjonsproblematikken på en ganske avansert måte, både formel- og figurmessig. Det er derfor i prosjektet utviklet en regnearkmodell for beregning av vannføring og vannhastighet.

Regnearket grøfteerosjon

Dybde	d	0,3	m		Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall	Vannhastighet uten erosjonsfare, m/s
Bredde	B1	1,86	m				
Bunnbredde	B2	0,5	m		Betongkledning	50 - 80	2,5 - 5,0
Lengdefall		4	%		Asfaltert dekke	60 - 75	2,0 - 5,0
Fyllingsfall		33	%		Steinsetting (jevnt utlagt)	30 - 60	2,0 - 5,0
Skjæringsfall		67	%		Grus	30 - 50	1,0 - 1,5
					Småstein	30 - 50	1,2 - 2,0
Vått areal	A	0,35	m ²		Jord uten vegetasjon	25 - 30	0,5 - 0,8
Våt omkrets	P	2,00	m		Jord med lett vegetasjon	20 - 30	0,5 - 1,2
Hydraulisk radius	R	0,177	m		Ujevn steinkledning	25 - 30	1,5 - 3,0
					Jord med kraftig vegetasjon	15 - 25	1,0 - 2,0
Manningstall	M	25			Naturlig bekk og elv	5 - 40	-
Vannføring	Q	557	l/s				
Vannhastighet	V	1,58	m/s				

Figur 16. Grøfteerosjonsmodell, bilde fra regneark

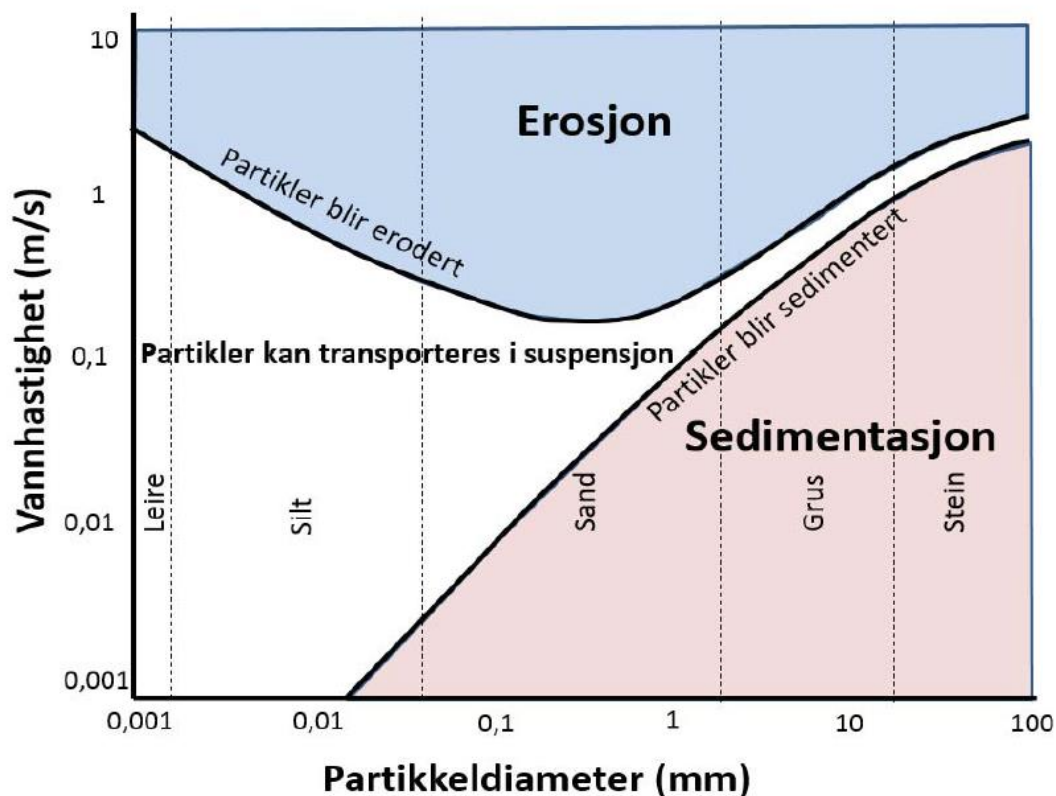
Hensikten med å ta fram dette beregningsverktøyet er å forenkle analysene knyttet til erosjonsfaren i skogsveienes grøfter, slik at erosjonsproblematikken lettere kan vurderes.

I «Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane» (NVE 2016) står det:

«Generelt gjelder at for en ru kanal, med lavt Mannings tall, så vil hastigheten være liten, mens vanndybden til gjengjeld vil være stor. Ved dimensjoneringen må en alltid regne med en relativt stor usikkerhet. Dessuten må en også ta i betraktning at alle bekker, nedføringsrenner og grøfter med tiden fylles opp med sedimenter eller gror igjen. Verdiene i diagrammet for vanndybden representerer derfor en minimumsverdi for dimensjonering av grøfter og nedføringsrenner.»

Videre beskrives det følgende erosjonsproblemer:

- Erosjonen kan skape sår i terrenget, som gjør at terrenget blir mer ustabil enn tidligere
- Hurtig erosjon kan utvikle seg til flomskred. Dersom disse treffer infrastruktur, kan dette føre til omfattende skader
- Erosjonsmaterialene som transporteres med vannet, kan redusere kapasiteten til vannvegene og i verste fall fylle de helt igjen, slik at vannet finner nye flomveger
- Finere erosjonsmasser kan med tiden fylle igjen grøfter og nedføringsrenner, og de kan bli vasket inn i overbygningen til veger og baner. Derved blir bæreevnen redusert med tiden.



Figur 17. Hjulstrøms diagram. Sammenheng mellom kritisk vannhastighet og partikkeldiameter for å få erosjon, transport og sedimentasjon. NVE 2016.

Av tiltak kan nevnes erosjonsdempende hindre som det NVE 2016 betegner som kvistdammer:

«En type terskelkonstruksjon som det nå utføres forsøk med i Norge er kvistdammer, Braskerud (2013) [se Figur 18]. Kvistdammene er relativt rimelige konstruksjoner, da de bygges av materialer som kan hentes i nærområdet. Hensikten med kvistdammene er å fange opp sedimenter, redusere energinivået i strømmen og til en viss grad å virke som et flomdempende tiltak. I mange tilfeller settes det opp flere kvistdammer i serie langs drensvegen for å oppnå tilstrekkelig effekt til å kontrollere hastighet og oppsamling av sedimenter.»



Figur 18. Stokkdam. Foto B. Braskerud. NVE 2016.

«Det er ennå lite erfaring med kvistdammer i Norge, men erfaring, spesielt fra Slovakia, tyder på at de er effektive både med hensyn til å fange opp sedimenter og til å redusere energinivået der de er egnet. Kvistdammene vil imidlertid endre strømningsforholdene i vannvegen vesentlig. For det første vil vannstanden bli vesentlig hevet slik at kvistdammer er bare egnet der vannvegen allerede er godt kanalisert og det ikke er fare for oversvømmelse.

For det andre øker faren for erosjon på sidene og nedstrøms for kvistdammen. Denne erosjonsfaren må vurderes grundig og eventuelle sikringstiltak mot erosjon må bygges samtidig med kvistdammen.»

Det er en balansegang mellom å ikke ha for stor hastighet i grøfta slik at man får erosjon og å ha tilstrekkelig hastighet i kulverten til at denne er selvrensende. NVE 2016 beskriver problemstillingen:

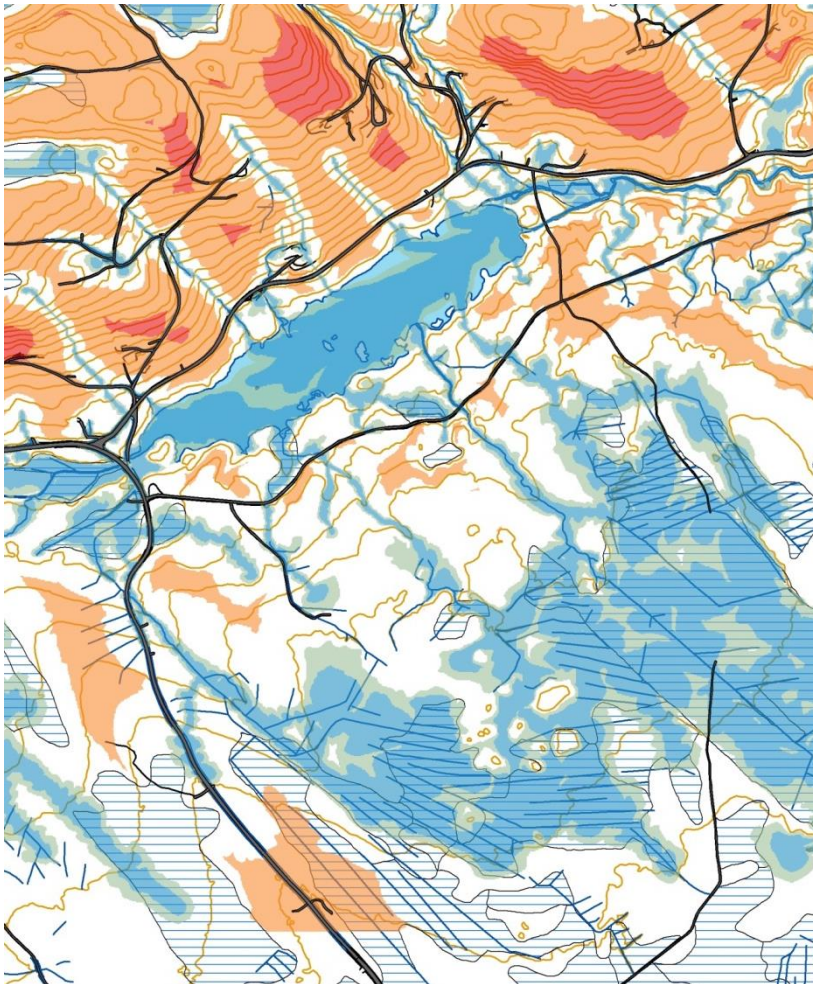
«Gjentetting av stikkrenner forekommer også ofte ved at finstoff gradvis bygger seg opp i innløpet og inne i stikkrennene. Dette har sammenheng med at vannhastigheten i slike tilfeller reduseres ved innløpet, og at vannhastigheten i stikkrenna ikke er tilstrekkelig til å transportere massene videre. Dette forholdet kan forbedres ved å etablere et basseng nær innløpet for å sedimentere partiklene i bassenget. Et annet alternativ vil være å bygge om stikkrennene slik at de er selvrensende.»

Markfuktighetskart

Ved utarbeidelse av markfuktighetskart tar man også utgangspunkt i flomavrennings-analysen. Deretter settes det en terskelverdi for hvor stort dreneringsareal som skal til for at man skal få vann i dagen (bekk). Med bakgrunn i dette beregnede bekkenettet blir det kalkulert en dybde til vann for terrengcellene mellom bekkene. Jo mindre dybde det er til vann, desto dårligere blir bæreevnen og risikoen for sporskader øker.

Ved å variere terskelverdien kan man utarbeide lokalt tilpassede markfuktighetskart for ulike årstider og fuktighetsforhold.

Man finner de samme svakhetene ved markfuktighetskart som for flomavrenningen. Det tas ikke hensyn til løsmasstype, - resultatet blir det samme om det er bart fjell eller finstoffrike avsetninger.

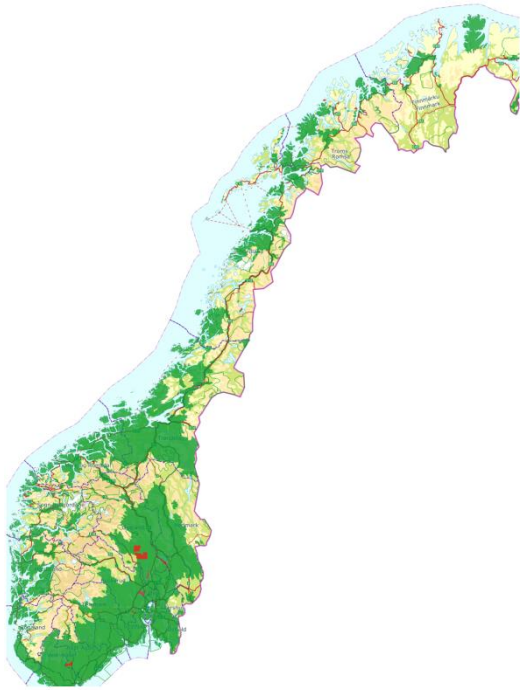


Figur 19. Markfuktighetskart med både fuktige (blå) og tørre (rød) områder.

Forutsetningen er at all nedbør transporteres på overflaten.

Når man beregner dybden til vann, så er det ikke nødvendigvis bare de lave verdiene med kjøreskaderisiko som er av interesse. Den motsatte innfallsvinkelen er å også identifisere de områdene som har høye verdier for dybde til vann og potensielt sett har god bæreevne. I Figur 19 er både de fuktige (blå) og de tørre (rød) områdene fremhevet.

For ytterligere detaljer om markfuktighetskart henvises det til rapporten «Forprosjekt – Markfuktighetskart for skogen i Norge» (Bjerketvedt & Hansen 2017).



NIBIO har nå beregnet og lagt ut markfuktighetskart for store deler av landet. Informasjonen kan sees i innsynsløsningen Kilden under Skogportalen. Videre kan dataene kobles opp via WMS eller lastes ned lokalt.

Etter hvert som laserskanningene blir mer komplette, vil markfuktighetskartleggingen også bli mer komplett.

Figur 20. Dekning for markfuktighetskart, januar 2019. Kilden, NIBIO



Figur 21. Sammenligning av markfuktighetskart (venstre) med kombinert markfuktighets- og flomavrenningskart (høyre)

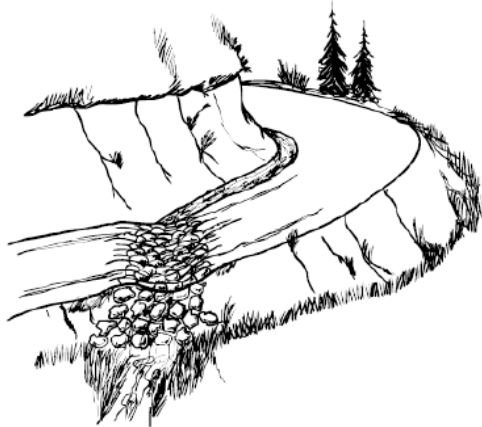
Figur 21 viser forskjellen mellom et markfuktighetskart og et flomavrenningskart i bratt terreng. Flomavrenningen er som nevnt tidligere basis for markfuktighetskartet. Det er kun de største vannveiene (avhengig av valgt terskelverdi) som det tas hensyn til i markfuktighetskartet. Flomavrenningsanalysen gir ytterligere informasjon om de mindre vannveiene.

Dette burde ikke ha interesse bare for veiplanleggeren, men også for driftsplanleggeren. Hvilke områder har stor (markfuktighetskart) og middels (flomavrenningskart) potensiell vannføring?

Skogsdrift - avvirkning

Vei- og driftsplanleggingen henger tett sammen. Ved planlegging av nye skogsbilveier vurderes fremtidige drifter gjennom terrengklassifiseringen av arealet i veienes nedslagsfelt, og veiutformingen tilpasses dette, - noe som er spesielt viktig i det bratte taubaneterrenget.

Med utgangspunkt i Veinormalens krav kan man si at for de permanente traktorveiene, veiklasse 7 og 8, gjelder de samme analysene som for skogsbilveiene.



Figur 22. Steinrenne. Skogkurs

For veiklasse 7, Traktorvei, er det krav til grøfter «*der det er nødvendig*» og stikkrennens dimensjoneringskrav er hovedsakelig de samme som til bilveiene, men kan også forenkles noe: «*I lengre, bratte stigninger vil en steinrenne (dump av grov stein på tvers av veien) redusere vannhastigheten i veibanen og fungere som en overflaterenne/ stikkrenne.*»

For veiklasse 8, Enkel traktorvei, heter det at «*Grøfter og stikkrenner anlegges etter behov. Når det legges stikkrenner, gjelder de samme kravene som for veiklasse 7.*»

Landbruksdirektoratet har på sine web-sider definert driftsvei som følger:

«*Driftsvei er et begrep som brukes i skogbruket. Dette er de kjøretraseene i skogsterrenget som blir brukt gjentatte ganger (hovedåre) når tømmeret fraktes ut av skogen, og fram til velteplass (lager ved bilvei). Driftsveiene i skogen er midlertidige og eventuelle kjørespor repareres etter hogst.*»

For de midlertidige traktorveiene eller driftsveiene har man ingen tekniske og geometriske krav som i Veinormalene. I «Forskrift om planlegging og godkjenning av landbruksveier» dukker det derimot opp krav som også omfatter disse veiene:

«*Forskriften gjelder ikke for ... enkle og midlertidige driftsveier som bare medfører ubetydelige terrenginngrep. Med ubetydelige terrenginngrep menes planering med samlet omfang på inntil 150 meter eller på areal inntil 450 m², der fylling eller skjæring ikke fører til mer enn 1 meter avvik fra opprinnelig terrengnivå.*»

(Uttrykket «*enkle og midlertidige driftsveier*» omhandler ikke to forskjellige driftsveityper, det er å forstå som enkle og midlertidige driftsveier.)

Det kunne bety at veier med minimale inngrep slipper unna, men ikke helt:

«*Forskriften gjelder likevel dersom tiltaket kan ha vesentlig negativ påvirkning på de hensyn som er nevnt i § 1-1.*»

Og i § 1-1 Formål står det:

*«Formålet med denne forskriften er å sikre at planlegging og bygging av landbruksveier skjer på en måte som skal gi landbruksfaglige helhetsløsninger. **Det skal samtidig legges vekt på hensynet til miljøverdier som naturmangfold, landskap, kulturminner og friluftsliv, hensynet til fare for flom, erosjon og løsmasseskred, samt andre interesser som blir berørt av veiframføringen.»***

Det betyr at selv om inngrepet «bare medfører ubetydelige terrenginngrep», så blir det søknadspliktig dersom det påvirker «*hensynet til fare for flom, erosjon og løsmasseskred*». Dermed må man uansett gjøre vurderinger knyttet til påvirkning av vanntransporten i området før man setter i gang og de omtalte analysene blir også aktuelle for «*ubetydelige terrenginngrep*».

Følgende transportveier er da underlagt ulike krav til drenering:

- permanente traktorveier
- enkle og midlertidige driftsveier som ikke bare medfører ubetydelige terrenginngrep
- enkle og midlertidige driftsveier som bare medfører ubetydelige terrenginngrep, men som påvirker «*hensynet til fare for flom, erosjon og løsmasseskred*»

Da gjenstår disse transportveiene uten konkrete dreneringskrav i Veinormal og forskrift:

- enkle og midlertidige driftsveier som bare medfører ubetydelige terrenginngrep og som ikke påvirker «*hensynet til fare for flom, erosjon og løsmasseskred*»
- terrengtransport

For terrengtransportens vedkommende kommer Norsk PEFC Skogstandard med følgende krav:

«Kravpunkt 13. Terrengtransport

Kravpunktet skal sikre at terrengskader begrenses og at utbedring skjer så raskt som mulig for å ivareta hensynet til stier og løyper og for å unngå erosjon og vannavrenning.

Krav

Ved terrengtransport skal en legge vekt på å unngå terrengskader som er skjemmende, som vanskeliggjør ferdsel og som kan forårsake vannavrenning og erosjon. Ved kryssing av elver og bekker med skogsmaskiner skal det legges vekt på å unngå kjørespor som fører til erosjon ut i elva/bekken... I områder med mye mark med dårlig bæreevne og hvor faren for terrengskader er stor ved drift i sommerhalvåret, skal utdrift av tømmer fortrinnsvis skje på frossen eller godt snødekt mark.

Hjulspor som forårsaker vannavrenning og erosjon, kjøreskader i stier og løyper og andre vesentlige skader, skal utbedres så snart fuktighetsforholdene gjør dette praktisk mulig etter avsluttet bruk av utdriftstraseen.»

Det har vært flere prosjekter de senere årene som helt eller delvis har omhandlet kjøring på driftsveier og terrengkjøring:

- Økt avvirkning i marginale skogsområder med dårlig bæreevne (Bergsaker & Hohle 2011)
- Anbefalinger for bygging av driftsveier i bratt terreng (Bjerketvedt et al. 2015)
- Sporløs kjøring (Ødegård 2018)
- Pilotprosjekt for bæreevneklassifisering (Fønhus 2017)

De tidligere beskrevne analysemetoder vil være et hjelpemiddel eller utgangspunkt for å bestemme hvor man kan, bør eller må implementere de tiltak som beskrives i disse prosjektrapportene (for detaljer se den enkelte rapport). Som eksempel nevnes her:

- Valg av driftstidspunkt (markfuktighetskart, løsmasser, klima og feltregistreringer)
- Driftsveienes plassering (bratthet og markfuktighetskart (tørre/våte områder))
- Barlegging eller andre forsterkende tiltak av kjøreveier for å øke skogsmarkas bæreevne og også redusere erosjon gjennom filtrering (markfuktighetskart og flomavrenning)
- Midlertidige broer (flomavrenning)

Andre tiltak som kan gjøres er å planlegge terrengtransporten mest mulig på tvers av høydekurvene i bratt terreng, det vil si å slippe seg rett ned lia med lassbæreren. Da samler man minst mulig vann. Ved kjøring skrått langsetter lia, i den grad det er mulig uten å velte, vil kjøresporene avskjære vannstrømmene, som går på tvers av høydekurvene, og samle disse (se Figur 10 som illustrasjon, selv om det der gjelder traktorveier). I bratte områder kan dette løses ved ikke å kjøre med fullt lass fra toppen av det bratte partiet, men gradvis fylle opp og heller ta flere turer ned samme trasé.

Under og etter drift

To viktige punkter, også nevnt i Bjerketvedt et al. (2015), er hva man bør gjøre under og etter drifta. Dette er til en viss grad parallelt med tiltak for skogsbilveier.

Det må igjen være fokus på å opprettholde det etablerte dreneringssystemet. Grøftene må være åpne og ikke fylt opp med hverken hogstavfall eller løsmaterialer. Inntaket til kulvertene skal være åpne og krysningspunkt som steinrenner (Figur 22) eller andre løsninger skal ikke være kjørt i stykker for at de skal opprettholde sin kapasitet.

En situasjon er mens drifta pågår. Er det meldt mye nedbør den kommende natten eller den kommende helgen, så bør kontroll av dreneringen være grundigere enn vanlig.

Den neste, og mer langvarige situasjonen, oppstår etter at drifta er ferdig. Er de gjennomførte opprettings- og sikringstiltakene tilstrekkelige på lengre sikt? Etter at avvirkning, eventuell markberedning og planting er avsluttet kan det gå mange år til neste gang området følges opp. Av aktuelle tiltak kan nevnes:

- Sporoppretting
- Gjenoppretting av vannløp på tvers av spor, driftsveier og traktorveier
- Gjengraving eller tilbakeføring av enkle og midlertidige driftsveier i bratt terreng

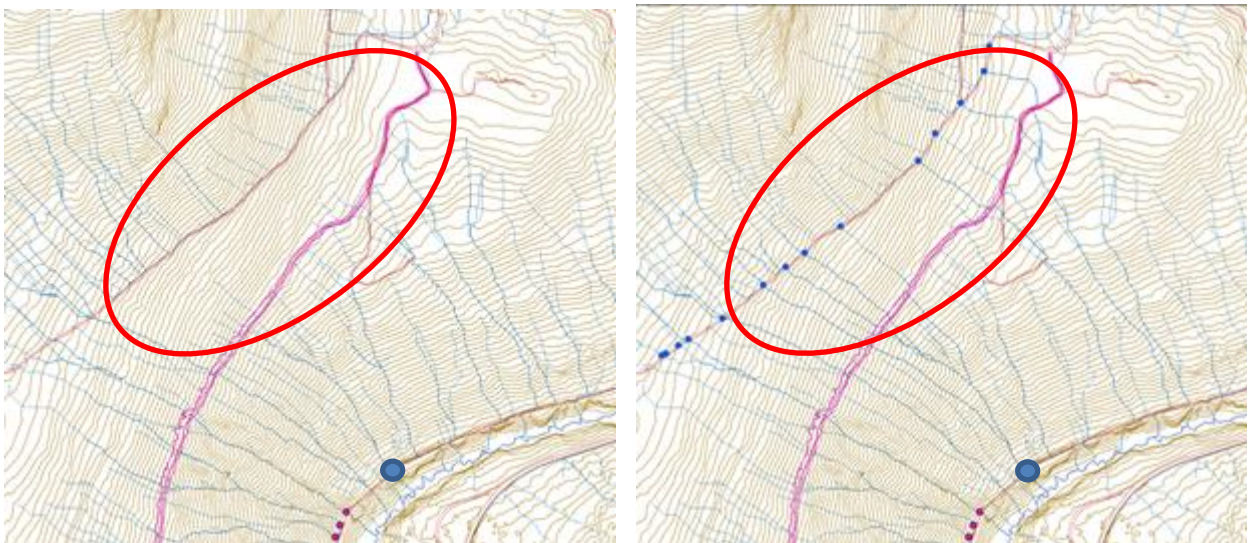
Med utgangspunkt i flomavrenningskartet bør det gjøres en form for risikoanalyse hvor man vurderer sannsynlighet og konsekvenser for eventuelle hendelser som flom, erosjon og løsmasseskred. Vurderingen må omfatte både påvirkende høyereliggende arealer og arealer (med bygninger, infrastruktur osv) som kan påvirkes nedstrøms.

Fallgruver

Det er noen vesentlige ting man må ta hensyn til både når det gjelder flomavrenningsanalyser, dimensjonering og markfuktighetskart.

For at man skal få et mest mulig korrekt bilde av vannforholdene, må man sørge for å få grunnlagsdata (laserdata) som dekker hele nedslagsfeltet oppstrøms for det aktuelle planområdet. I enkelte tilfeller hvor man for eksempel planlegger en vei i nedre del av en lise, må man inkludere laserdata også fra oversiden av lia og opp til de rygger og topper som fungerer som vannskille.

Dersom det finnes andre veier høyere opp i lia, så vil flomavrenningsanalysen (kunne) bli feil om man ikke registrerer eksisterende kulverter på disse veiene og sørger for å brenne disse inn i veikroppen slik at vannet kan krysse veien. Laserskanningen identifiserer ikke kulverter/stikkrenner, men den får ofte med seg veigrøfta og dermed så viser analysen at vannet transporteres nedover langs veien på skjæringssiden (innsiden). Dette kan gi svært feilaktige resultater for vanntransportens ruter og mengder.



Figur 23. Flomavrenning før (venstre) og etter (høyre) innlegging av eksisterende kulverter på høyereliggende vei.

I Figur 23 ble vannmengden i en av bekkene nord for jernbanens kulverter (3 rosa sirkler) fem-doblet etter at den høyereliggende privatveiens kulverter ble registrert inn i modellen, og vanntransporten nedover langs den samme veien redusert tilsvarende. Konsekvensene for den prosjekterte skogsbilveien mellom privatveien og jernbanen ville imidlertid vært noe mindre siden det her er flere vannløp.

For mange av de offentlige veiene kan man finne eksisterende kulverter (drøyt 535.000 stk pr januar 2019) registrert i Statens Vegvesens innsynsløsning «Vegkart». Dette gjelder foreløpig i liten grad for kommunale veier. Når det gjelder eksisterende skogsbilveier har man ikke noe kulvertregister, men dagens Veiarbiv i ØKS åpner for å registrere kulverter og andre digitale plandata.

Andre geodatakilder

Det er mange internetbaserte innsynsløsninger som kan bidra med informasjon til planlegging og gjennomføring av driftsteknisk aktivitet i bratt terreng uten at man må gjøre beregninger selv i et GIS.

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)

Norges Geologiske Undersøkelser har en innsynsløsning viser deres digitale kart og informasjon om Norges berggrunn, løsmasser, mineralske ressurser, grunnvann og mye mer;

<http://www.ngu.no/kart-og-data/kartinnsyn>

Berggrunn

NGU har foretatt en omfattende kartlegging av norsk berggrunn. Det er blitt laget en egen trykt kartserie med berggrunnskart for Norge. Her finner du nettversjonen av denne serien samt databasen GENINO, et søkeverktøy for geologiske enheter i Norge. Geologiske kart og systematisk utforskning av berggrunnen gir kunnskap og informasjon som er nødvendig for å kunne ta beslutninger om bærekraftige bruk av landets ressurser, i forbindelse med areal- og miljøplanlegging, samt under vurdering av naturfarer som skred og radon. (NGU webside)

Grus og pukk

Grus- og pukkapplikasjonen er et digitalt kart- og registersystem over de fleste grus- og pukkforekomster og uttakssteder i Norge for utnyttelse som råstoff for bygge- og anleggsvirksomhet. I databasen lagres opplysninger om forekomstenes viktighet på bakgrunn av beliggenhet, avgrensning, arealdisponering, volum og massenes kvalitet til byggetekniske formål. I tillegg finnes informasjon om massetak på forekomstene og driftsforholdene i disse. Basen inneholder både areal og punktregistreringer. (NGU webside)

Løsmasser og marin grense

Applikasjonen gir en oversikt over løsmassene i Norge. Kvartærgeologiske kart (løsmassekart) og systematisk utforskning av løsmassene og deres egenskaper, tykkelse, m.v. gir brukere kunnskap og informasjon som er nødvendig for å kunne ta riktige beslutninger ved areal- og miljøplanlegging/ arealbruk. Datagrunnlaget for tema jordarter (løsmasse) er basert på innholdet i kvartærgeologiske kart (løsmassekart), som foreligger analogt i flere målestokker. Kartene er konvertert til digital form ved hjelp av skanning og vektorisering. (NGU webside)

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE)

NVE Atlas, <http://atlas.nve.no>, har direkte kobling til ovennevnte database Løsmasser og marin grense. I tillegg har NVE utarbeidet oversikt over kvikkleiresoner.

Kvikkleire

Grunnlaget for å identifisere kvikkleiresoner er forekomst av marin leire, kvartærgeologiske kart, topografiske forhold og resultat fra grunnboringer.

Kvartærgeologiske kart, der marine avsetninger er markert, blir brukt som underlag for å påvise mulige faresoner. Også andre typer avsetninger under marin grense blir vurdert, fordi kvikkleire kan være dekket av f.eks. strandavsetninger, elveavsetninger, fyllmasse, torv og myr. Kart med oversikt marin grense kan en finne i løsmassekartene til NGU.

Følgende topografiske kriterier er lagt til grunn for å identifisere mulige store skredfarlige kvikkleiresoner:

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:15
- Terrenghøgdeskilnad på 10 meter eller mer
- Maksimallengde på skred på 15 x skråningshøyde.

I hver sone er det som regel gjort en grunnboring.

Potensielt skredfarlige kvikkleiresoner er klassifisert etter faregrad, konsekvens og risiko. (NVE webside)

Skred-informasjon

NVE Atlas, <http://Skredatlas.nve.no>, har informasjon om ulike skredtyper (Snø, Jord og flom, Stein og Kvikkleire) med tilhørende registreringer av Faresone- og Aktsomhetsområder, samt Skredhendelser.

Faresoner for skred er kartlagt i veldig begrenset omfang.

Aktsomhetsområder for skred er landsdekkende. Det mest interessante kartlaget i denne forbindelse er nok Jord- og Flomskred.

Aktsomhetskart for skred viser områder med potensiell skredfare. Aktsomhetskartene danner grunnlag for en første vurdering av skredfare i områder der skredfaren ikke er kartlagt mer detaljert. Kartene kan brukes direkte for å identifisere og avgrense områder med potensiell skredfare. I NVEs retningslinjer "Flaum- og skredfare i arealplanar" er det beskrevet hvordan kartene kan brukes som hjelpemiddel i arealplanlegging og byggesak.

Aktsomhetskart gir ikke opplysninger om faregraden i form av sannsynlighet eller hyppighet for skredtypen som kartet omhandler. Aktsomhetskart kan ha ulik detaljeringsgrad, avhengig av kartleggingsmetode, tilgangen på relevante geodata og ressurser som er nyttet i kartlegginga. I områder der det finnes mer detaljerte faresonekart erstatter disse aktsomhetskartene. (NVE websider)

Som regel kan utstrekningen av aktsomhetsområdene på de nasjonale kartene innskrenkes ved mer detaljerte undersøkelser. Dette inkluderer feltbefaringer der en vurderer topografi, eventuelle utførte sikringstiltak, vegetasjon, klima, bygg og andre konstruksjoner som bidrar til å stoppe eller lede skredmasser, og andre forhold som påvirker utløsning eller utstrekning av skred. (NVE 2014, Sikkerhet mot skred i bratt terreng)

Aktsomhetskartet er beregnet med utgangspunkt i en 10x10 meters høydemodell basert på høydekurver fra 1 til 20 meter ekvidistanse. Det er imidlertid flere faktorer som innvirker på skredfaren.

Terreng-/grunnforhold i løснеområdet

Jordskred utløses i bratte fjellsider der det ligger løsmasser. Viktigste faktorer for stabiliteten av en skråning er:

- Helning og terrengform. Helningen må være brattere enn 25-30°. Forsenkninger er mest utsatt.
- Type og tetthet av vegetasjon. Røtter vil bidra til at løsmassedekket får økt styrke. Røtter vil også kunne øke permeabiliteten i jorda. I vekstsesongen vil vegetasjonen bruke vann og bidra til lavere vanntrykk i bakken.
- Hydrologiske forhold som vil påvirke hvor mye vann som tilføres løsmassedekket.
- Tykkelse, lagdeling og kornfordeling av løsmassene. Tykkelsen vil ha betydning for hvor store skredene kan bli. Lagdelingen vil kunne påvirke vanngjennomstrømningen. Dersom det finnes tette lag kan det bygge seg opp vanntrykk. Kornfordelingen har betydning for både styrken og for hvor mye vann som kan bygge seg opp.
- Menneskelige inngrep som har endret den naturlige dreneringen.

(NVE 2014, Sikkerhet mot skred i bratt terreng)

47-58 %

NVEs Veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» anbefales for videre lesning om temaet.

Skredhendelser

NVE Atlas inneholder en stor database over tidligere skredhendelser, - alt fra virkelig historiske til helt ferske. Skredhendelsene er klassifisert utfra skredtype og konsekvenser. Dataene synes å være greie med tanke på å peke ut områder med mye skredaktivitet, men en god del av registreringene har begrenset grad av nøyaktig hva gjelder stedfesting og manglende informasjon om utbredelse. Databasen er ikke komplett og det ser ut som majoriteten av hendelser er registrert i forbindelse offentlig vei og jernbane.

Bratthet

Med grunnlag i analyser i digitale terrengmodeller kan brattheten av terrengoverflaten klassifiseres.

Det er tilgjengelig 2 forskjellige bratthetskart i NVE Atlas:

Bratthet jordskred

Bratthetskart med følgende klassegrenser og grader som enhet: 3, 5, 10, 15, 25, 45 grader (5, 9, 18, 27, 47, 100 %)

Bratthet snøskred

Bratthetskart med følgende klassegrenser og grader som enhet: 27, 30, 35, 40, 45, 50 grader (51, 58, 70, 84, 100, 120 %)

Elvenett

Oversikt over det elvenettet som er lagt til grunn for blant annet NEVINA-analysene (se Dimensjonering).

Norges Geotekniske Institutt (NGI)

NGI, <http://skredkart.ngi.no/>, har også et bratthetskart med følgende klassegrenser med grader som enhet: 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60 grader; (36, 47, 58, 70, 84, 100, 173 %).

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO)

Kilden hos NIBIO, <https://kilden.nibio.no>, har også importert ekstern informasjon om Berggrunn, Løsmasser, Kvikkleire, samt Aktsomhetskart for Snøskred og Jord og flomskred. I tillegg har de data fra AR5 om grunnforhold (Organisk jordlag, Jorddekt, Grunnlendt, Fjell i dagen og Blokkmark). Nylig har de også kommet med Markfuktighetskart, - ikke landsdekkende, men snart..

Statens kartverk

Statens kartverk har selvsagt store mengder kartdata, men de har også en innsynsløsning for laserdata, <https://hoydedata.no>. Der finner man opplysninger om hvilke områder som er dekket av laserdata, samt informasjon om de ulike laserkartleggingsprosjektenes egenskaper (årstall og punktetthet). Det er også en nedlastingsløsning for de som har rettigheter til det.

Via innsynsløsningen kan man få fram bratthetskart klassegrensene: 10, 25, 30, 45, 60 grader (18, 47, 58, 100, 173 %). Videre kan fremstille høydeplott (høydevariasjon) og skyggerelieff (sol og skygge ved 40 grader solhøyde) av både DTM (terreng) og DOM (overflate)-data.

Konklusjon

Den nye landsdekkende laserskanningen vil gi skogbruket gode muligheter for å forbedre planleggingen av aktiviteter i bratt terreng også med hensyn til vannrelaterte naturskader, enten dette gjelder skogsveier eller skogsavvirkningens transporter.

For skogsbilveiplanleggenes vedkommende er det mange analysemetoder som vil være verdifulle å implementere i planleggingen. De færreste av disse planleggerne har (direkte eller indirekte) tilgang til GIS-programvaren ArcMap som er benyttet i prosjektet. Med ulike arbeidsgiverkombinasjoner for veiplanleggerne, blir det også tilgang til ulike GIS-programmer. Det er heller ikke alle som er aktive brukere av GIS enda, men er avhengig av arbeidsgivers dataavdeling. Det optimale kan synes å være at veiplanleggerne har tilstrekkelig kompetanse og programvare til selv å gjøre denne type spesialanalyser som ikke så mange andre i de ulike organisasjonene er ute etter.

Med godkjennelsesordningen for profesjonelle veiplanleggere i landbruket har det også blitt et miljø mellom veiplanleggerne (f. eks. årlige samlinger og egen Facebook-side), hvor man deler erfaringer, problemer og løsninger. Dersom denne gruppen kunne hatt en felles GIS-plattform uavhengig av, men kompatibel med, arbeidsgivers programvare, så ville både kompetanseoverførings- og utviklingsdelen dra stor nytte av dette.

Konkret foreslås det å vurdere QGIS som en felles framtidig GIS-plattform for veiplanleggerne. QGIS er "A Free and Open Source Geographic Information System" <https://www.qgis.org>. I tillegg til å være "gratis" (det finnes en lang rekke offentlige og private sponsorer), så er programvaren under stadig utvikling med nye tilleggsfunksjoner. Pr. i dag mangler kun Markfuktighetsanalysen blant de omtalte generelle analysene, men siden denne informasjonen kan importeres fra NIBIO's Kilden, så er man et skritt på vei i riktig retning.

Skogbruksledere/driftsplanleggere vil også ha nytte av disse analysene hva gjelder driftsplanlegging, inkludert de aktuelle skogsveier som driftene skal benytte.

For alle analysene kan man lage geo-refererte kart, for eksempel på pdf-format, som man tar med seg ut i skogen og ser hvor man er direkte på kartet via satellittposisjonering uten å ha internetttilgang eller være tilkoblet arbeidsgivers datasystemer. For vei- og driftsplanleggere bør det være store gevinster å hente ved å benytte kontorbaserte analysedata direkte tilgjengelig i felt.

For veiplanleggerne kunne en foreslått svensk app-løsning (status ukjent) være aktuelt. I felt trykker man en tast må mobil/nettbrett for å angi GPS-posisjon, deretter beregnes nedslagsfeltet til posisjonen og man kan gjøre en i-felt-vurdering av kulvertbehov.

Det viktigste tiltaket på kort sikt vil imidlertid være å heve detaljeringsnivået (over til laserdata med fritt valgt cellestørrelse) på NEVINA-metodikken og frigjøre den fra det etablerte elvenettet, alle potensielle kulvertplasseringer utenfor elvenettet må kunne velges. Beregningsmetodikken er her, den må bare tilpasses til lokal bruk på en mer detaljert skala.

Sist, men ikke minst: det er den kommunale skogbruket som skal godkjenne veiplanene. Det er de som skal gjøre vurderingen om det er tatt tilfredsstillende hensyn «*til fare for flom, erosjon og løsmasseskred, samt andre interesser som blir berørt av veiframføringen*» og om man skal «*sette vilkår om planleggerkompetanse*». Har de de kunnskapene og verktøyene de trenger i denne godkjenningen?

Presentasjoner

Dato	Arrangement	Sted	Tittel
24.03.2015	Veiplanleggerkurs	Honne	Skred og faresoner - bruk av digitale data. Beregning av dimensjoner (rør, kulvert og bru)
Januar og februar 2016	Forebygging av ras- og flomskader ved vei- og arealforvaltning i Gudbrandsdalen	Vinstra Otta Gausdal	Risikovurdering og årsaker til flomskader og vannrelaterte skred. Risikovurdering og årsaker til flomskader og vannrelaterte skred – hvilke tiltak kan gjøres? Dimensjonering av stikkrenner, innsynsløsninger og praktisk bruk
22.11.2016	Veiplanleggerkurs	Honne	Dimensjonering av kulverter
30.11.2016	Skog och vatten-seminarium	Sollefteå, Sverige	Så kan vi minska riskerna för erosion och ras - Hur gjør man i Norge?
18.10.2017	Fagsamling Vei	Molde	Ras, skred og veier. Årsaker og løsninger
21.11.2017	Veiplanleggerkurs	Honne	Dimensjonering av kulverter
17.04.2018	Veiplanleggerkurs	Honne	Flomberegning i små felt. Rasjonelle formel, - usikkerhet i beregning
17.10.2018	Veiplanleggerkurs	Tønsberg	Bruk av laserdata til veiplanlegging

Relaterte publikasjoner:

Johannessen, Karl Andreas. 2017. Undersøkelse av sammenhengen mellom løsmassetyper, markfuktighet og skogsbilvegers bæreevne. Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, NMBU.

Oppland fylkeskommune. 2018. Veiledning og råd for planlegging og gjennomføring av tiltak for å redusere flom- og skredskader. Lågenplanen – Regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag. Oppland fylkeskommune.

Tveiterå, Kristofer. 2016. Dimensjonering av stikkrenner på skogsbilveg. Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, NMBU.

Litteratur

- Bersaker, E. & Hohle, A.E. 2011. Økt avvirkning i marginale skogsområder med dårlig bæreevne. Skog og landskap, Rapport 12/2011
- Bjerketvedt, J., Høydahl, Ø.A. og Talbot, B. 2015. Anbefalinger for bygging av driftsveier i bratt terreng. Resultater fra prosjektet «Utvikling av retningslinjer for gravedrifter i bratt terreng». NIBIO
- Bjerketvedt, J. & Hansen, E. 2017. Forprosjekt – Markfuktighetskart for skogen i Norge. NIBIO Rapport;3(102) 2017
- Fergus, T., Hoeseth, K. A. og Sæterbø, E. 2010. Vassdragshandboka. Tapir akademisk forlag, Trondheim
- Fønhus, M. 2017. Sluttrapport for Pilotprosjekt for bæreevneklassifisering.
- Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size. Computers & Geosciences, 32, 1283-1298
- Johannessen, K. A. 2017. Undersøkelse av sammenhengen mellom løsmassetyper, markfuktighet og skogsbilveggers bæreevne. Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, NMBU
- Kimberling, A.J., Buckley, A.R., Muehrcke, P.C. and Muehrcke, J.O., Redlands. 2012. Map use: reading, analysis, interpretation. ESRI Press Academic
- Maune, D. F. 2007. Digital elevation model technologies and applications: the DEM user's manual, Bethesda, Maryland, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
- NVE. 2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.
- NVE. 2016. Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane. Rapport nr 28-2016. NVE
- Statens Kartverk. 2015. Standarder geografisk informasjon. Produksjon av basis geodata, versjon 1.0
- Statens Vegvesen. 2014. . Håndbok N200 Vegbygging. Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo
- Statens Vegvesen. 2018. Håndbok N200 Vegbygging. Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo
- Tveiterå, K. 2016. Dimensjonering av stikkrenner på skogsbilveg. Masteroppgave, Institutt for naturforvaltning, NMBU
- Ødegård, T. 2018. Sporløs kjøring. Prosjektrapport. Skogkurs og Mjøsen Skog