

# DEFZONE

- Definition av säkerhetszon huvudrapport



Av

Per Strömgren, Svante Berg & Axel Ericsson



## Förord

Traditionellt använder sig Transportstyrelsen och Trafikverket av parametern säkerhetszon för att beskriva en tvärsektions erforderliga bredd fri från oeftergivliga föremål. Parametern används idag i TrVK Väg- och gatuutformning. Idag är de ansatta värdena byggda på erfarenheter tillbaka på 60- och 70 talet och därefter uppdaterade ca var 10 år med lite nya ingenjörsmässiga bedömningar.

I VGU är säkerhetszonen av stor betydelse för beslutet om det är möjligt att åstadkomma erforderlig bredd eller om det samhällsekonomiskt blir effektivare att sätta upp räcke. Användning av parametern säkerhetszon har således också betydelse i de effektmodeller som används inom planeringsprocesserna, då parametern bidrar till att optimera åtgärder ur ett samhällsperspektiv. Förutsättningen är att säkerhetszonsparametern skattas med rimlig noggrannhet.

Syftet med projektet har varit att ta fram ett nytt underlag för att utveckla definitionen av säkerhetszon samt att säkerställa att bästa möjliga utformning används vid projektering av ny väg eller förbättring av befintlig väg. Projektmål är att utreda om säkerhetszonen går att definiera funktionellt på ett tydligare och mer verifierbart sätt, utifrån ett antal kvantifierbara faktorer. I projektet ingår även att analysera och definiera stup utifrån dagens krav.

Denna utredning är genomförd av Per Strömgren Movea, Svante Berg Movea och Axel Ericsson Movea.

Beställare är Per Andersson och Karin Edvardsson på Transportstyrelsen och Urban Jonsson och Kenny Dolleris på Trafikverket.

# Innehåll

SAMMANFATTNING .....	3
1 INLEDNING .....	6
1.1 Uppdraget .....	6
1.2 Bakgrund .....	7
1.3 Nuvarande säkerhetszonsmodell .....	8
1.4 Tidigare kunskap inom området .....	10
2 METODANSATS FÖR DEFINITION AV SÄKERHETZONEN .....	26
2.1 Allmänt .....	26
2.2 Metod för bestämning av tvärsektion .....	27
2.3 Metod för olycksuttag och matchning .....	33
2.3.1 Extra kodning av olyckor från STRADA-uttag .....	33
2.3.2 Snödjupsuppgifter .....	33
2.3.3 Tvärsektionsdata .....	35
3 ANALYS .....	38
3.1 Sidoområdesolyckor utan fasta föremål .....	38
3.2 Sidoområdesolyckor med fasta föremål .....	41
4 RESULTAT OCH DISKUSSION .....	43
4.1 Resultat .....	43
4.2 Diskussion .....	44
5 FÖRSLAG FÖRESKRIFT OCH UTFORMNING VGU .....	48
5.1 Bakgrund gällande föreskrifter och regler .....	48
5.2 Förslag föreskrift TSFS .....	49
5.3 Säkerhetszon i Vägars och gators utformning (VGU) .....	50
5.4 Förslag TrV Vägars och gators utformning (VGU) .....	52
6 FORTSATT ARBETE .....	56
REFERENSER .....	57

# Sammanfattning

Inom det föreskriftsarbete som pågår har Transportstyrelsen och Trafikverket identifierat en brist i att begreppet säkerhetszon inte är tydligt definierat – vilket skapar en otydlighet i befintliga regelverk. Nuvarande föreskrifter definierar säkerhetszonen som en "zon närmast vägbanan utformad för att minimera personskadeföljd i avkörningsolyckor, förhindra att tredje person skadas eller skador på skyddsobjekt".

Syftet med projektet har varit att ta fram ett nytt underlag för att utveckla definitionen av säkerhetszon samt att säkerställa att bästa möjliga utformning används vid projektering av ny väg eller förbättring av befintlig väg. Projektmål är att utreda om säkerhetszonen går att definiera funktionellt på ett tydligare och mer verifierbart sätt, utifrån ett antal kvantifierbara faktorer. I projektet ingår även att analysera och definiera stup utifrån dagens krav.

Sidoområdet är området direkt utanför körbanan och säkerhetszonen är den del av sidoområdet som ska utformas så att risken för svåra personskador vid avkörning av väg minimeras. De nuvarande regelverken för vägar- och gators utformning (VGU) innehåller krav och råd för utformning av väg, som inkluderat utformning av sidoområde och säkerhetszon. De nuvarande modellerna för säkerhetszonens utformning är till viss del baserade på empiri från 1960- och 1970-talet samt ett antal ingenjörsmässiga antaganden. Avsaknaden av understödjande empiriska data har gjort att nuvarande VGU till viss del är bristfälligt inom området.

Projektet har utvecklat en metod för framtagande av samband mellan sidoområdets utformning och olycksutfall för att kunna basera reglerna kring säkerhetszonens utformning på faktiska olycksdata och utformning. Metoden bygger på analys och framtagande av modell utifrån LIDAR-data (Light detection and ranging) från Trafikverkets ANDA-projekt. Denna modell har sedan korrelerats med polisrapporterad olycksdata från STRADA.

Analysen visar en signifikant skillnad mellan skadefallet och sidoutformningen i form av bank, skärning eller plan.

Projektet har utifrån analysen tagit fram förslag på sidoområdesutformning samt textförslag på föreskriftsnivå för TSFS (Transportstyrelsens författningssamling) och utformningsnivå, VGU (Vägar och gators utformning).

Analys påvisar att effekten av höjdskillnader inträffar först då nivåskillnader uppgår till mer än 1 m och en släntlutning större än 1:3. Detta kan sägas vara ett bra underlag och definition av stup.

Utifrån projektet syfte och underlag föreslås följande text på föreskriftsnivå i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

Definition Säkerhetszon:

- Zon utanför vägbana utformad för att minska skadorna i avkörningsolyckor.

Förslagen gäller för:

- statliga, kommunala och enskilda väghållare,
- vägar med flöden > 125 ÅDT,
- väg med en referenshastighet av minst 70 km/h,
- alla vägtyper vid nybyggnad och större ombyggnad,
- barmarksförhållande.

Förslag på föreskriftskrav:

- Väg ska ha säkerhetszon som är utformad så att dödsfall och allvarlig personskada vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning.
- Väg ska ha säkerhetszon som är utformad så att risken att skada skyddsvärda objekt begränsas alternativt ha skyddsanordning (se PBL för exempel särskilt angående värdefulla natur-, miljö- och kulturområden).

Utifrån projektet syfte, underlag och analys föreslås följande text för Vägars och gators utformning (VGU) uppdelat på delarna Begrepp och grundvärden, Krav och Råd.

I Begrepp och grundvärden kapitel 3 Termer och definitioner föreslås följande betydelse (definition):

Begrepp Säkerhetszon:

- Område innanför vägområdet som ska vara fritt från fysiska hinder i form av fasta oeftergivliga föremål och som är utformad så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas.

Begrepp Vertikalt fall:

- Vertikalt fall eller slänt med lutning > 1:3 med höjd > 1 m.

I kapitel 5 " Trafikteknisk standard" föreslår projektet att meningen "Nya eller ombyggda vägars sidoområden ska utformas så att dödsfall och allvarlig personskada vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning" läggs så att text/innebörd blir desamma i TSFS och VGU.

I Krav avsnitt 5.6 Vägtyp föreslås följande text:

- Vägar skall ha sidoområden eller skyddsanordning som är utformade så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas.

I Krav kapitel 7 Sektion landsbygd – Vägrum förslås följande text för VR  $\geq 80$ , krav sammanfattas:

- Dikesbotten ska vara skålformad eller plant utformad med utbredning  $> 0,5$  m.
- Utanför halva säkerhetszonens bredd tillåts dock korsande vägtrummor med dimension  $\leq 0,8$  m
- Utformning av sidoområdet, inner- och ytterslänt samt dikesbotten görs enligt ny utformning se avsnitt 5.5.
- Ytterslänten ska i möjligaste mån väljas med så liten lutning som möjligt.
- Säkerhetszonen beräknas enligt ny framtagna modell, se avsnitt 5.5.

I Råd moment 7.1.1 Motorväg VR 110/120, 7.1.2 Mötesfri väg VR 110/100 och 7.1.3 Tvåfältsväg VR 100/80 föreslås följande text under rubriken "Sidoområdesutformning":

- Vinkel mellan innerslänt och ytterslänt bör vara mellan 150 och 160 grader.

Även om resultatet från denna studie visar på signifikanta skillnader och projektet tagit fram förslag på utformning så bör man arbeta vidare med:

- Underlag från en större andel av vägnätet (övriga 92 000 km statlig väg).
- Fokus på utformning av befintligt vägnät kopplat till åtgärder, "Förbättrings-VGU"
- Enklare läsa ut riktning av olyckan från STRADA.
- Insamling av ANDA/LIDAR-data under perioder med fri sikt, ex innan lövsprickning.
- Förfina analys av ANDA/LIDAR-data genom att ytterligare segmentera tvärprofilen och nyttja linjär regression i kombination med att analysera vinkelförändringar.
- Kombination av ANDA/LIDAR-data med annat insamlat data, exempelvis Laserdata Skog (lantmäteriet).

# 1 Inledning

## 1.1 Uppdraget

Projektet är en studie med syfte att ta fram en definition av säkerhetszon och stup.

I projektet ingår:

- Framtagande av underlag utifrån funktionellt krav eller mått
- Databearbetning och statistisk bearbetning
- Slutrapport med dokumentation av arbetet, workshop, analys samt underlag för föreskrift och förslag på krav på säkerhetszon:
  - o Underlag för framtagning av föreskrift
  - o Krav/råd på säkerhetszon samt när det krävs säkerhetszon
  - o Krav/råd på definition av stup samt utformning vid stup

Avgränsningar:

Projektet studerar endast hur säkerhetszonen påverkar avkörningsolyckors utfall och därför har ingen studie gjorts av varför avkörningsolyckor uppkommer.

Vidare så har endast olyckor i landsbyggsmiljö studeras. Det finns i VGU krav för hur säkerhetszonen ska utformas i landsbygdsmiljö respektive i tätbebyggt område, men bedömningen att säkerhetszonen har större inverkan på olycksutfallet i landsbygdsmiljö gjordes initialt och därmed har samtliga olyckor i tätbebyggt område filtrerats bort.

I rapporten studeras endast olyckor som inträffade utmed det skannade vägnätet inom ANDA-projektet (Trafikverkets projekt för att hantera anläggningsdata). ANDA-data består av laserscannade data från huvudvägnätet, ca 16 000 km enkelriktad väg. för följande vägnummer:

- E4 Helsingborg-Haparanda (undantaget Stockholm)
- E6 Trelleborg-Svinesund (undantaget Göteborg)
- E10 Luleå-Riksgränsen
- E12 Umeå-Moirana
- E14 Sundsvall-Storlien
- E16 Gävle-Torsby
- E18 Kapellskär-Norska gränsen (Töcksfors) (undantaget Stockholm)
- E20 Hallunda-Göteborg
- E22 Malmö-Norrköping
- E45 Göteborg-Karesuando
- E65 Malmö-Trelleborg
- RV25 Halmstad-Kalmar



- RV26 Halmstad-Mora
- RV40 Göteborg-Västervik (undantaget Borås och Jönköping)
- RV50 Mjölby-Falun
- RV55 Norrköping-Uppsala
- RV56 Norrköping-Gävle

Studien omfattar tidsperioden 1 januari 2009 till 31 december 2018. Detta medför att det finns en viss osäkerhet vad gäller homogenisering i tid och rum eftersom förändringar i vägnätet kan ha gjorts under de sju år som studien omfattar. Den mest kritiska delen är om räckesinstallationer har förändrats, själva sidoområdet i sig är mer ovanligt att det förändras.

Det råder en viss osäkerhet kring den GPS-position som finns angiven för respektive olycka, detta kan och bör ses som en avgränsning.

## 1.2 Bakgrund

Enligt 3 kap. 10 § i Plan- och byggförordningen (SFS 2011:338) ska byggnadsverk projekteras på ett sådant sätt att de vid användning eller drift inte innebär oacceptabelt stora olycksrisker. För vägar och gators utformning innebär det att Transportstyrelsen och Trafikverket måste överse de existerande regelverken och eventuellt redigera dem så att denna lag uppföljs.

Transportstyrelsen initierade 2014 ett projekt för att identifiera potentiella säkerhetskritiska parametrar och brister i regelverket för utformning av väg. I underlagsrapporten från projektet framgår det bland annat att brister omkring begreppet säkerhetszon har gett upphov till otydligheter i de nuvarande regelverken (Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning "SÄPU", Movea Trafikkonsult AB, 2014). Säkerhetszon är det område utanför körbanan som ska utformas så att risken för svåra personskador vid avkörning förebyggs. Säkerhetszonen ska vara fri från oeftergivliga föremål, vertikala fall samt djupt vatten (Trafikverket, 2016).

I de nuvarande regelverken finns det modeller för utformning av säkerhetszoner. De nuvarande modellerna är till viss del baserade på empirisk data från amerikanska studier som gjorts under 1960- och 1970-talet samt uppdateringar och justeringar ca var 10:e år som bygger på ingenjörsmässiga antaganden.

Det är avsaknaden av understödjande empiriska data om säkerhetszoner som har gjort att de nuvarande regelverken identifierats som bristfälliga. Efter att Movea presenterade underlagsrapporten valde Transportstyrelsen att påbörja arbetet med att förtydliga och komplettera de identifierade bristerna i de nuvarande regelverken.

### 1.3 Nuvarande säkerhetszonsmodell

I de övergripande kraven för väg- och banutformning finns en grov ambitionsnivå vad gäller sidoområdesutformningen.

”Val av skyddsanordningar och utformning av sidoområden ska framgå av utformningsstandard. Det gäller också utformning av mittremсор och andra skiljeremсор som t.ex. mellan väg och gång-och cykelväg. Hänsyn ska tas till referenshastighet, trafikflöden och omgivning. Behovet av stängsel vid ny-och ombyggnation ska framgå av utformningsstandard. Behovet kan avse både djur och mälmiskor. Nya eller ombyggda vägars sidoområden ska utformas så att risken för svåra personskador vid en avkörning med personbil och motorcykel förebyggs.

*Detta kan åstadkommas genomflacka släntlutningar fria från block och berg, eftergivliga stolpar m.m.*

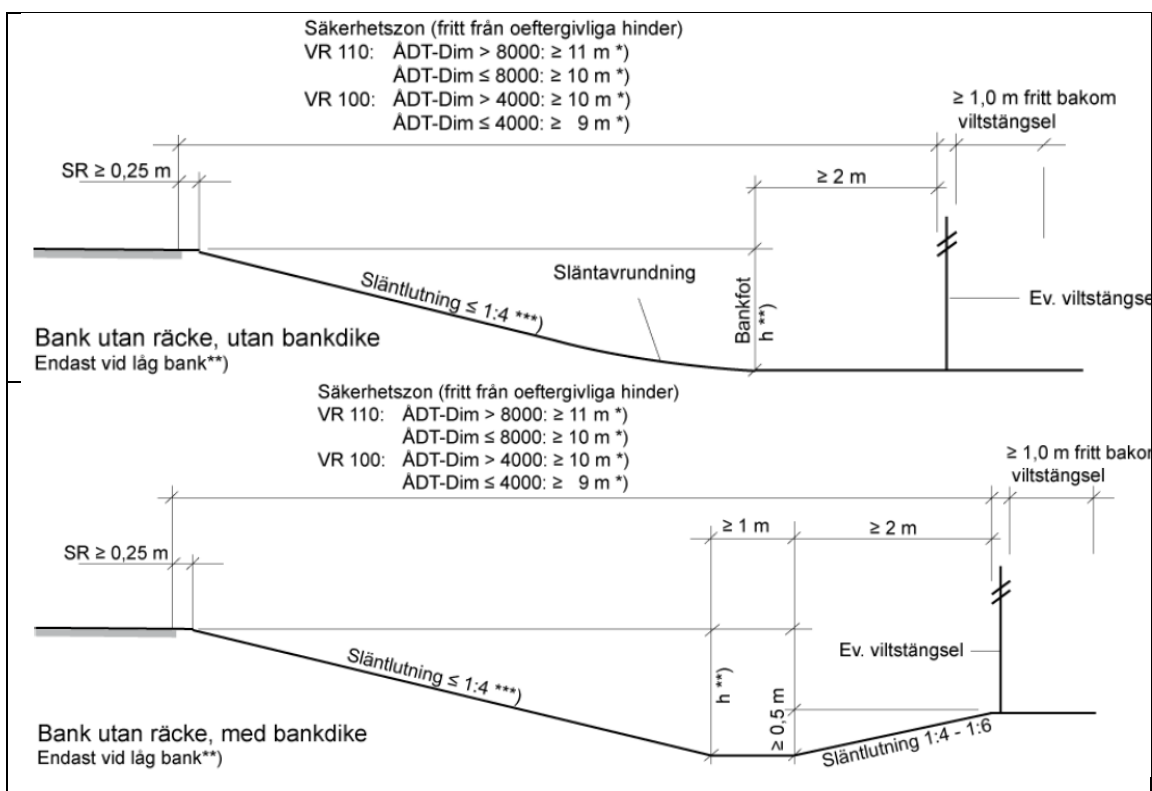
Skydd mot vattenstänk och nedfallande föremål ska anordnas på broar, vid höga stödmurar och andra liknande platser så att skador på fordon eller oskyddade trafikanter som vistas i ett område under bron begränsas. Riskexponeringen ska beaktas vid val av skyddsåtgärder. Där riskerna förknippade med en avkörning med buss är särskilt svåra, t ex på broar, vid höga stup eller djupt vatten, ska vägens sidoområde, skiljeremсор och eventuella skyddsanordningar utföras så att riskerna för avkörande buss begränsas. Där riskerna för skador på tredje man eller tredje mans anläggning förknippade med avkörning med tungt fordon eller fordon lastat med farligt eller miljöfarligt gods är särskilt svåra, ska vägens sidoområde, skiljeremсор och eventuella skyddsanordningar utföras så att riskerna för att avkörande fordon inte når fram till risk-eller skyddsobjekt begränsas. Åtgärder kan behöva vidtas för att hindra lasten att spridas.”

TrVK Vägar och gators utformning 2012 är regelverket som ersatte VGU från 2004. För de planer som antogs innan 26 juni 2015 är det fortfarande detta regelverk som ska följas av Trafikverket vid projektering av väg, vilket innebär att den fortfarande är vanligt att denna används (Trafikverket, 2017).

I VGU 2012 finns ingen tydlig definition på begreppet säkerhetszon som i de två tidigare regelverken. Det finns dock tre tydliga krav som säkerhetszonens utformning måste följa, dess är att säkerhetszonen ska vara fri från (Trafikverket, 2012):

- Fasta oeftergivliga hinder högre än 0,1m ovan släntnivå.
- Vertikala fall med höjd  $\geq 0,5\text{m}$  samt slänt med lutning  $>1:3$ .
- Vatten överstigande 0,5 m vid medelvattenstånd.

Precis som i de två tidigare regelverken säger VGU 2012 att inga oefftergivliga föremål får placeras i säkerhetszonen. Detta regelverk förtydligar dock att även väganordningar kan inkluderas i oefftergivliga föremål och att dessa måste utformas och placeras på ett sådant sätt att skaderisken begränsas (Trafikverket, 2012), se Figur 1.1. En väsentlig skillnad var dock att utformningen på dikesbotten justerades. Detta efter att en svår bussolycka i Arboga inträffat 2005. År 2007 togs en ny utformning fram där en "avrundning" av dikesbotten som tillkom, VGU-info 7, år 2007. Detta följdes upp genom fullskaleförsök och simuleringar under åren 2007 till 2009. Det är fortfarande få sträckor på studerat vägnät som utformats med "avrundad" eller plan dikesbotten då få objekt är byggda efter år 2012.



Figur 1.1 Exempel på sidoområdesutformningar i VGU från 2012

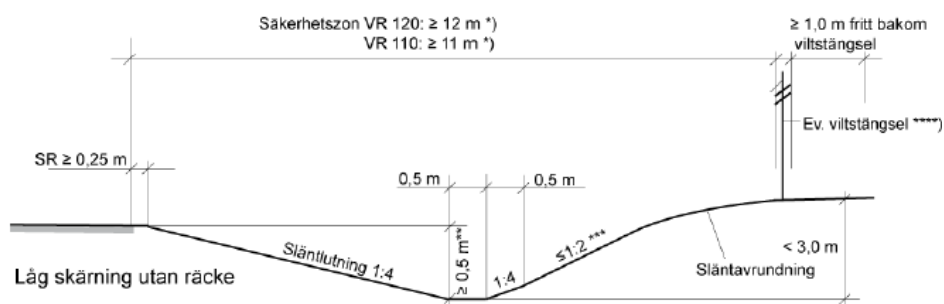
För säkerhetszonen har en uppdaterad tabell tagits fram, se Tabell 1.1.

Tabell 1.1. Säkerhetszonens bredd beroende på referenshastighet och trafikflöde.

Hastighetsgräns	Vägtyp	Projekt	Flöde (ÅDT)	Säkerhetszon (m)
120	MV			$\geq 12$
110	MV			$\geq 11$
	MML/MLV	Nybyggnad	> 8000	$\geq 11$
	MML/MLV		$\leq 8000$	$\geq 10$
	MML/MLV	Ombyggnad		$\geq 10$

100	MML/MLV		> 4000	≥ 10
	MML/MLV		≤ 4000	≥ 9
	MML/MLV	Ombyggnad		≥ 9
	2-fältsväg	Nybyggnad		≥ 9
	2-fältsväg	Ombyggnad		≥ 9
80	2-fältsväg	Nybyggnad	> 8000	≥ 8
	2-fältsväg	Nybyggnad	4000-8000	≥ 7
	2-fältsväg	Ombyggnad	2000-4000	≥ 7
	2-fältsväg	Ombyggnad	1000-2000	≥ 6
	2-fältsväg	Ombyggnad	≤ 1000	≥ 5
80	huvudväg/ tätortsgenomfart	Nybyggnad	ÅDT-Dim > 8000	≥8
			ÅDT-Dim 2000-8000	≥7
			ÅDT-Dim 1000-2000	≥6
			ÅDT-Dim <1000	≥5
60	huvudväg/ tätortsgenomfart	Nybyggnad		≥3
40	huvudväg/ tätortsgenomfart	Nybyggnad		≥2

TrVK Vägar och gators utformning 2020 är det nuvarande regelverket som ersatte TrVK Vägar och gators utformning 2015. Vad gäller version 2020 så skiljer den sig inte alls från VGU 2015 vad gäller säkerhetszon och bör därför endast ses som en uppdatering av det äldre regelverket.



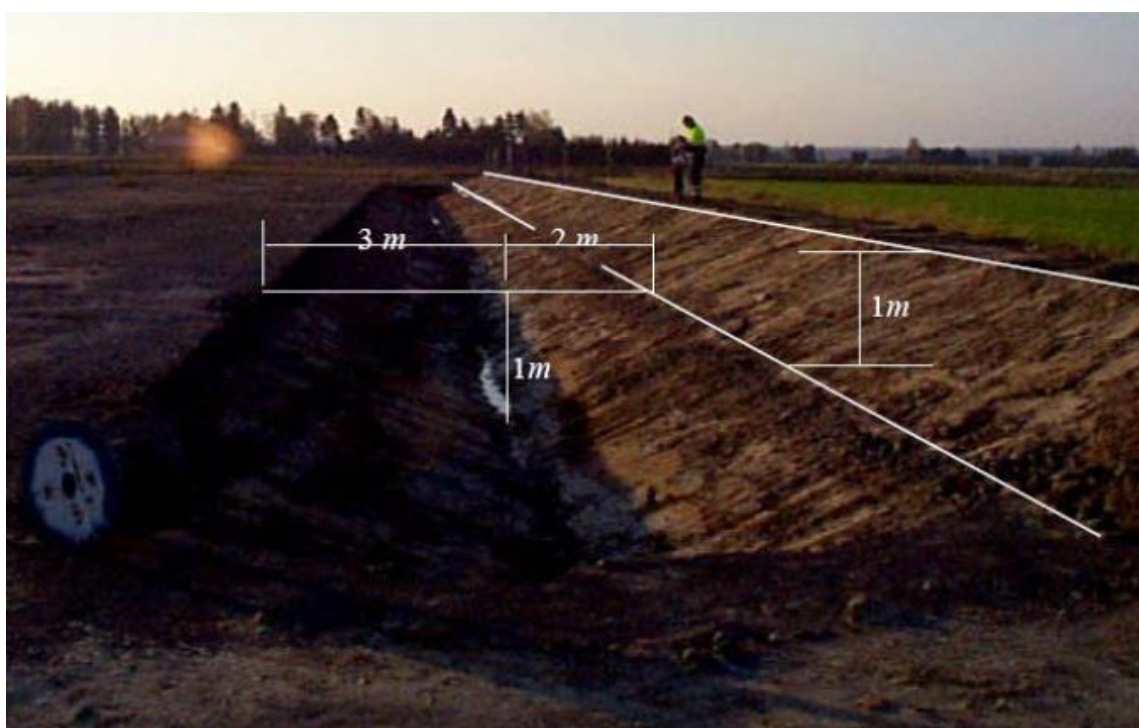
Figur 1.2 Exempel på utformning av säkerhetszon med plan dikesbotten i VGU 2020.

## 1.4 Tidigare kunskap inom området

Det material som analyserades i en studie gjord av Vägverket (Vägverket 2001) för motorväg pekar således mot att flack släntutformning typ A (1:6) vid jämförelse med B/C (1:3/1:2) reducerar såväl risken för singelolyckor som konsekvenserna. Vid slänttyp A har ca 2 % av de trafikskadade omkommit och ca 16 % skadats svårt. För slänttyp B/C är motsvarande 4 % respektive 18 %. Gynnsamt för utformning typ A är det låga antalet påkörningar av bergvägg. Påkörning av träd och vältning är dock ganska vanliga. Vid de teoretiska beräkningarna bedömdes risken för vältning som mycket liten när slänten lutar 1:6. I praktiken kan vältningarna ha orsakats av häftiga ratt rörelser när fordon i hög fart kommit utanför asfaltkanten.

I en stor nordisk studie utförd av de nordiska Vägverken och Force Technology (Force Technology 2009) gjordes fullskaletester i Finland för att samla in kalibrerings- och valideringsdata till en FEM-modell (finita elementmetoden) som sedan användes för att beräkna ett stort antal dator-simuleringar med olika hastigheter, fordon och släntkombinationer.

För att validera simuleringsmodellen i DyMesh (Dynamic MEchanical Shell), datorprogram för att simulera krascher med fordon) genomfördes 8 stycken kalibrerings och valideringssimuleringar med liten och stor personbil. Resultaten från dessa simuleringar har jämförts med resultat från fullskaletesten. I Figur 1.3 visas sidoområdet som använts för valideringen.

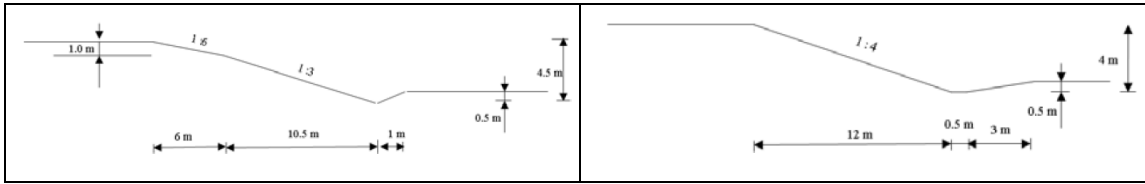


Figur 1.3 Sidoområde som använts vid kalibrering och validering (Force Technology 2009).

Det kan konstateras att 7 av 8 valideringssimuleringar ger tillfredställande resultat med avseende på klättringshöjd och överkörning. Modellen kan således anses som väl kalibrerad och validerad.

För väg på bank med bankdike jämfördes den så kallade Arboga-utförningen med ett förbättringsförslag F, se Figur 1.4.

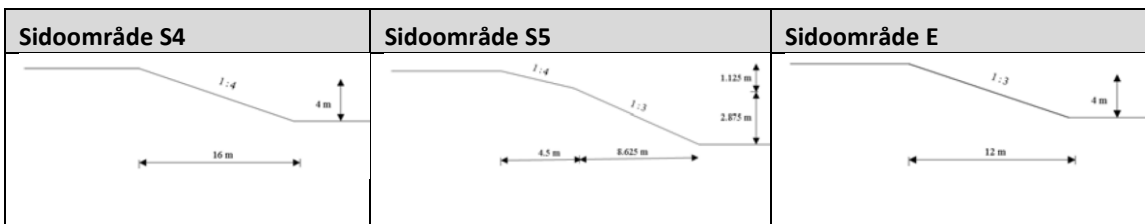
Arboga-utförning	Förbättringsförslag F
------------------	-----------------------



Figur 1.4 Slänt med bankdike (Force Technology 2009).

Resultatet visade att antalet procent acceptabla utfall av simuleringar för förbättringsförslag F var 100 % medan för Arboga-utformningen var det ca 50 %.

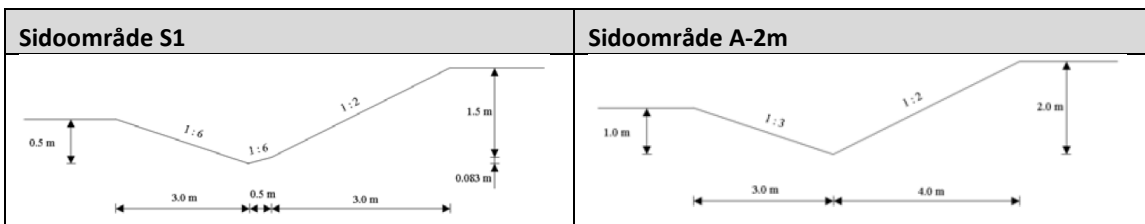
För väg på bank utan bankdike och med plan mark jämfördes tre olika utformningar, se Figur 1.5.



Figur 1.5 Slänt utan bankdike (Force Technology 2009).

Resultatet visade att antalet procent acceptabla utfall av simuleringar, där utfallet var gynnsamt avseende på krockvåld, stabilitet samt om fordonet inte kör tillbaka på vägbanan igen, för samtliga utformningar var 100 %. Orsaken till detta kan vara att det är jämt och fint efter det att innerslänten avslutas och det finns inget att kollidera med.

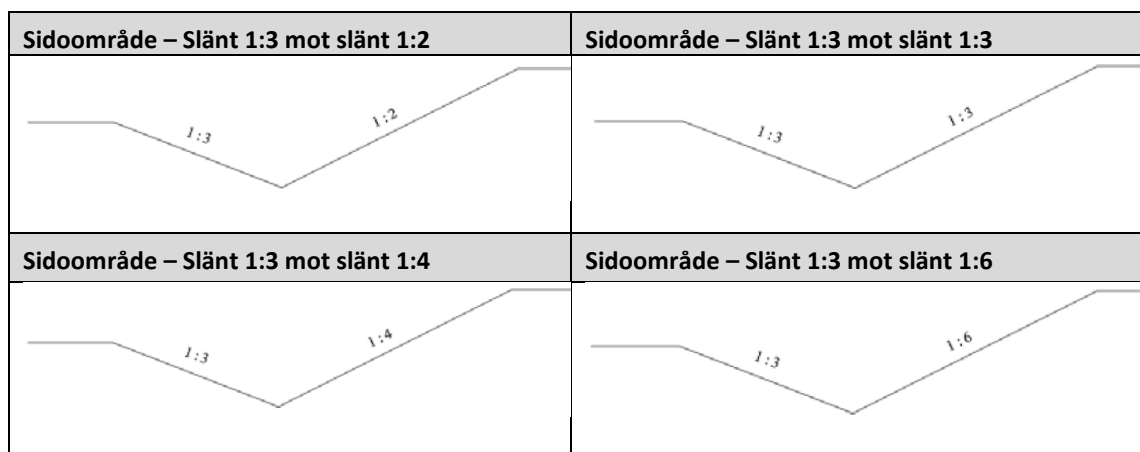
För väg med bakslänt jämfördes två olika utformningar, se Figur 1.6.



Figur 1.6 Slänt med bakslänt 1 (Force Technology 2009).

Resultatet visade att antalet procent acceptabla simuleringar för sidoutformning S1 var ca 50 % medan för A-2m var det 25 %.

För att studera vilken vinkeländring som är acceptabel analyserades fyra olika typer av bakslänter. De studerade bakslänterna visas i Figur 1.7.



Figur 1.7 Släntutformning med avseende på vinkeländring (Force Technology 2009).

140 simuleringar utfördes i studien. Baserat på resultaten från studien kan det bland annat konstateras att samtliga simuleringar utom liten bil (900 kg) i 100 km/h och 20 grader är acceptabla för slänt 1:3 mot 1:6. Detaljer från simuleringarna kan ses i Figur 1.8.

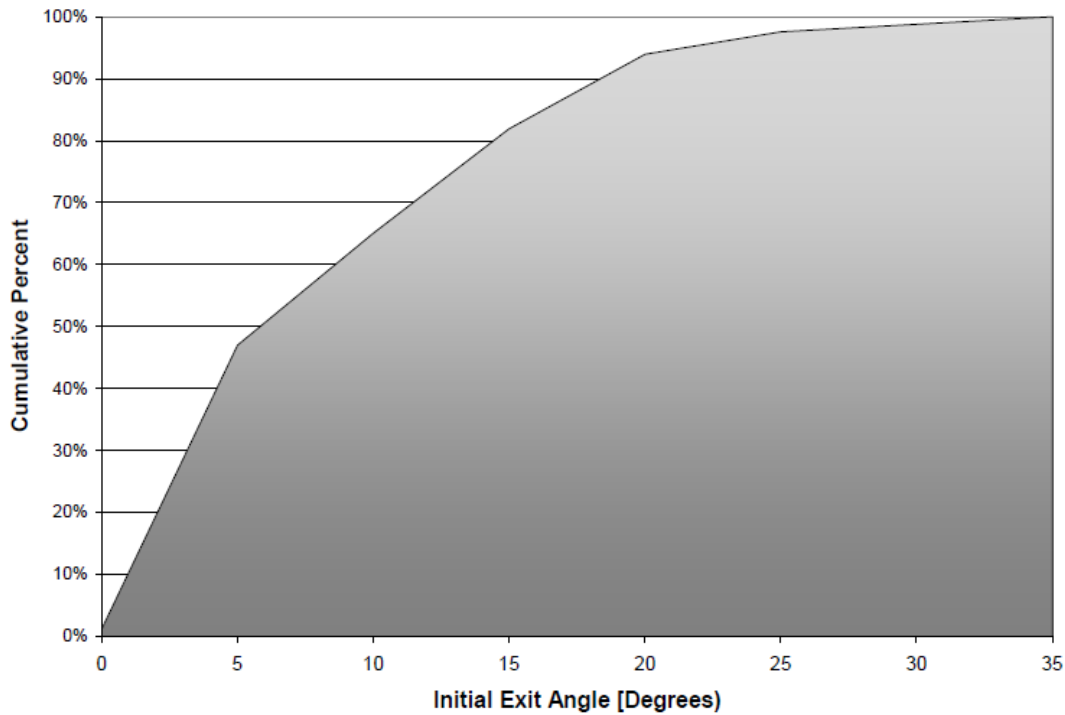
Bil	Hastighet	Vinkel	Slänt 1:3 mot 1:2 Acceptabelt	Slänt 1:3 mot 1:3 Acceptabelt	Slänt 1:3 mot 1:4 Acceptabelt	Slänt 1:3 mot 1:6 Acceptabelt
900	60	5	Ja	Ja	Ja	Ja
900	60	10	Ja	Ja	Ja	Ja
900	60	15	Ja	Ja	Ja	Ja
900	60	20	Ja	Ja	Ja	Ja
900	80	5	Ja	Ja	Ja	Ja
900	80	10	Ja	Ja	Ja	Ja
900	80	15	Ja	Ja	Ja	Ja
900	80	20	Nej	Nej	Ja	Ja
900	100	5	Ja	Ja	Ja	Ja
900	100	10	Ja	Ja	Ja	Ja
900	100	15	Nej	Ja	Ja	Ja
900	100	20	Nej	Nej	Nej	Ja
900	120	5	Ja	Ja	Ja	Ja
900	120	10	Ja	Ja	Ja	Ja
900	120	15	Nej	Nej	Nej	Ja
900	120	20	Nej	Nej	Nej	Nej
1500	60	5	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	60	10	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	60	15	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	60	20	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	80	5	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	80	10	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	80	15	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	80	20	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	100	5	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	100	10	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	100	15	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	100	20	Nej	Ja	Ja	Ja
1500	120	5	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	120	10	Ja	Ja	Ja	Ja
1500	120	15	Nej	Ja	Ja	Ja
1500	120	20	Nej	Nej	Ja	Ja
30000	50	5	Ja	Ja	Ja	Ja
30000	70	5	Nej	Nej	Nej	Ja
30000	90	5	Nej	Nej	Ja	Ja

Figur 1.8 Resultat med avseende på vinkeländring (Force Technology 2009), Bil (kg) Hastighet (km/h) och Vinkel (grader).

I Figur 1.8 kan tydligt ses att en större yttersläntsvinkel ger större antal acceptabla simuleringar.

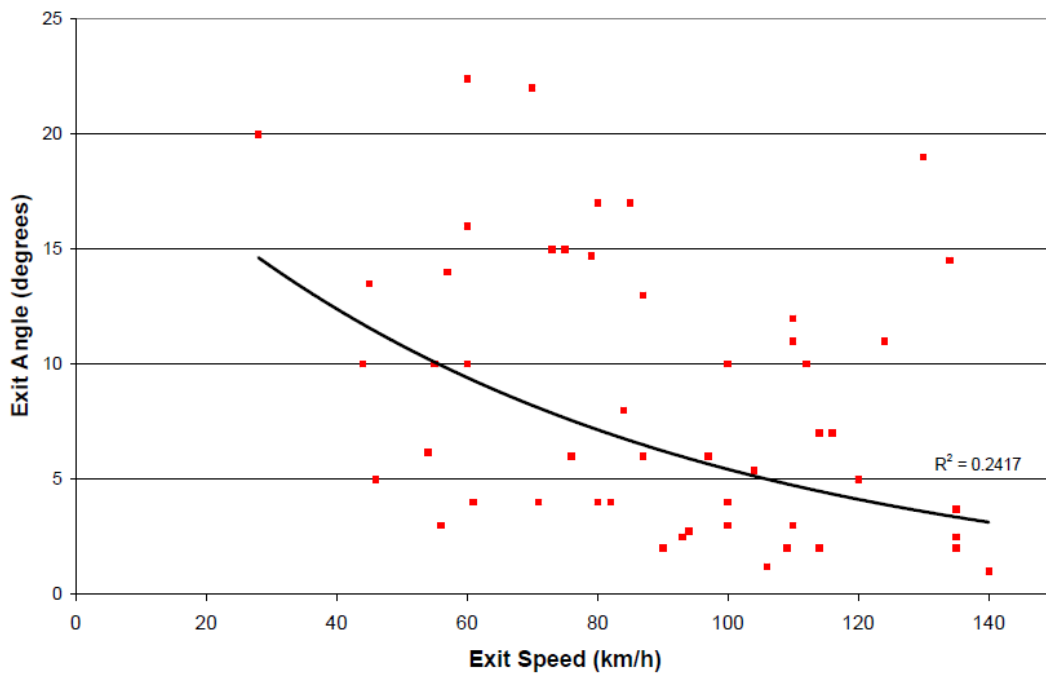
I de flesta fall vid avkörning är dock vinkeln ganska liten, vilket har konstaterats i studien RISER (RISER Consortium 2005). Cirka 50 % av samtliga olyckor har en avkörningsvinkel på mindre än 5 grader, se Figur 1.9.





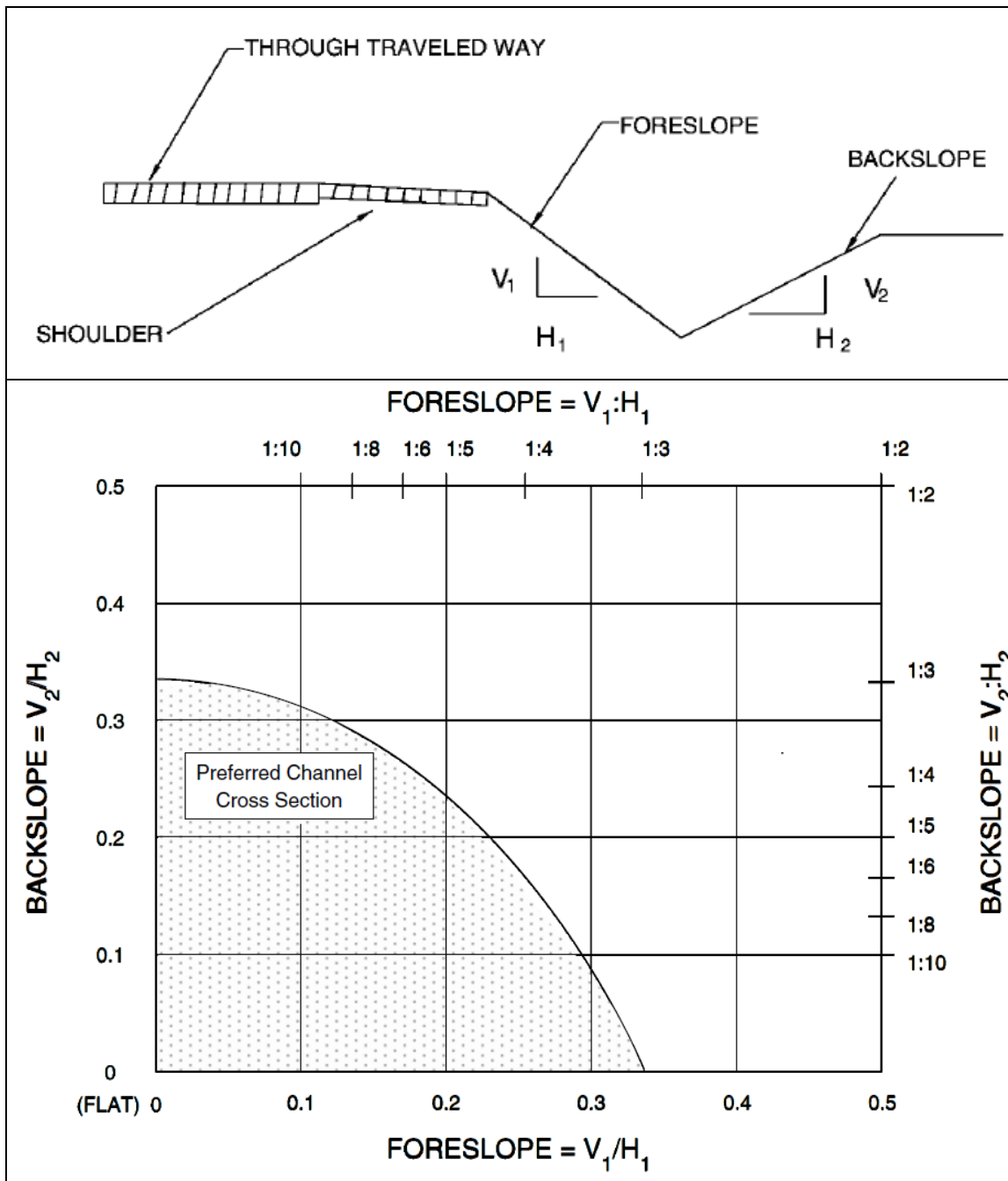
Figur 1.9 Kumulativ fördelning av initial avkörningsvinkel (RISER Consortium 2005).

Projektet gjorde även ett försök att studera avkörningsvinkeln i förhållande till hastigheten vid avkörningen, se Figur 1.10.



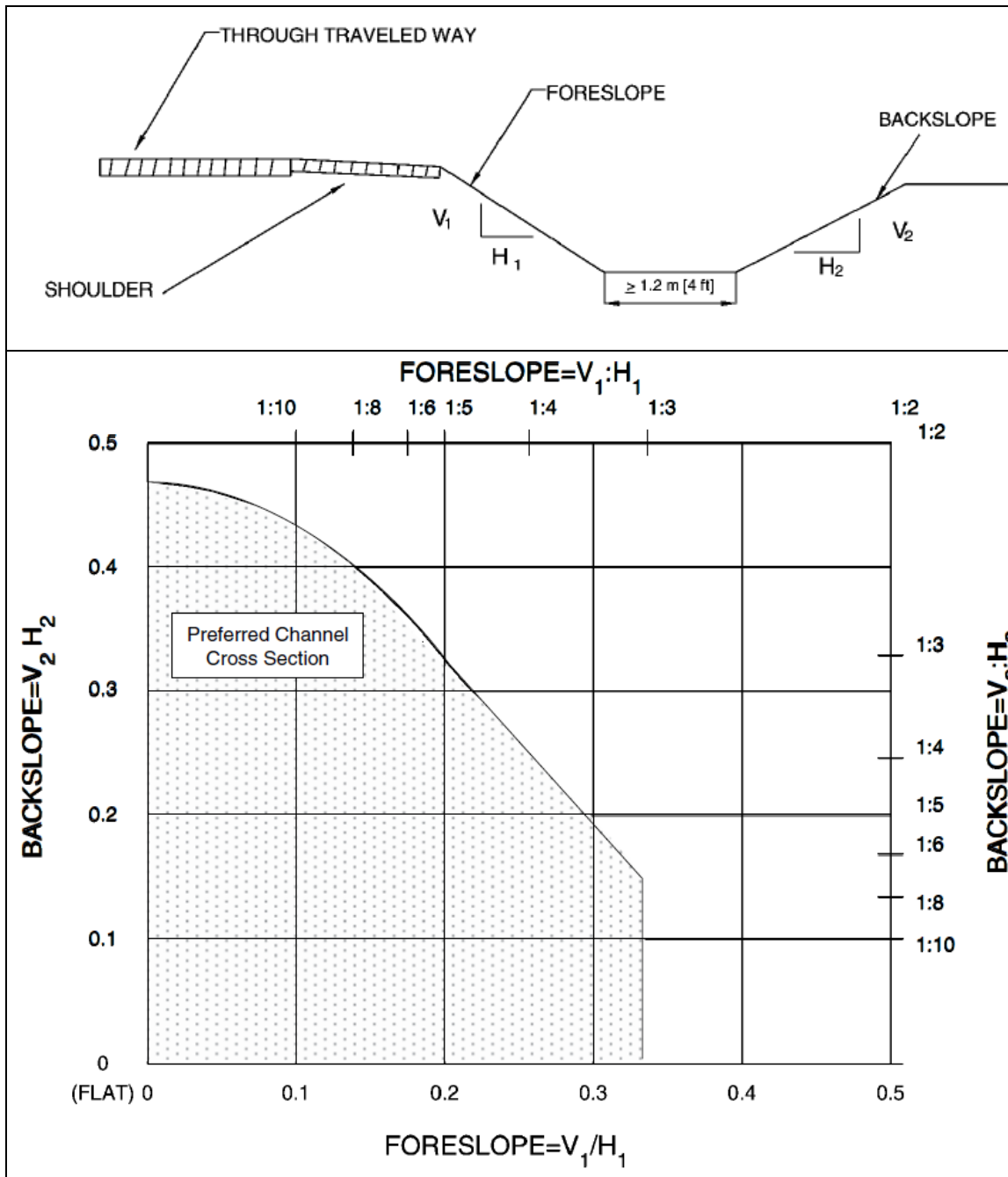
Figur 1.10 Avkörningsvinkeln som funktion av avkörningshastigheten (RISER Consortium 2005).

I AASHTO (AASHTO 2011) finns en modell för hur sidoområdet bör utformas, se Figur 1.11.



Figur 1.11 Bestämning av kombinationen mellan inner- och ytterslänt för plan dikesbotten upp till 1,2 m (AASHTO 2011).

Rekommendationen i AASHTO är att vid en innerslänt på 1:4 ska ytterslänten ha en lutning på max 1:6. Diagrammet gäller för utformning med plan dikesbotten från 0 m upp till 1,2 m bredd, finns även en med dikesbotten större än 1,2, se Figur 1.12.



Figur 1.12 Bestämning av kombinationen mellan inner- och ytterslänt för plan dikesbotten större än 1,2 m (AASHTO 2011).

Illinois DOT har en liknande modell som också skiljer mellan smal (V-formad eller < 1,2 m) och bred (> 1,2 m) plan dikesbotten, se Figur 1.12.

PREFERRED DITCH CROSS SECTIONS		
Front Slope	Preferred Maximum Ditch Back Slope	
	Trapezoidal Ditch with Vee or <4 ft Flat Bottom	Trapezoidal Ditch with Minimum 4 ft Flat Bottom
1:8	1:3.5	1:2.5
1:6	1:4	1:3
1:5	1:5	1:3.5
1:4	1:6	1:4

Figur 1.12 Resultat med avseende på vinkeländring (BUREAU OF DESIGN AND ENVIRONMENT 2014). (Front Slope = innerslänt, Back Slope = ytterslänt)

För samtliga kombinationer av innerslänt och ytterslänt blir vinkeln mellan inner- och ytterslänten cirka 155 grader.

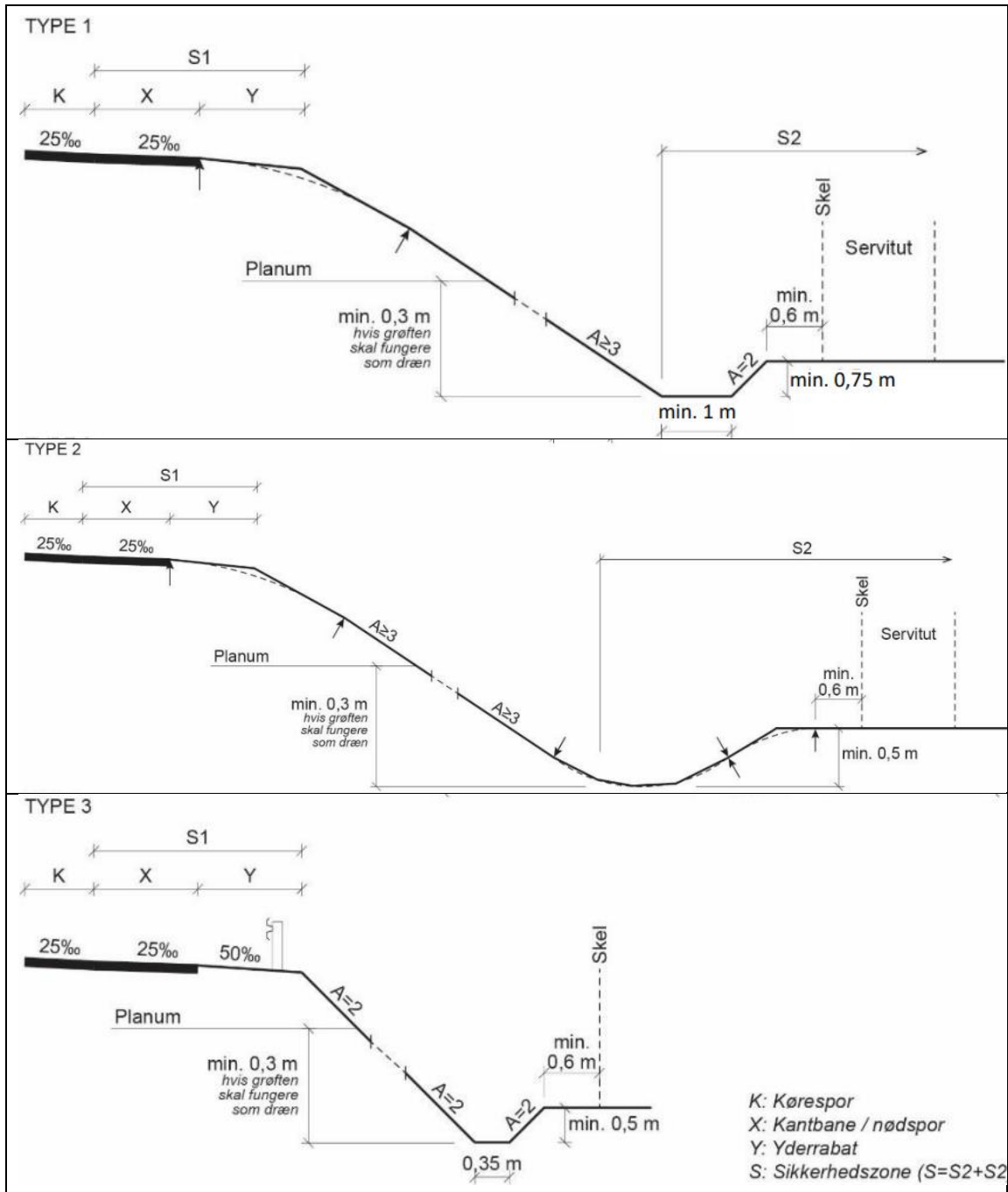
De danska riktlinjerna har tagits fram utifrån två olika källor, den ena är resultaten från det nordiska samarbetet redovisat ovan den andra källan är en Nederländsk studie.

Utformningen utgår från tre terrängklasser:

- Terrängklass 1  
Lutningen stiger med  $\geq 1:2$ , eller har ett svagt fall  $\leq 1:5$ . Slänter i terrängklass 1 kan ingå i och inräknas i säkerhetszonen
- Terrängklass 2  
Lutningen faller med  $1:3 \leq a < 1:5$ . Lutningar i terrängklass 2 kan ingå i, men ej inräknas i säkerhetszonen
- Terrängklass 3  
Lutningen stiger med  $< 1:2$  eller faller kraftigt  $a < 1:3$ ). Lutningar i terrängklass 3 kan ej ingå i säkerhetszonen

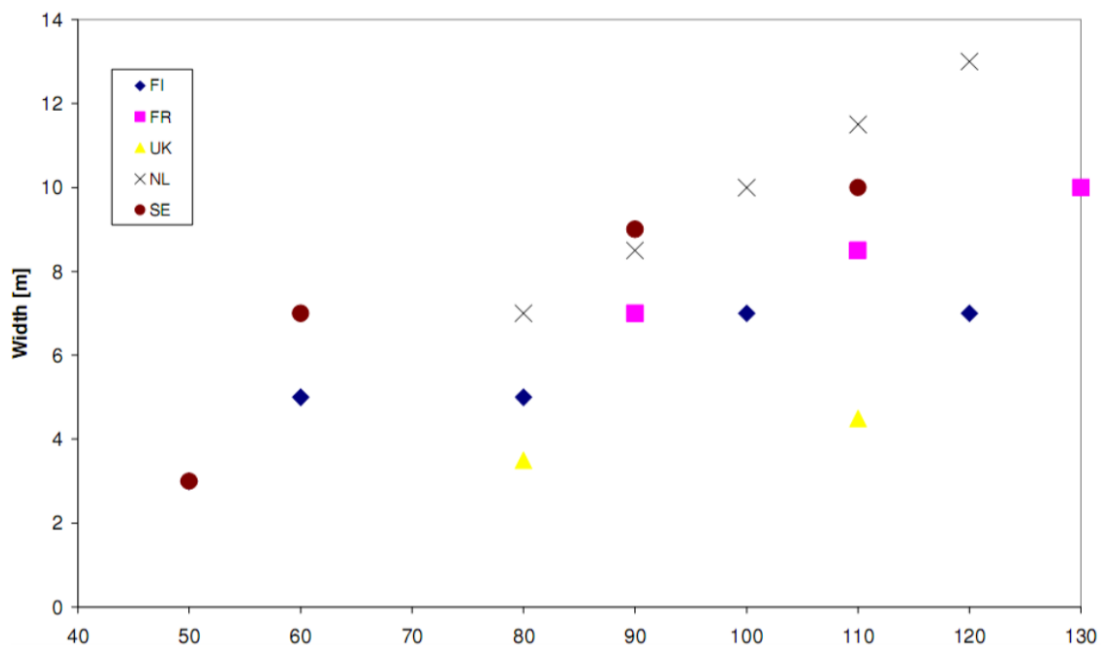
Innersläntens lutning avrundas med en radie 6-9 m mot ytterrabatten (extra bred stödremsa).

Säkerhetszonen beräknas sedan utifrån dessa grunder enligt Figur 1.13.



Figur 1.13 Basutformningen av sidoområdet samt beräkning av säkerhetszonen (Vejdirektoratet 2018).

En sammanställning av säkerhetszonen i Finland (FI), Frankrike (FR), Storbritannien (UK), Holland (NL) och Sverige (SE) har gjorts i ett CEDR-projekt (CEDR 2013) den kan sammanfattas enligt Figur 1.13.



Figur 1.13 En generaliserad bild av säkerhetszonens bredd som en funktion av hastighet för 5 olika länder (CEDR 2013).

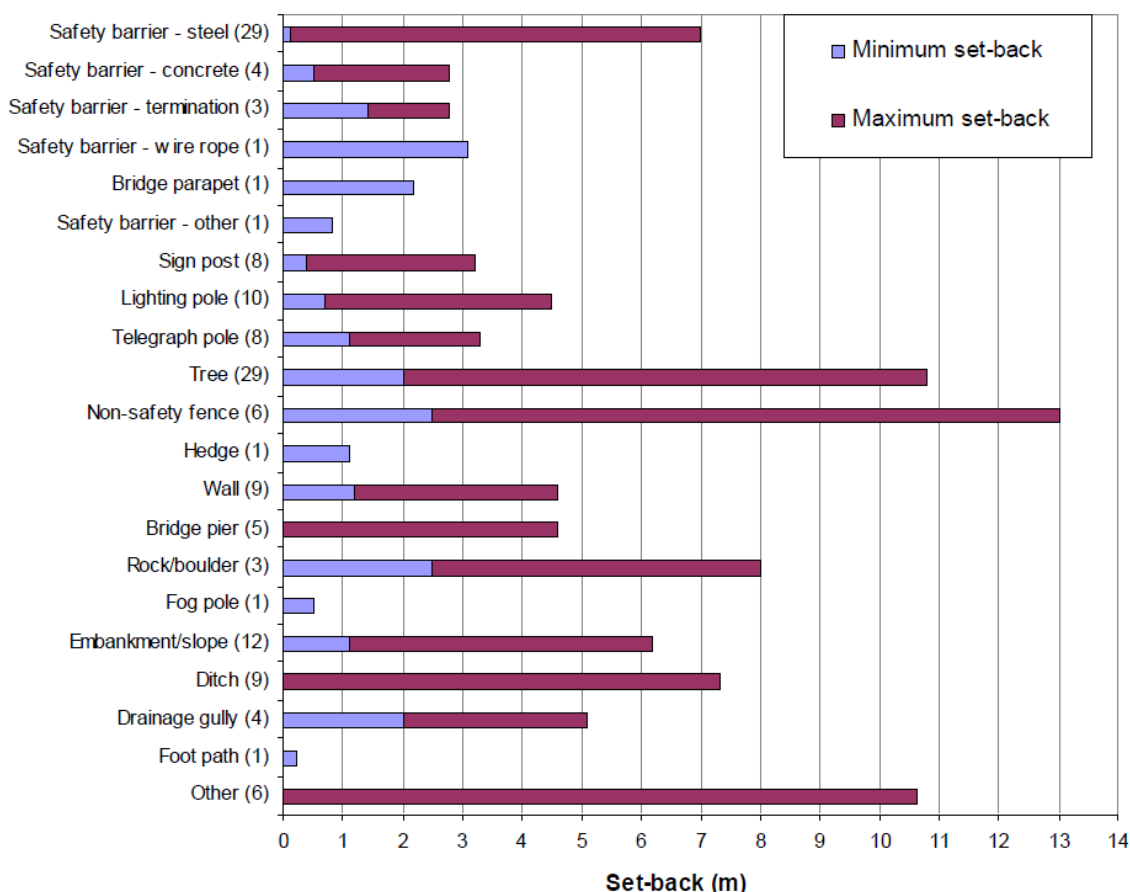
AASHTO har även en modell för estimering av säkerhetszonen, de påpekar att modellen är gjord utifrån empiriska studier och extrapolering utifrån detta material och kan ses som "best practice", se Figur 1.14.

Design Speed (km/h)	Design ADT	Foreslopes			Backslopes		
		1V:6H or flatter	1V:5H to 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:5H to 1V:4H	1V:6H or flatter
≤60	UNDER 750 <sup>c</sup>	2.0-3.0	2.0-3.0	<i>b</i>	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0
	750-1500	3.0-3.5	3.5-4.5	<i>b</i>	3.0-3.5	3.0-3.5	3.0-3.5
	1500-6000	3.5-4.5	4.5-5.0	<i>b</i>	3.5-4.5	3.5-4.5	3.5-4.5
	OVER 6000	4.5-5.0	5.0-5.5	<i>b</i>	4.5-5.0	4.5-5.0	4.5-5.0
70-80	UNDER 750 <sup>c</sup>	3.0-3.5	3.5-4.5	<i>b</i>	2.5-3.0	2.5-3.0	3.0-3.5
	750-1500	4.5-5.0	5.0-6.0	<i>b</i>	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	1500-6000	5.0-5.5	6.0-8.0	<i>b</i>	3.5-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	OVER 6000	6.0-6.5	7.5-8.5	<i>b</i>	4.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
90	UNDER 750 <sup>c</sup>	3.5-4.5	4.5-5.5	<i>b</i>	2.5-3.0	3.0-3.5	3.0-3.5
	750-1500	5.0-5.5	6.0-7.5	<i>b</i>	3.0-3.5	4.5-5.0	5.0-5.5
	1500-6000	6.0-6.5	7.5-9.0	<i>b</i>	4.5-5.0	5.0-5.5	6.0-6.5
	OVER 6000	6.5-7.5	8.0-10.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	5.0-5.5	6.0-6.5	6.5-7.5
100	UNDER 750 <sup>c</sup>	5.0-5.5	6.0-7.5	<i>b</i>	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.0
	750-1500	6.0-7.5	8.0-10.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	3.5-4.5	5.0-5.5	6.0-6.5
	1500-6000	8.0-9.0	10.0-12.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	4.5-5.5	5.5-6.5	7.5-8.0
	OVER 6000	9.0-10.0 <sup>a</sup>	11.0-13.5 <sup>a</sup>	<i>b</i>	6.0-6.5	7.5-8.0	8.0-8.5
110 <sup>d</sup>	UNDER 750 <sup>c</sup>	5.5-6.0	6.0-8.0	<i>b</i>	3.0-3.5	4.5-5.0	4.5-5.0
	750-1500	7.5-8.0	8.5-11.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	3.5-5.0	5.5-6.0	6.0-6.5
	1500-6000	8.5-10.0 <sup>a</sup>	10.5-13.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	5.0-6.0	6.5-7.5	8.0-8.5
	OVER 6000	9.0-10.51	11.5-14.0 <sup>a</sup>	<i>b</i>	6.5-7.5	8.0-9.0	8.5-9.0

Figur 1.14 Modell för estimering av säkerhetszon (m) beroende på bank (Foreslope) eller skärning (Backslope) samt hastighet (Design Speed) och flöden (ADT). (AASHTO 2011). Foreslopes = innerslänt, Backslopes = ytterslänt

För att exemplifiera hur modellen används görs följande exempel. Referenshastigheten 100 km/h och ÅDT 1400. Föreslagen säkerhetszon vid bank (innerslänt) är 6-7,5 m och vid skärning (ytterslänt) 5-5,5 m. Modellen är byggd på antagandet att vid innerslänt 1:4 eller flackare kan föraren styra mot och inte hamna så långt ute i terrängen.

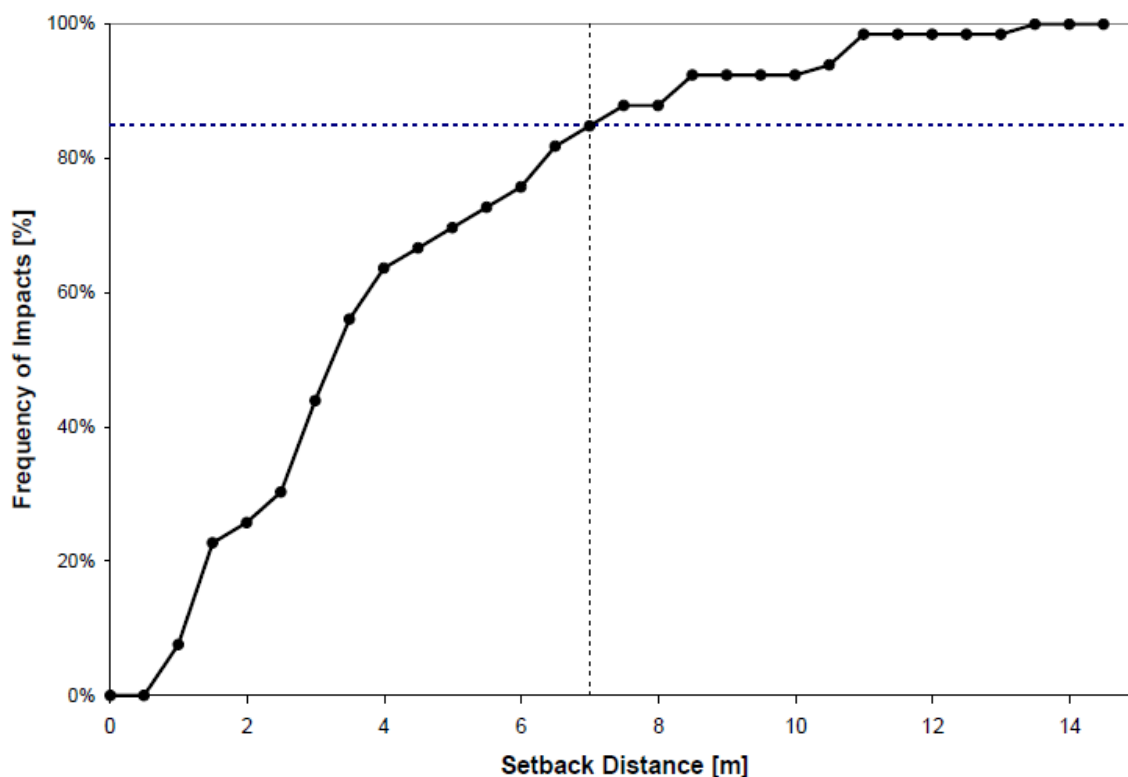
I projektet RISER tittade man på hur lång ut fasta föremål var placerade då olyckor inträffade med oeftergivliga föremål. Projektet samlade in 265 000 olyckor och 211 djupstudier av olyckor från Österrike, Finland, Frankrike, Spanien, Sverige och Nederländerna. Resultat visade att nästan inga olyckor var registrerade utanför 10 m, se Figur 1.15.



Figur 1.15 Minaavstånd respektive maxavstånd till oeftergivliga föremål som har träffats vid olyckor (RISER Consortium 2005).

Intressant är att träd är det man träffar på längst ut, detta är fullt naturligt eftersom Europas vägnät är kantat av träd. Även att dike och slänt är representerat är intressant och inträffar på upp till 7 m avstånd och avser i princip en ytterslänt på 1:2. Även i AASHTO kommenteras detta, speciellt vid små radier där avkörningsvinklarna blir stora.

En kumulativ fördelning gjord inom studien visar att 85 % av de oeftergivliga föremålen vid olycka ligger inom 7 m, se Figur 1.16.



Figur 1.16 Kumulativ fördelning av avstånd till oeftergivligt föremål vid olycka (RISER Consortium 2005).

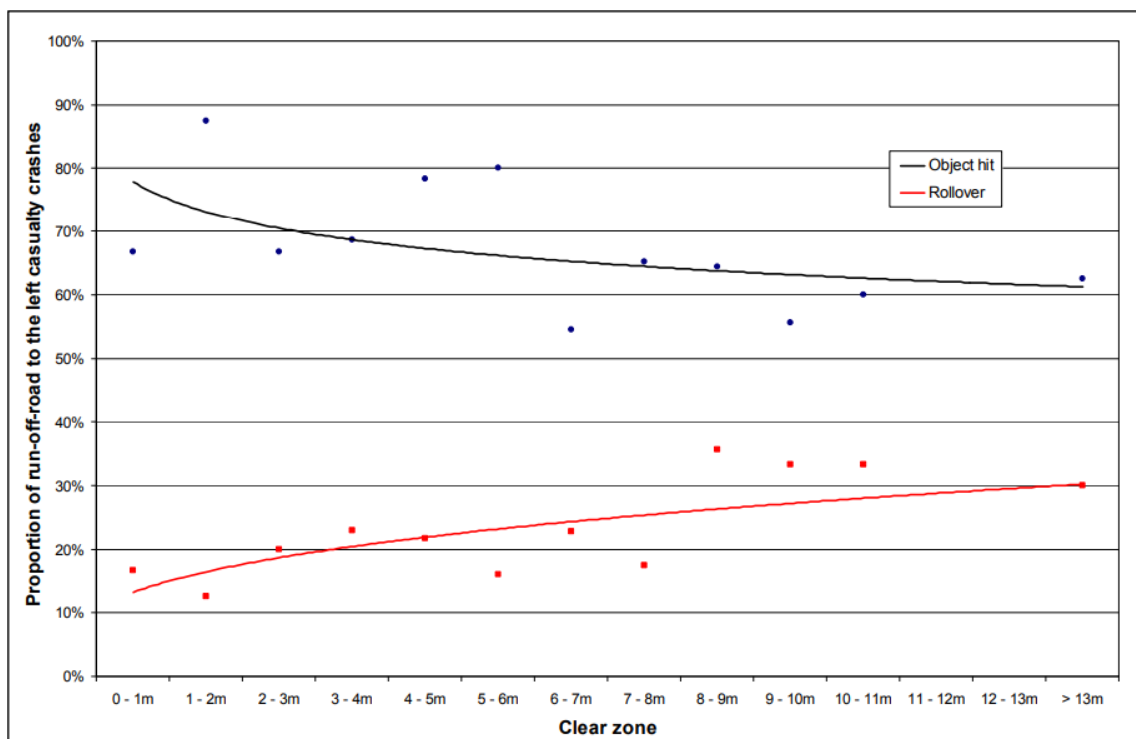
Informationen som presenteras i Figur 1.15 och Figur 1.16 är en indikation på att olycksdata i allmänhet följer de vägutformningsriktlinjer som finns i Europa. Detta innebär att avståndet skulle överstiga gränsen på 4,5 m som är den minsta säkerhetszonen samt att säkerhetszonen är 4,5-7 m vid hastigheter upp till 80 km/h och 6-10 m vid 100 km/h i de granskade länderna. Det faktum att 50% av alla oeftergivliga hinder ligger inom intervallet 4,5 m kan delvis förklaras av antalet räcken, skyltar etc. som finns i sidoområdet, se Figur 1.15.

Projektet RISER:s rekommendation för en väl utformad säkerhetszon är att:

- följderna av en avkörning reduceras
- bredden på säkerhetszonen bör utformas så att de flesta fordon som lämnar vägen inte lämnar säkerhetszonen
- slänterna ska utformas så att inte fordonet vultar
- ytan ska vara homogen och jämn för att förhindra vultning
- det inte finnas några oeftergivliga föremål i säkerhetszonen

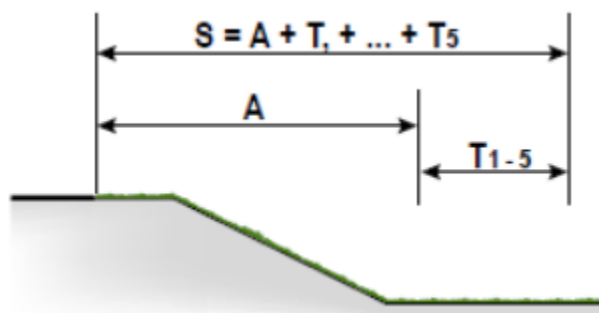


Resultaten av ett projekt utfört av Baldock, Kloeden och McLean (Baldock et.al. 2008) bekräftade att andelen av avkörningsolyckor till vänster (observera att det är Australien som har vänstertrafik) där ett oeftergivligt föremål träffas minskade med ökad bredd på säkerhetszonen. Det visade sig emellertid också att med bredare säkerhetszon ersattes dessa kollisioner i viss utsträckning med volter. Detta resultat replikerades senare av en studie utförd av Austroads (Austroads 2011), se Figur 1.17.



Figur 1.17 Andel av avkörningsolyckor som resulterar i kollision med oeftergivligt föremål eller volt (Austroads 2011).

Norges modell för säkerhetszon bygger på en modell där olika komponenter sätts samman, se Figur 1.18.



Figur 1.18 Modell för säkerhetszon (Vegdirektoratet 2014).

$$S = A + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 \quad (1)$$

Där:

S = säkerhetszonens bredd

A = säkerhetsavstånd, se Tabell 1.2

T1 = Eventuellt tillägg för liten horisontalradie, se Tabell 1.3

T2 = Eventuellt tillägg/avdrag för skärning, se Tabell 1.3

T3 = Eventuellt tillägg för andra trafikant, järnväg, se Tabell 1.3

T4 = Eventuellt tillägg för speciella anläggningar, se Tabell 1.3

T5 = Eventuellt tillägg för mittremsa, se Tabell 1.3

Tabell 1.2 Parametern A för modell för säkerhetszon (Vegdirektoratet 2014).

ÅDT	Fartsgrense (km/t)			
	50*	60**	70 og 80	≥90
0-1500	2,5 m	3 m	5 m	6 m
1500-4000	3 m	4 m	6 m	7 m
4000-12000	4 m	5 m	7 m	8 m
>12000	5 m***	6 m***	8 m***	10 m***

Tabell 1.3 Parametrar för modell för säkerhetszon (Vegdirektoratet 2014).

Beregning av sikkerhetssonens bredde			
$S = A + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$			
A, sikkerhetsavstand	Bestemt ut fra ÅDT og fart på stedet		Se Tabell 2.2
T <sub>1</sub> , tillegg for krappe kurver	Kurver med horisontalradius: $R < R_{\min}$	$T_1 = 2 \text{ m}$	Se kap. 2.2.2
T <sub>2</sub> , tillegg/fratrekk for skråninger	Fall	1:4 eller slakere	$T_2 = 0 \text{ m}$
		Brattere enn 1:4	$T_2 = \text{skråningens bredde}$
	Stigning	Slakere enn 1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$
		1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$ , eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 2,0 m over vegbanenivå dersom denne ligger innenfor A
	Brattere enn 1:2	$T_2 = 0 \text{ m}$ , eller S begrenses av avstanden ut til en skjæringshøyde 1,6 m over vegbanenivå dersom denne ligger innenfor A	
T <sub>3</sub> , tillegg for	Veg eller GS-veg under veg**	$T_3 = 0,5 \times A$	Se kap. 2.2.5
	Jernbane	$T_3 = A$	Se kap. 2.11.3
T <sub>4</sub> , tillegg for spesielle anlegg	Lekeplasser, skoler, drivstofftanker, vannreservoar o. l.	$T_4 = 0,5 \times A$	Se kap. 2.11.4 og kap. 2.2.8
T <sub>5</sub> , tillegg for midtdeler		$T_5 = A$	Se kap. 2.7 og kap. 2.2.9

Vid en skæringshøyd mindre än 2 m och ytterlänt 1:2 ska räcke användas.



## 2 Metodansats för definition av säkerhetszonen

### 2.1 Allmänt

I detta kapitel redovisas den metodansats för utveckling av modell för framtagande av sidoområdet som valts i möjlighetsstudien. Den valda modellen korreleras sedan med polisrapporterad olycksdata från STRADA.

För att studera säkerhetszonens utformning och utbredning har Trafikverket tillhandahållit punktmoln som samlats in på det statliga huvudvägnätet. Punktmolnet är skapat med LIDAR även benämnt ljusradar (LIDAR betyder på engelska light detection and ranging) där varje punkts läge i rummet är känt, därmed kan exempelvis släntlutningar beräknas, se figur 2.1.

#### Val av metod

För att korrelera olycksdata med sidoområdesmodell ansattes 4 metoder. Samtliga metoder bortsett från metod 1 använder sig av punktmolnet med data från det statliga huvudvägnätet. Nedan följer en kortfattad beskrivning av respektive metod.

- Metod 1: Manuell bearbetning av olycksrapporter med stöd av foton från trafikverkets "Pavement Management System" PMSV3.
- Metod 2: Manuell bearbetning av olycksrapporter med stöd av tvärsnittsgeometri från punktmolnet uppmätt manuellt i en visare (Orbit-view)
- Metod 3: Halvautomatisk bearbetning av olycksrapporter med stöd av tvärsnittsgeometri automatiskt hämtad ur punktmolnsdata
- Metod 4: Analytiska beräkningsmetoder och/eller tidigare genomförda simuleringar och genomförda fullskaleförsök.

Efter att möjlighetsstudien har granskat de olika utfallen från de fyra olika metoderna stod det klart att Metod 3 var överlägsen i genomförbarhet pga av noggrannhet och effektivitet. Metod 3 kallas hädanefter för metod.

#### Antagande

Ett grundläggande antagande för denna studie är att säkerhetszonens utformning inte påverkar sannolikheten att en olycka inträffar utan endast dess utfall.

Vidare så har även antagandens gjorts vid klassificering av gynnsamma och icke-gynnsamma olycksutfall. Rapporten " Utveckling av metod för framtagande av samband mellan sidoområdesutformning och olycksutfall vid vägtrafikolyckor" (Modig, Reisch, KTH 2018) och de antaganden som gjordes där användes som utgångspunkt för de antaganden som har använts för att dra slutsatser i denna rapport.

Det konkreta antagandet är att olyckor där fordon antingen har kört över ytterslätten, voltat i diket eller kört tillbaka upp på körbanan efter att ha varit nere i diket räknas som icke gynnsamma olycksutfall. Fall där ett fordon har kört ner i diket och fastnat, räknas som ett gynnsamt olycksutfall. Bakgrunden till detta är att i de fall där ett fordon fastnar i diket är hypotesen att risken för personskador är som lägst.

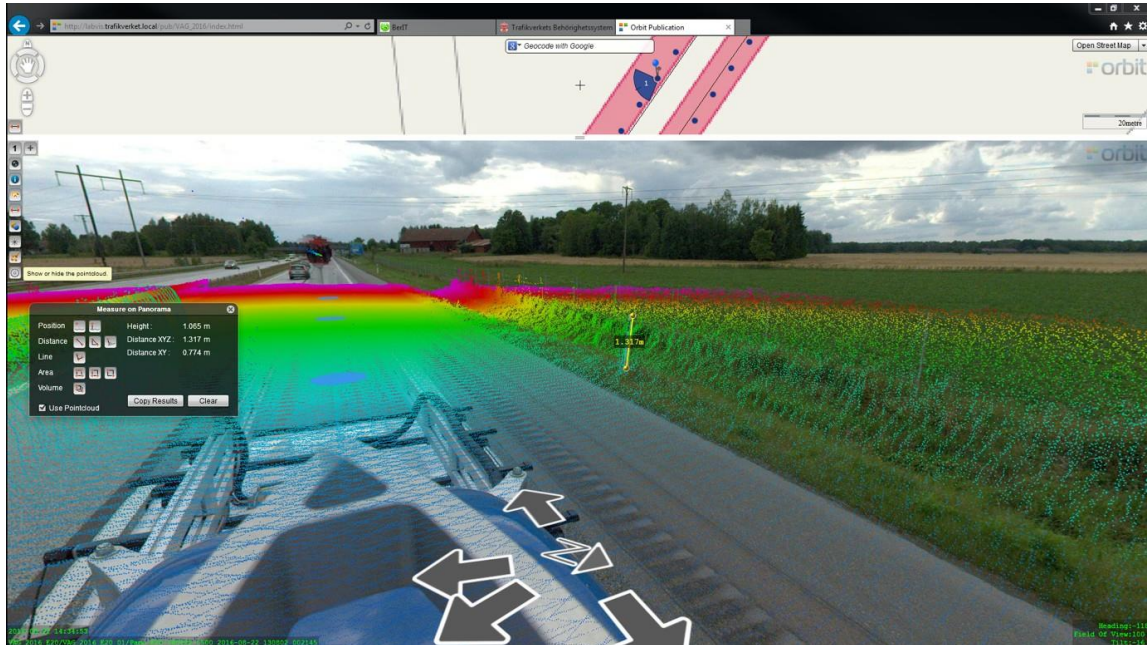
### **Datakvalitet**

Projektet har främst använt två datakällor, olycksdata från STRADA (Swedish Traffic Accident Data Acquisition ) och punktmolns-data från Trafikverket. STRADA har haft inrapporteringsproblem både kopplat till polisens och sjukvårdens inrapportering. Dessutom finns det ett mörkertal som ej kunnat skattas. I projektet är det främst polis rapporter som använts. Punktmolnsdata har hög noggrannhet avseende läge i rummet men även läget längs med vägen är viktigt för analysen, kvaliteten anses hög och vid enstaka kontroller stämmer data väl överens med vägrummet (okulärt).

Vid genomförandet av en studie likt denna är det viktigt att kontrollera så att inhämtad data stämmer överens med verkligheten vid olyckstillfället. Eftersom olycksdata och laserskannade data inte har samlats in vid ett och samma tillfälle är det viktigt att bedöma huruvida förutsättningarna för ett olycksutfall kan ha ändrats mellan datainsamlingstillfällena. Om en större justering av vägens utformning har skett kan förutsättningarna för olycksutfallet ha ändrats vilket kan leda till missvisande resultat. Det har inte varit möjligt i projektet att ta fram och bedöma förändringar av vägnätet under perioden. Detta måste anses som en begränsning.

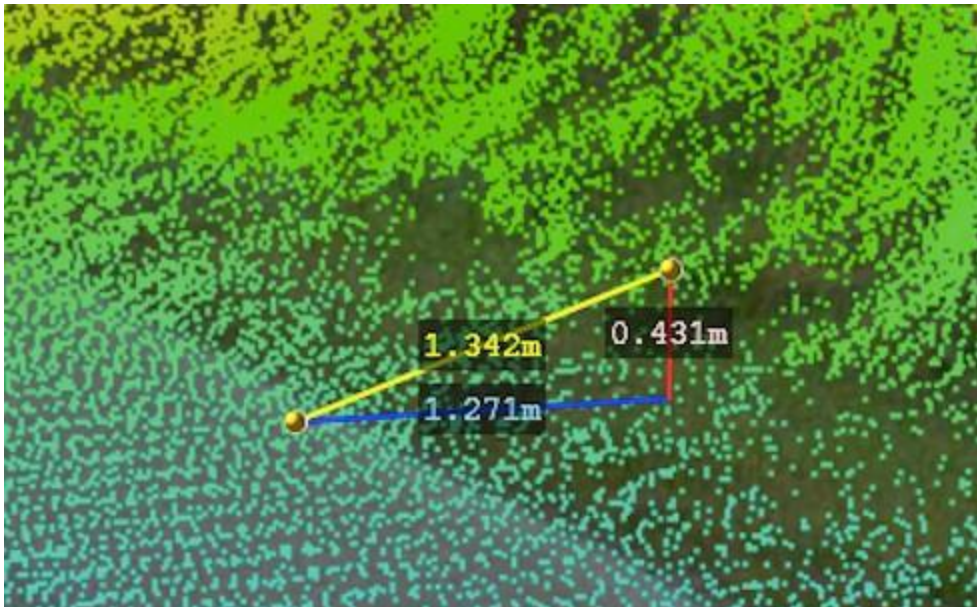
## **2.2 Metod för bestämning av tvärsektion**

För att få tillförlitliga värden att utgå från anlitas WSP som underkonsult för att analysera, bearbeta punktmolnet, se exempel i Figur 2.1, och leverera underlagsdata för slänter och fasta föremål, vilket kom att utgöra grunden för den valda metoden.



Figur 2.1. Vy med karta överst och punktmolnsvyn nederst, Orbit-view

I Figur 2.2 kan ses ett exempel på mätning mellan punkter i punktmolnet (manuell metod som förkastades) av innerslätens höjd och längd.



Figur 2.2. Mätexempel av innerslätens höjd och längd.

Med den valda metoden undersöks sambandet mellan släntlutningarna och fasta föremål i sidoområdet och de fall där fordon har voltat respektive fastnat vid avkörning från vägen. Tillförlitligheten i den framtagna indata är hög, vilket är slutsatsen efter kontroll. Släntlutningar och de STRADA-rapporter som har studeras presenterar tydligt

huruvida fordon har voltat eller fastnat i diket samt om fasta föremål har varit involverade.

Laserdata är framtagen inom Trafikverkets ANDA-projektet och utfördes av WSP under 2016. Data består av laserdata och panoramabilder. För kunna utföra informationsextrahering krävs tillgång till följande material från datainsamling utförd inom ANDA-projektet.

- Laserdata i LAS-format
- Körstråk (trajectory) i Trj-format

Projektet omfattar framtagning av ny tvärsektionsdata var 10-meter för hela huvudvägnätet, enligt Figur 2.3, inkl. fasta föremål. För att kunna identifiera fasta föremål har det tagits fram filter för sten, berg och träd.

Indata har bestått av x- och y-koordinat för start- och slutposition på huvudvägnätet. Huvudvägnätet omfattar ca 16 000 km enkelriktad väg. Data som finns tillgängligt matchades, dvs de båda riktningarna samkördes för att få större överensstämmelse.

Den klassificering som är utförd på ANDA-data är endast anpassad för kvalitetskontroll av vägyta och inte avsedd att omfatta markyta utanför vägytan. Ny klassificering med hjälp av befintliga algoritmer i TerraScan är anpassade för att kunna utföra fortsatt arbete med extrahering av tvärsektioner och detektion av fasta föremål som exempelvis träd. Klassificering är utförd enligt Tabell 2.1.

Tabell 2.1. Klassificering av tvärsektioner och oeftergivliga föremål (funktioner i TerraScan).

Funktion	Anmärkning
Klassificera "isolated points"	Medför möjligheter att separera enskilda punkter på grenar etc.
Klassificering av mark	Parametrar bör användas som är mer tillåtande vid skarpa vinklar än traditionell markklassificering för att fånga slänter med större lutning
Utjämning av asfaltsyta med "smoothen points"	Ger större möjlighet att detektera asfaltskanten
Klassificering i nivåer av höjd över mark	Ger möjlighet att separera oeftergivliga objekt på olika höjder

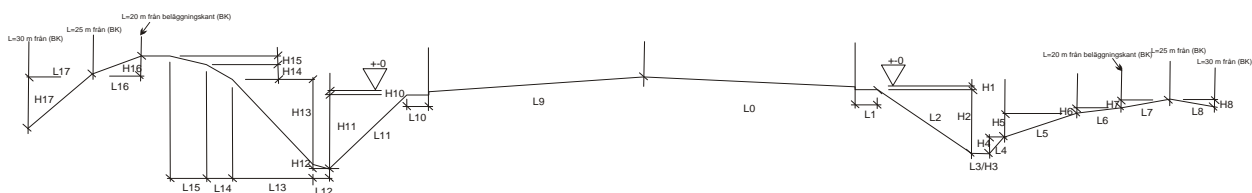
För att analysera punktmolnsdata använde sig WSP av en uppsättning programvaror levererade från TerraSolid. TerraSolid är ett finskt företag som likt Orbit har specialiserat sig på att tillhandahålla mjukvaror som används för att bearbeta geografiska data. TerraSolid-paketet består av totalt sex olika programvaror som fyller

olika syften vid hantering av punktmolsdata, TerraScan, Terra Modeler, TerraPhoto, TerraMatch, TerraSurvey och TerraSlave (Terrasolid, 2018).

TerraScan är den produkt i utbudet som huvudsakligen används för att hantera, visualisera och bearbeta stora mängder punktmolsdata. I TerraScan finns inbyggda funktioner för brusreducering av punktmolsdata, verktyg för att omvandla punktdata till vektordata, möjlighet att ta fram tvärsnittsgeometri, etc. (Terrasolid, 2018).

TerraScan är ett avancerat program för hantering av punktmolsdata. I TerraScan går det som tidigare nämnt att brusreducera punktmolnet och där efter ta fram tvärsektioner för att sedan utföra mätningar i ett punktmoln visualiserat i form av en tvärsektion.

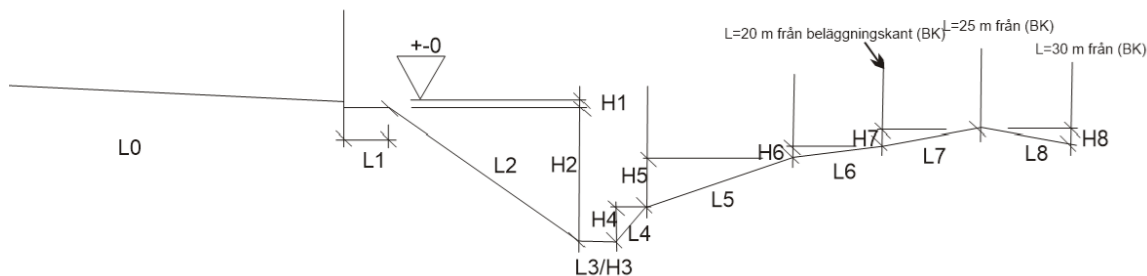
WSP levererade data i form av en Excel-fil där geometrin redovisas för varje 10-meters intervall. Se Figur 2.3 nedan för efterfrågad tvärsnittsgeometri för respektive 10-meters intervall.



Figur 2.3. Beskrivning av sektionsdata för framtaget utdata. För större skala se bilaga 1.

Med respektive tvärsnittsprofil följer tre Excel-filer som beskriver tvärsnittsgeometrin på sidoområdet utmed vägens båda sidor, samt för eventuell mittremsa.

De data som beskriver tvärsnittet består av värdena H, X och L. H anger skillnaden i höjddled mellan horisontalplanet och den angivna punkten, X anger avståndet från beläggningsskant till den angivna punkten och L anger vinkeln mellan horisontalplanet och det lutande planet, se detalj i Figur 2.4.



Figur 2.4. Beskrivning av sektionsdata L och H för framtaget utdata. Detalj av figur 2.3.



För samtliga tvärsnitt medföljer även en bild med tvärsnittsgeometrin och använd punktmolnsdata.

För att bestämma måtten används främst beräkning av lutningsförändringar hos markklassade punkter. Beräkningen är utförd med ett djup på 0,10 m. Alternativet att nyttja linjär regression är undersökt och fungerar, men tenderar att exkludera skarpa lutningar, speciellt vid områden som har nedsatt punkttäthet.

För samtliga tvärsektioner har också avstånd beräknats till första, andra samt tredje oeftergivliga föremål på höger respektive vänster sida högre än 0,5 m, 1 m samt högre än 3 m. Primärt sätts att bredden måste vara större än 10 cm, filter får finjusteras efter erfarenheter och diskussion med Movea.

Träden är indelade i tre klasser, träd under en halv meter, en meter respektive tre meters höjd. Om det absolut närmaste trädet är över tre meter försvinner automatiskt träd på en halv respektive en meters höjd.

Tvärsektioner redovisas var 10:e meter och storheterna (H, X, L) medelvärdesbildas från varje 0,10 m sektion.

Nedan anges den huvudsakliga teorin bakom beräkning av storheterna och algoritmen är kompletterad med gränsvärden.

- P0 H Sätts där lutningen avviker från en nästan plan yta och beskriver därmed beläggningsskanten.
- P1 H Nästa punkt inom ett visst avstånd från H0. Beräkningen fångar även lokala minimum/maximum genom att analysera intilliggande punkter.
- Px H Nästa punkt inom ett visst avstånd från Hx. Beräkningen fångar även lokala minimum/maximum genom att analysera intilliggande punkter.
- P18 H Sista punkt inom ett visst avstånd från H17 om de kan hittas. Beräkningen fångar även lokala minimum/maximum genom att analysera intilliggande punkter.
- Px X Beräknas utifrån Px H.
- Px L Beräknas från sidoavstånd och höjdskillnad hos Hx-Hx-1.

Se Tabell 2.2 nedan för exempel på data.

Tabell 2.2. Exempel på tvärsnittsgeometri i tabellform.

Dist	Riktn	Öst	Norr	P Cnt	P0 H	P0 X	P0 L	P1 H	P1 X	P1 L	P2 H	P2 X	P2 L	Px H	Px X	Px L
5	H	762400,6	7090986	9	-0,25	0	-14,21	-0,97	3,72	-4,31	-1,1	5,42	-0,44	...	...	...
15	H	762390,6	7090985	6	0,04	0	-38,93	-3,11	4,23	2,85	-2,32	20	2,87	...	...	...
25	H	762380,2	7090984	9	-0,01	0	-17,33	-1,13	3,75	-0,23	-1,14	5,28	-11,22	...	...	...
35	H	762370,1	7090983	6	0,03	0	-9,46	-0,76	5,43	1,17	-0,72	7,44	15,38	...	...	...
45	H	762360	7090983	5	-0,01	0	-9,58	-0,59	3,55	-1,93	-0,69	6,49	8,96	...	...	...
55	H	762350	7090982	6	-0,01	0	-2,32	-0,09	2,23	-11,72	-0,68	5,08	2,7	...	...	...
65	H	762339,9	7090982	6	-0,07	0	-7,73	-0,66	5,11	10,59	-0,46	6,17	-5,34	...	...	...
75	H	762329,9	7090981	6	-0,05	0	-8,66	-0,75	5,4	1,21	-0,64	10,53	14,08	...	...	...
85	H	762319,9	7090981	7	-0,04	0	-9,78	-1,02	5,82	6,17	-0,69	8,84	-5,48	...	...	...
95	H	762309,8	7090981	8	-0,06	0	-6,36	-0,35	2,79	-17,28	-1,23	5,63	7,43	...	...	...

Vid 20 m ut från beläggningskant har höjd i samtliga sektioner beräknats, finns det lidardata utanför detta har även höjd beräknats för 25 m ut samt 30 m ut från beläggningskant, där detta har varit möjligt med den tillgängliga punkttätheten.

För att hitta och beräkna innerslänt, ytterslänt, dikesbotten och eventuellt släntrön har en beräkningsalgoritm programmerats i VBA. Steg 1 i beräkningen är att hitta innerslänten, vilket görs genom att hitta en negativ lutning större än 1:7,5. Därefter letar algoritmen efter ytterslänten som ska ha ett värde större än 1:7,5.

Nästa steg är att se om de båda identifierade slänterna är utformningselement som ligger intill varandra, om så inte är fallet kontrolleras om mellanliggande element kan definieras som plan eller skålförmad dikesbotten genom villkoret att deras höjd inte avviker med mer än 20 % från varandra. I detta steg beräknas också dikesbottens djup.

I nästa steg beräknas lutningen på respektive innerslänt och ytterslänt utifrån fem fasta slänlutningar, 1:2, 1:3, 1:4, 1:6 samt 1:10 och över.

I nästa steg beräknas släntrönet, högsta höjd samt lägsta höjd ut. Slutligen beräknas ett terrängindex ut som beskriver den aggregerade absolutvinkeln i förhållande till den totala utsträckningen av data. Terrängindex beräknas i tre olika varianter:

- Endast för inner och yttersläntens utbredning
- Från stödremsan och 10 meter ut (i horisontell utbredning)
- Från stödremsan och hela det inmätta sidoområdet

Terrängindex kan ses som ett försök att systematisera och klassificera säkerhetszonerna i en slag "ytjämnhet", jämför exempelvis med IRI (International Roughness Index) som användes för att beskriva vägytans jämnhet i longitud.

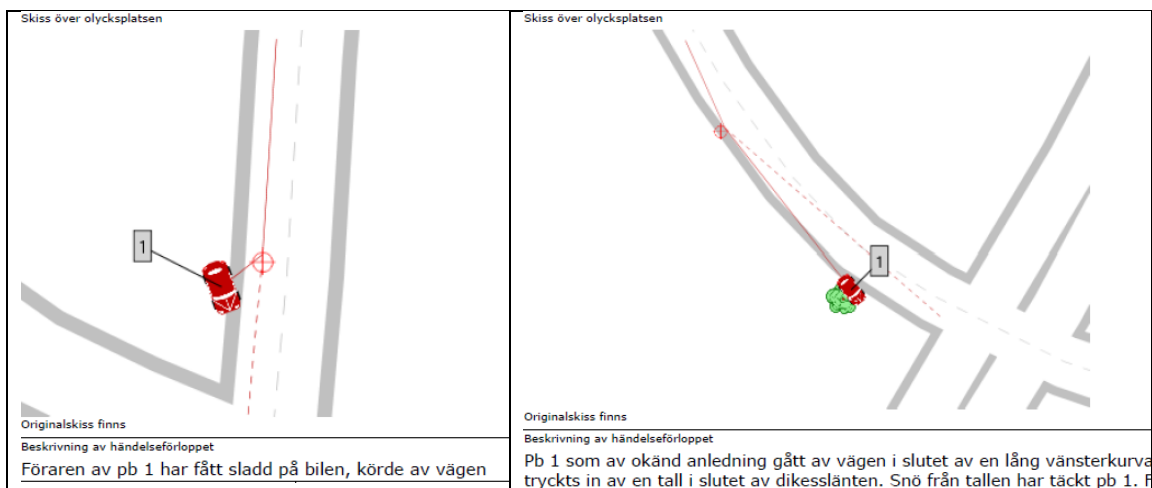
## 2.3 Metod för olycksuttag och matchning

### 2.3.1 Extra kodning av olyckor från STRADA-uttag

STRADA-uttaget omfattar totalt 7344 olyckor under perioden 20090101 till 20181231 för undersökt vägnät. Då olycksrapporterna innehåller begränsad systematiserad information om säkerhetszonen och olycksförlopp har relevanta olyckor kompletterats med följande attribut:

- Kontroll om det fordon som kört av vägen hamnat i den norrgående- eller södergående riktningen, detta var nödvändigt att göra för att kunna säkerställa att rätt tvärsnittsgeometri användes vid analys av olycksutfallet.
- Registrera om det finns uppgift om fordonet kört av vägen eller inte, om fordonet kört in i räcke, stolpe, träd, sten, bergvägg, snövall eller annat.
- Om fordonet kört av på vänster eller höger sida av vägbanan.
- Om fordonet voltat/vält eller inte, kört över ytterslänt/släntkrön eller kört tillbaka in på vägbanan.
- Vilt eller inte.
- Om olyckan inträffat i anslutning till korsning eller inte.

Det är skisserna över olycksplatserna som främst bidragit till de nya attributen, se Figur 2.5.



Figur 2.5. Exempel på skisser över olycksplats och förlopp.

### 2.3.2 Snödjupsuppgifter

För att kunna hantera de fall där snövallar hindrar fordon från att lämna vägbanan eller tar upp så mycket av rörelseenergin att sidoområdet inte påverkar utfallet av olyckan har en snödjupskarta över Sverige skapats för samtliga år som olycksuttaget omfattar.

En generaliserad modell har skapats enligt följande antagande:

- Nyfallen snö med en densitet på 100 kg/m<sup>2</sup>.
- Snövall med en densitet på 500 kg/m<sup>2</sup>.
- Snöröjningsbredd på 3,5 m plus 1,2 meter där snön placeras av plogen.
- Plogvallens utbredning 1,2 m.

Uppgift om densitet på snö har hämtats från SMHI, se Tabell 2.3.

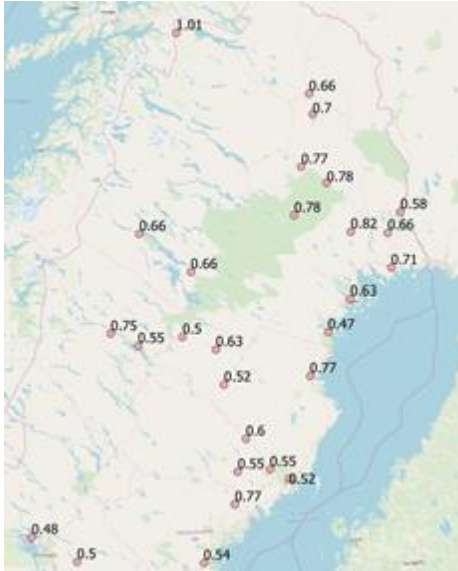
Tabell 2.3. Densitet på olika snötyper (SMHI 2019).

Snötyp	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )
Mycket fluffig snö	<30
Nyfallen torr nysnö	30-100
Våt nysnö	100-200
Vindpackad nysnö	200
Packad senvintersnö	200-300
Vårsnö under avsmältningens slutskede	400

Densiteten på snön på vägbanan har uppskattats vara 100 (kg/m<sup>3</sup>). Uppgiften om snöns densitet vid plogning och bortforsling kommer från Trafikkontoret i Stockholm (Trafikkontoret 2006) och anger densiteten till 400-600 (kg/m<sup>3</sup>), ett antagande har därefter gjorts att genomsnittet ligger på 500 (kg/m<sup>3</sup>).

För att en plogvall ska påverka avåkning antas att en symmetrisk plogvallshöjd på ca 70 cm krävs, detta ger att det bör vara minst 45 cm snödjup.

Data om snödjup hämtas från SMHI:s öppna data och omfattar samtliga dagar från 1 januari 2009 till 31 december 2018. Extrahering har sedan gjorts för de dagar som har ett snödjup som är större än 45 cm, se Figur 2.6.



Figur 2.6. Exempel på snödjupsdjupsdata (meter), källa SMHI.

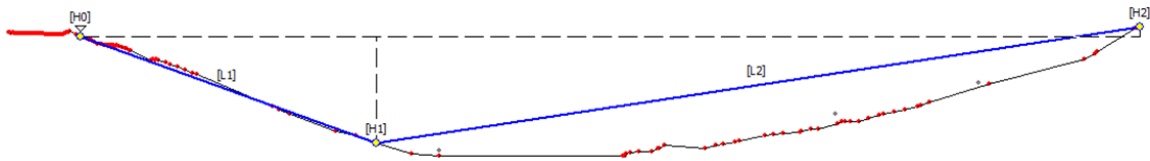
### 2.3.3 Tvärsektionsdata

Tvärsnittsgeometrin kring olyckans nollpunkt har tagits fram för samtliga olyckor, vilka sammanställdes i ett Excel-ark. Med hjälp av höjderna H1, H2 och H3 och vinklarna SL1, SL2 och SL3 kunde förhållandet mellan höjd och längd räknas ut. Det är önskvärt att presentera förhållandet på formen 1:1, 1:2, etc. då detta är branschstandard och angivet i samma form i VGU.

Därefter beräknades släntlutningarna, det visade sig finnas släntlutningar i intervallet från 1:1 upp till och med 1:19 för innerslänter och 1:1 till 1:57 för ytterslänter, vilket åtminstone för 1:57 innebär att ytan är i det närmaste helt plan. I de regler och riktlinjer som finns i dagens VGU existerar endast släntförhållandena 1:2, 1:3, 1:4 och 1:6 och  $\geq 1:10$ .

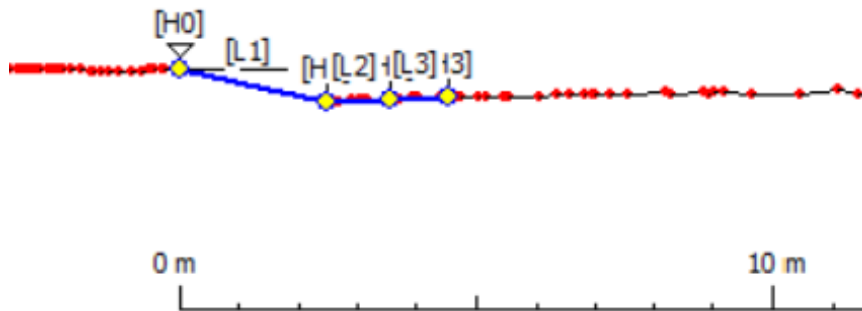
För att data om sidoområdets utformning ska kunna bearbetas behöver den klassificeras på ett lämpligt sätt. I denna metod valdes det att klassificera utformningen efter vinkeln mellan inner- och ytterslänten. Klassificeringen var lämplig då den ger en tydlig indikation på hur brant respektive flack inner- och ytterslänten är och kombinationen mellan de båda

Efter att ha studerat de av WSP framtagna tvärsektionerna för sidoområdets utformning och fasta föremål konstaterades det att antalet punkter gör att släntlutningar och höjder kan missas eftersom ett snitt mellan punkterna kan missa höjdförändringar, se Figur 2.7.



Figur 2.7. Exempel på skärning under stödremsa och innerlänt.

I den nya metoden med 18 punkter har detta problem minskats/elimineras, se Figur 2.8.



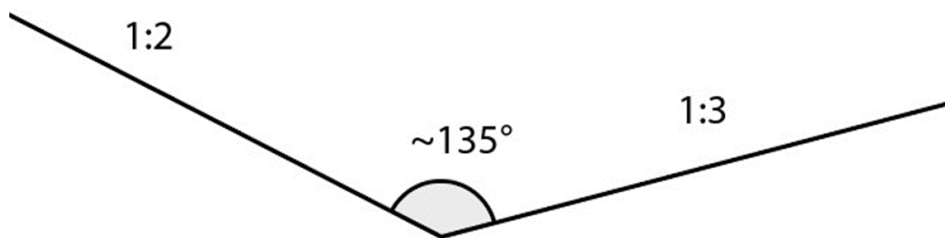
Figur 2.8. Exempel på sidoområde där estimatet bättre stämmer överens med verkligheten.

För respektive olycksplats har endast en tvärsektionerna används per olycka, denna omfattar då ett medelvärde över 10 m. Bedömningen gjordes att det under metodutvecklingsfasen endast var nödvändigt att använda en tvärsektion då det inte visade sig vara någon större avvikelse mellan mittsektionen och de närliggande sektion.

Den data som användes för att söka samband i metod 3 är mycket säkrare och pålitligare än i de tidigare metoderna då den är framtagen av experter på att hantera punktmolnsdata. Trots detta har det funnits viss osäkerheter i den data som har använts.

För att förenkla processen var det önskvärt att minimera antalet kombinationer av slänthöjdhållanden att studera då datamängden var begränsad. Beslutet togs därför att slå ihop slänthöjdhållanden 1:10 med slänthöjdhållanden >1:10 som kom att utgöra kategorin som den största möjliga slänthöjdhållanden.

Hypotesen som undersöktes var om det fanns något samband mellan olycksutfall och den vinkel som bildades mellan inner- och ytterlänten i dikesbotten. Det undersöktes genom att kombinera de olika lutningarna (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:6 och  $\geq 1:10$ ) och med hjälp av trigonometri beräknas vinkeln, se Figur 2.9 nedan.

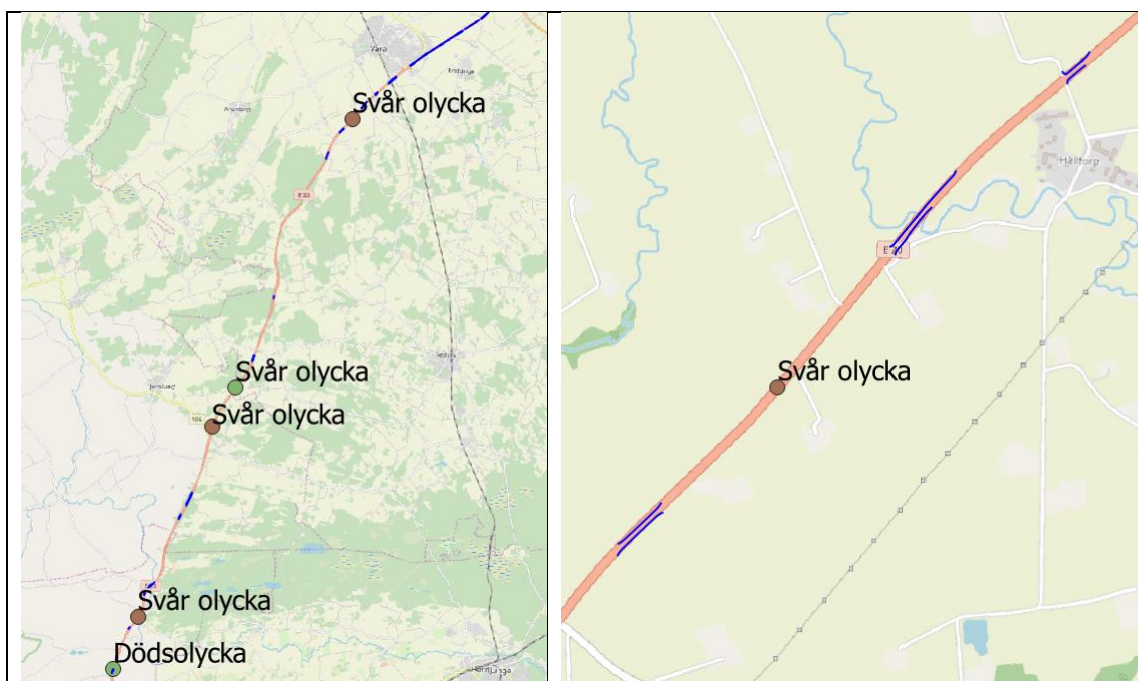


Figur 2.9. Exempel på omräkning till vinkel.

## 3 Analys

### 3.1 Sidoområdesolyckor utan fasta föremål

Totalt omfattar studien 7344 olyckor under perioden 20090101 till 20181231. Av dessa återstår 1365 olyckor när hänsyn tagits till vilken sida olyckan skett, sidoräcke, ej några oeftergivliga hinder, snövallar och om det inte finns tvärsnittsdata för sektionen. De parameter som spelar störst roll för att sorteras bort är vilken sida som olyckan inträffat, 3749 inträffar till vänster i körriktningen samt på vägbanan, räcke med 2609 olyckor och snövallar med 277 olyckor. Som den uppmärksamme läsaren upptäcker blir det ett stort tal som blir större än antalet olyckor totalt, dock sammanfaller flera parametrar. Se Figur 3.1 för exempel olycksdata uppdelat per sida (riktning) och information om räcke.



Figur 3.1. Exempel på olycksdata från STRADA uppdelat per sida (grön och blå) med räckesinformation (blå linje). T.v. på sträcka och t.h. detalj.

När samtliga återstående 1365 olyckorna delas in efter vägtyp, hastighetstyp samt olycka som medfört död (D) eller svår skada (SS) och olycka som medfört lindrig skada (LS) blev resultatet enligt Tabell 3.1.



Tabell 3.1. Sammanställning av de 1365 olyckorna som återstod efter bortsortering.

	Typ	Ant oly	Djup DB	VinkelInYtt	TI	TI 10	Innerslänt	Ytterslänt	Höjd innerslänt	Höjd ytterslänt	P/S/B
Annan väg	110 SS	12	-0,95	159	3,0	5,5	6	6	-0,95	1,10	Plan
	110 LS	55	-1,05	154	3,1	5,9	4	6	-1,05	1,20	Plan
	100 D	3	-0,79	155	3,0	6,3	3	6	-0,79	0,75	Plan
	100 SS	32	-1,07	152	2,9	6,1	4	6	-1,07	1,01	Plan
	100 LS	181	-1,08	153	2,9	6,2	4	6	-1,08	1,02	Plan
	90 D	7	-1,31	156	2,2	6,5	3	10	-1,31	0,48	Bank
	90 SS	68	-1,09	151	3,1	6,3	4	6	-1,09	1,03	Plan
	90 LS	258	-1,16	154	2,9	6,4	4	6	-1,16	0,69	Plan
ML	110 SS	6	-1,54	160	2,5	5,0	4	10	-1,54	0,54	Bank
	110 LS	33	-1,17	153	3,4	6,0	4	6	-1,17	1,45	Plan
	100 D	1	-1,28	169	2,5	4,4	6	10	-1,28	0	Bank
	100 SS	30	-1,12	151	3,0	6,6	4	6	-1,12	1,22	Plan
	100 LS	84	-1,09	150	3,2	6,9	4	6	-1,09	1,18	Plan
	90 SS	6	-0,91	148	3,0	7,1	4	10	-0,91	1,22	Plan
	90 LS	25	-0,93	153	3,5	6,7	4	6	-0,93	1,86	Skärning
MV	120 D	22	-0,78	147	3,9	6,2	4	4	-0,87	0,15	Plan
	120 SS	12	-0,78	148	2,9	5,1	4	4	-0,78	1,20	Plan
	120 LS	67	-0,82	158	2,3	5,2	6	6	-0,82	1,19	Plan
	110 D	7	-2,09	162	1,5	5,2	6	6	-2,09	0,44	Bank
	110 SS	54	-0,92	160	2,2	4,5	6	6	-0,92	0,74	Plan
	110 LS	349	-1,02	155	2,8	5,3	4	6	-1,02	1,14	Plan
	100 D	1	-1,33	168	3,2	7,0	4	10	-1,33	0	Bank
	100 SS	9	-1,33	147	3,2	6,8	4	6	-1,33	1,91	Plan
	100 LS	71	-1,01	151	3,4	6,1	4	6	-1,01	1,46	Plan
	90 SS	2	-1,15	167	1,5	5,0	4	10	-1,15	0,00	Bank
	90 LS	11	-0,88	152	3,2	7,0	4	6	-0,68	1,61	Skärning

En statistisk analys har gjorts med avsikt att statistiskt säkerställa att det finns en skillnad för vinkeln mellan inner- och ytterslänten för lindrig skada och död eller svår skada. Den statistiska analysen har gjorts genom att beräkna konfidensintervallet för lindrig skada samt ett övre och ett undre konfidensintervall för död och svår skada. Det övre och undre konfidensintervallet utgår från medelvärdet för lindrig skada, där det övre intervallet beräknas för värden större än medelvärdet för lindrig skada och det undre för värden mindre än medelvärdet för lindrig skada, se Tabell 3.2.

Tabell 3.2. Beräkning av konfidensintervall för vinkeln (grader) mellan inner- och ytterslänt för olycka med död eller svår skada (DSS) respektive lindrig skada (LS).

	Övre DSS	Undre DSS	LS
Medel	165	141	154
Stdav.S	6	8	13
Konfidens 0,95	1	1	1
Undre intervall	164	140	153
Övre intervall	166	143	155

Analysen som redovisas i Tabell 3.2 visar att det finns en signifikant skillnad för skadeutfallet beroende på sidoområdesutformningen. En vinkel på ca 154 grader i dikesbotten är signifikant säkrare än en större eller mindre vinkel.

Som en konsekvens av ovanstående finns det givetvis en samvariation i de parametrar som är en del av vinkeln, såsom höjdskillnaden mellan inner- och ytterslänt, dikesbottens höjd, lutning ytterslänt, terrängindex och terrängindex 10, i Tabell 3.3 och Tabell 3.4 redovisas dessa.

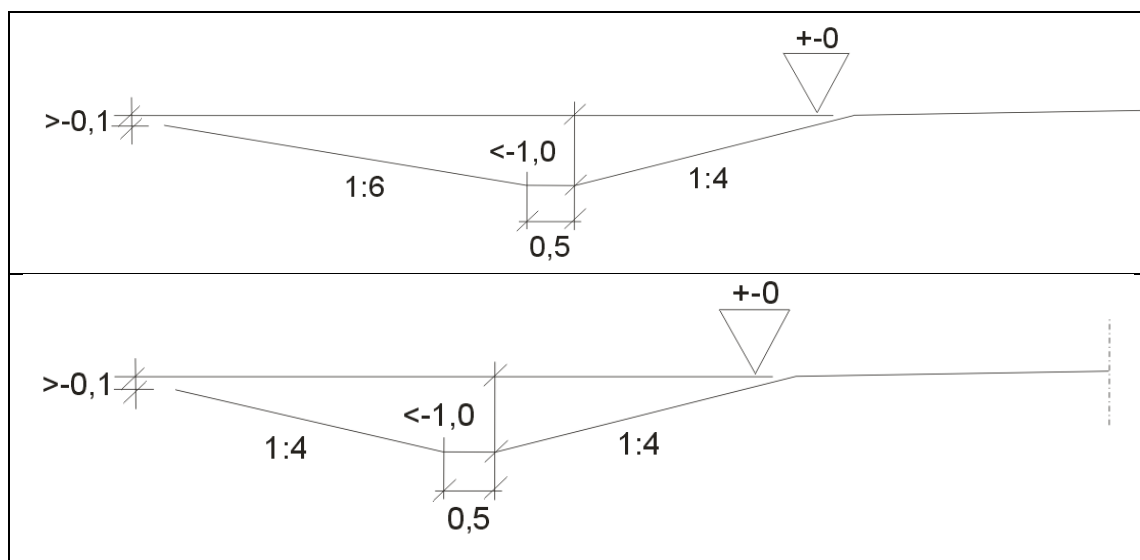
Tabell 3.3. Beräkning av konfidensintervall för utformningen av sidoområdet med avsikt på höjdskillnad (m), höjd dikesbotten (m) och lutning på ytterslänt (1:X) för olycka med död eller svår skada (DSS) respektive lindrig skada (LS).

	Höjdskillnad			Höjd dikesbotten			Lutning ytterslänt		
	Övre DSS	Undre DSS	LS	Övre DSS	Undre DSS	LS	Övre DSS	Undre DSS	LS
Medel	-1,17	0,99	0,01	-1,25	-0,91	-1,05	10	3	6
Stdav.S	0,91	1,63	1,89	0,78	0,39	0,70	1	2	4
Konfidens 0,95	0,16	0,29	0,11	0,14	0,07	0,04	0	0	0
Undre intervall	-1,33	0,70	-0,10	-1,38	-0,97	-1,09	10	3	6
Övre intervall	-1,01	1,28	0,12	-1,11	-0,84	-1,01	10	3	7

Tabell 3.4. Beräkning av konfidensintervall för utformningen av sidoområdet med avsikt på terrängindex för olycka med död eller svår skada (DSS) respektive lindrig skada (LS).

	Terrängindex			Terrängindex 10		
	Övre DSS	Undre DSS	LS	Övre DSS	Undre DSS	LS
Medel	1,86	3,68	2,92	4,42	7,20	5,96
Stdav.S	1,19	2,38	2,23	2,55	3,12	3,46
Konfidens 0,95	0,21	0,42	0,13	0,45	0,55	0,20
Undre intervall	1,66	3,26	2,79	3,97	6,65	5,76
Övre intervall	2,07	4,11	3,05	4,86	7,75	6,16

Analysen i Tabell 3.3 och Tabell 3.4 visar en signifikant skillnad mellan skadeutfallet för DSS och LS, vilket beror på sidoutformningen i form av bank, skärning eller plan. DSS har i större utsträckning bank och LS är i större utsträckning plan eller skärning. Redovisas det som en tvärsektion bör det se ut som i Figur 3.2.



Figur 3.2. Tvärsektioner som beskriver den mest optimala utformningen med bakgrund av studiens resultat.

Övriga utformningsparametrar som har studerats utan att särskilja dem mellan undre intervall på vinkeln och övre intervall på vinkeln mellan inner- och ytterslänt är, lutning innerslänt, terrängindex anpassad, index P/S/B, höjd innerslänt, höjd yttersläntminhöjd, maxhöjd, differens minhöjd och maxhöjd

Om fordon voltar vid avkörning leder det till allvarligare skador. I cirka en 1/3 av olyckorna har fordonet voltat. Jämförs data beroende på hur utfallet för huruvida fordonet har voltat eller inte blir skillnaderna väsentliga för de båda fallen DSS och LS. Vid DSS har ca 50 % voltat vid LS är motsvarande utfall 30 %. I 65 % av olyckorna med dödlig utgång har fordonet voltat, vilket är en hög siffra.

### 3.2 Sidoområdesolyckor med fasta föremål

Totalt omfattar studien 7344 olyckor under perioden 20090101 till 20181231. Av dessa återstår 140 olyckor med fasta föremål när hänsyntagits till vilken sida olyckan skett, sidoräcke, snövallar och om det inte finns tvärsnittsdata för sektionen. De fasta föremål som noterades i studien var träd, stolpe eller sten utifrån polisrapporten.

Antalet dödsolyckor var 3 stycken, olyckor med svårt skadade 26 stycken och antalet olyckor med lindrigt skadade var 112 personer.

När samtliga återstående 141 olyckorna delas in efter olycka som medfört död (D) eller svår skada (SS) och olycka som medfört lindrig skada (LS) blev resultatet att den enda signifikanta parametern är vinkeln mellan inner- och ytterslätten. Lindrig skada som olycksutfall skedde när vinkeln i medeltal var 156 grader och dödlig eller svår skada när vinkeln i medeltal var 165 grader eller 144 grader. Detaljer se Tabell 3.5.

Tabell 3.5. Beräkning av konfidensintervall för vinkeln mellan inner- och ytterslänt för olycka med död eller svår skada (DSS) respektive lindrig skada (LS) vid kollision med oeftergivligt hinder.

	Övre DSS	Undre DSS	LS
Medel	164,7	144,5	155,6
Stdav.S	4,1	6,3	13,7
Konfidens 0,95	2,9	4,8	3,5
Undre intervall	161,8	139,7	152,1
Övre intervall	167,6	149,3	159,2

Analysen som redovisas i Tabell 3.5 visar att det finns en signifikant skillnad för skadeutfallet beroende på sidoområdesutformningen (vinkeln) vid kollision med oeftergivligt föremål. En vinkel på ca 156 grader i dikesbotten är säkrare än en större eller mindre vinkel. Vad gäller avstånd till ej oeftergivligt föremål vid olycka ligger avståndet i intervallet 9 till 12 m. Detta förefaller rimligt eftersom hastighetsgränserna varierar mellan 90 och 110 km/h. Vilket under en tämligen lång period har varit säkerhetszonen för dessa hastighetsgränser.

Få olyckor med dödlig utgång pekar på att det studerade vägnätet är väl utformat och "rensat" från fasta föremål eller utrustat med väl fungerande sidoräcken.

## 4 Resultat och diskussion

Denna studie bygger på olyckor på det skannade vägnätet inom ANDA-projektet av "huvudvägnätet", ca 16 000 km enkelriktad väg. Av de totalt 7344 olyckor under perioden 20090101 till 20181231 återstår 1365 olyckor för analysen av säkerhetszon och ca 140 för fasta föremål.

### 4.1 Resultat

Analysen visar att det finns en signifikant skillnad för skadefallet beroende på sidoområdesutformningen. En vinkel på ca 155 grader i dikesbotten är signifikant säkrare än en större eller mindre vinkel.

Analysen visar en signifikant skillnad mellan skadefallet för DSS och LS, som beror på sidoutformningen i form av bank, skärning eller plan. DSS har i större utsträckning bank och LS är i större utsträckning plan eller skärning.

Övriga utformningsparametrar som har studerats utan att särskilja dem mellan undre intervall på vinkeln och övre intervall på vinkeln mellan inner- och ytterslänt är, lutning innerslänt, terrängindex anpassad, index P/S/B, höjd innerslänt, höjd yttersläntminhöjd, maxhöjd, differens minhöjd och maxhöjd.

Om fordon voltar vid avkörning leder det till allvarigare skador. I cirka en 1/3 av olyckorna har fordonet voltat. Jämförs data beroende på hur utfallet för huruvida fordonet har voltat eller inte blir skillnaderna väsentliga för de båda fallen DSS och LS. Vid DSS har ca 50 % voltat vid LS är motsvarande utfall 30 %.

Analysen som redovisas visar att det finns en signifikant skillnad för skadefallet beroende på sidoområdesutformningen (vinkeln) vid kollision med oeftergivligt föremål. En vinkel på ca 155 grader i dikesbotten är säkrare än en större eller mindre vinkel.

Sammanfattningsvis visar studien att utformningen av sidområdet och framförallt en gynnsam vinkel kan minska skadefallet.

Jämförs ovanstående resultat med andra studier finns överensstämmelse i ett flertal fall. Studien av sidområden utförd i slutet av 2000-talet (Force Technology 2009) visar ett antal intressanta resultat vad gäller förhållande mellan inner- och ytterslänt. En innerslänt på 1:4 med plandikesbotten om 0,5 m samt en ytterslänt på 1:6 gav 100 % acceptabla utfall. Oavsett innersläntlutning 1:3 eller 1:4 gav ett plant område utanför 100 % acceptabla utfall. För att studera vilken vinkeländring som är acceptabel analyserades innerslänten 1:3 med fyra olika typer av bakslänter, 1:2, 1:3, 1:4 och 1:6. Resultatet blev att antalet acceptabla utfall ökade med minskad yttersläntlutning och för

kombinationen innerslänt 1:3 och ytterslänt 1:6 blev utfallet acceptabelt i samtliga hastigheter och vinklar utom ett. Vinkeln med denna kombination är då 150 grader.

I projektet RISER (RISER Consortie 2005) visar att avkörningsvinklarna är ganska små vid hastigheterna 90-120 km/h, varierar mellan 4-6 grader. Studien visar också att ca 50 % sker med en avkörningsvinkel mindre än 5 grader.

Studerars andra utformningsmanualer blir utfallet liknande, AASHTO (AASHTO 2011) ger att vid en innerslänt på 1:4 bör ytterslänten vara maximalt 1:6. Studeras utformningsriktlinjerna för Illinois visar de att vid innerslänt 1:6 ska ytterslänten vara 1:4, vid innerslänt 1:5 ska ytterslänten vara 1:5, vid innerslänt 1:4 ska ytterslänten vara 1:6, samtliga dessa förhållanden ger en vinkel mellan inner- och ytterslänt på 155 grader. Ett tillägg finns dock om en plan dikesbotten bredare än 1,2 finns då kan släntkombinationen innerslänt 1:4 och ytterslänt mellan 1:3,5 och 1:4 användas.

Projektet RISER (RISER Consortie 2005) visar att nästan inga olyckor med oeftergivliga föremål sker utanför 10 m från vägbanan. Detta faller naturligt eftersom en säkerhetszonen på ca 10 i många utformningsriktlinjer är den maximala. De olyckor med oeftergivliga föremål som inträffar utanför detta avstånd är träd och staket. Även dike och slänt är representerat och inträffar 0-7 m, vilket också är naturligt.

Sammanfattas studierna och utformningsriktlinjerna fås resultatet att kombinationen innerslänt 1:4 och ytterslänt 1:4-1:6 med mellanliggande plan dikesbotten är en bra kombination. Flertalet studier visar på att vinkeln mellan inner- och ytterslänten bör vara ca 155 grader.

## 4.2 Diskussion

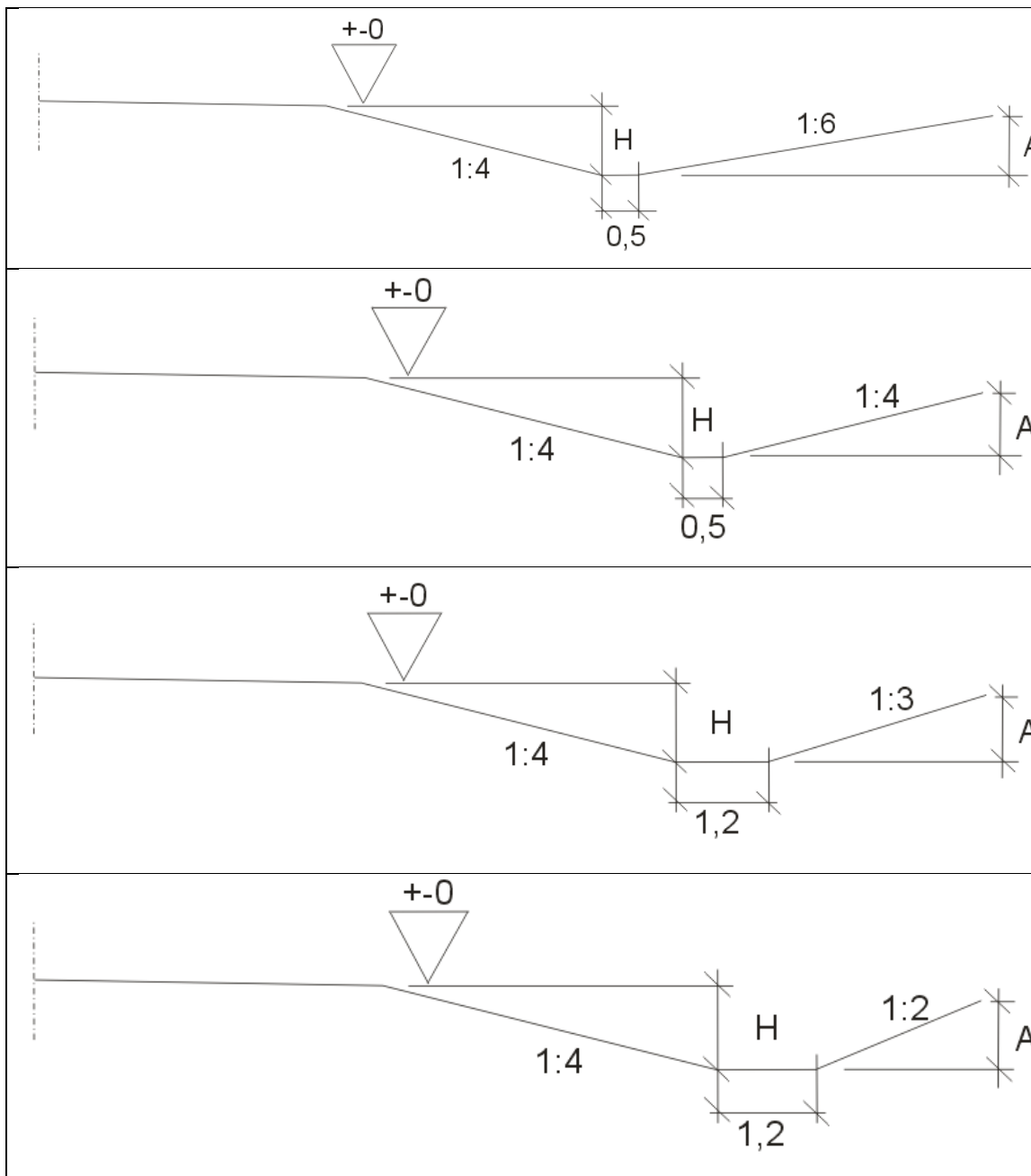
Studien är unik i sitt slag då man tack vare LIDAR-data kunnat få en bättre bild av säkerhetszonen än tidigare. Trots detta finns det begränsningar i resultat och analys som:

- Studerat huvudvägnät är prioriterat och utformningsmässigt det "bästa" vägnätet. Säkerhetszon relativt väl utformad inom "kriterierna" på dessa vägar.
- Stor del av olyckorna är "lindrig olycka"
- Få olyckor med fast föremål
- Metod för att bestämma "säkerhetszon" utifrån ANDA-data ej validerad.
- Tekniken med LIDAR begränsas av sikt (ex löv ger skugga)
- Medelvärdesbildning av säkerhetszon kan vara för grov, 10 m
- Position från polis-rapport kan vara felaktig
- Hastighet och "sträckan" som fordon färdas i säkerhetszon okänd
- Ej möjligt ta hänsyn till fordons säkerhetsklass eller tjänstevikt

Trots begränsningarna anser författarna att metoden är relevant och resultaten är signifikanta, detta styrks ytterligare av andra studier som pekar i samma riktning. För

att få bättre kvalitet krävs framförallt ett större och mer varierat vägnät samt fler olyckor.

Utformning av sidoområdet, inner- och ytterslännt samt dikesbotten görs enligt Figur 4.1 nedan.



Figur 4.1 Utformning av sidoområdet, inner- och ytterslännt samt dikesbotten, A= Ytterslänntens slänntkrön höjd över dikesbotten (m) och H= Höjden mellan stödremsan och dikesbotten (m).

A= Ytterslänntens slänntkrön höjd över dikesbotten (m)

H= Höjden mellan stödremsan och dikesbotten (m)

$$S = S_B + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (2)$$

Där:

S = Säkerhetszonen

$S_B$  = Bassäkerhetsavstånd, se Tabell 4.1

$T_1$  = Eventuellt tillägg/avdrag för skärning, se Tabell 4.2

$T_2$  = Eventuellt tillägg i ytterkurva för liten horisontalradie, se Tabell 4.2

$T_3$  = Eventuellt tillägg för järnväg, se Tabell 4.2

$T_4$  = Eventuellt tillägg för speciella anläggningar, se Tabell 4.2

Tabell 4.1 Värderna för  $S_B$  beroende på ÅDT och referenshastighet.

ÅDT	Referenshastighet				
	60	80	100	110	120
<1000	2	3	4	5	6
1000-2000	2,5	3,5	4,5	5	6,5
2000-4000	3	3,5	4,5	5,5	6,5
4000-8000	3,5	4	5	6	7
8000-15000	4	4,5	5,5	6,5	7,5
15000-18000	4,5	5	6	7	8
>18000	5	6	7	8	9

För att bestämma tilläggsparametrarna används Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Värderna för  $T_1$ ,  $T_2$  och  $T_3$  beroende på ÅDT och referenshastighet.

Parameter	Ytterslänt	A-H<-1	-1< A-H<0,5	0< A-H<0,5	0,5< A-H <2	A-H>2
$T_1$ (A-H)	1:2	3	2	1	0	0
	1:3	3	2	1	0	0
	1:4	4	3	2	1	0
	1:6	5	4	3	2	0
$T_2$ ( $R < R_{min} \cdot 1,25$ )	1:2	2	2	1	0	0
	1:3	2	2	1	0	0
	1:4	4	3	2	1	0
	1:6	4	3	2	1	0
$T_4$ ( )	1:2					
	1:3					
	1:4					
	1:6					

$$T_3 = \begin{cases} T_j - S & (\text{om } T_j > S) \\ 0 & \end{cases} \quad (3)$$

Där:

$T_j$  = Skyddsavstånd mellan väg och järnväg (m)



Då skyddsavståndet är mindre än 15 m och vägen är belägen högre än järnvägen ska skyddsavståndet ökas med 1,5 gånger höjdskillnaden.

Tabell 4.3 Skyddsavstånd mellan väg och järnväg som funktion av tåghastighet och referenshastighet.

Tåghastighet (km/h)	Referenshastighet (km/h)				
	≤60	80	100	110	120
<50	4	10	15	20	25
50-100	7	15	20	25	30
≥100	10	15	20	25	30

## 5 Förslag föreskrift och utformning VGU

Syftet med projektet har varit att ta fram ett nytt underlag för att utveckla definitionen, föreskrifter och utformning av säkerhetszon. Utifrån projektets resultat och tillsammans med beställare föreslås föreskrift och utformning av säkerhetszon.

### 5.1 Bakgrund gällande föreskrifter och regler

Säkerhetszoner är inte (känt) reglerat i lagstiftning. I Väglagen finns det skrivelser som kan tolkas påverka säkerhetszonen, ordvalet är dock vägområde och handlar om vägområdet och avstånd för byggnationer och åtgärder som "... kan inverka menligt på trafiksäkerheten ...". Exempelvis gäller det att byggnation inte är tillåtet med 12 m avstånd från vägområdet om inte länsstyrelsen godkänner.

I Trafikverket författningssamling, VVFS, är krav på sidoområden "... som är utformade så att personskador vid en avkörning begränsas. Vägar som inte är riksvägar, men har en referenshastighet av minst 70 km/h skall ha sidoområden som är utformade så att trafiksäkerheten vid en avkörning särskilt beaktas."

#### Väglagen

3 § Vägområde utgörs av den mark eller det utrymme som har tagits i anspråk för väganordning.

43 § Inom ett vägområde får inte utan väghållningsmyndighetens tillstånd

1. uppföras byggnader, göras tillbyggnader eller utföras andra anläggningar,
2. vidtas andra åtgärder som kan inverka menligt på trafiksäkerheten eller vara till olägenhet för vägens bestånd, drift eller brukande.

46 § Inom ett avstånd av 50 meter från ett vägområde får inte utan länsstyrelsens tillstånd skyltar eller därmed jämförliga anordningar för reklam, propaganda eller liknande ändamål finnas uppsatta utomhus.

I samband med tillstånd får länsstyrelsen meddela de föreskrifter som behövs med hänsyn till trafiksäkerheten.

Bestämmelserna i första stycket gäller inte:

1. inom områden med detaljplan eller
2. för sådana anordningar som är uppsatta på byggnader för upplysning om affärsrörelse eller annan verksamhet på stället eller
3. för anslagstavlor för meddelanden som rör kommunala angelägenheter, föreningssammanträden, auktioner eller dylikt,
4. åtgärder för vilka bygglov krävs. Lag (1991:605).

47 § Inom ett avstånd av tolv meter från ett vägområde får inte utan länsstyrelsens

tillstånd uppföras byggnader, göras tillbyggnader eller utföras andra anläggningar eller vidtas andra sådana åtgärder som kan inverka menligt på trafiksäkerheten. Länsstyrelsen kan, om det är nödvändigt med hänsyn till trafiksäkerheten, föreskriva att avståndet ökas, dock högst till 50 meter.

48 § Inom det vägområde som anges i en vägplan får det inte utan väghållningsmyndighetens tillstånd uppföras byggnader, göras tillbyggnader, utföras andra anläggningar eller vidtas andra åtgärder som kan väsentligt försvåra områdets användning för vägändamål. Förbudet gäller från det att beslutet om fastställelse av vägplanen har fått laga kraft till dess att vägområdet har tagits i anspråk för väg.

### **Trafikförordningen (TSFS)**

Få skrivelser om vägområde, främst att det förbjudet ställa fordon etc. (24 timmar).

### **VVFS 2003:140**

I kap "6.4.2 Begränsning av skador vid avkörning m.m." står följande:

- Riksvägar skall ha sidoområden som är utformade så att personskador vid en avkörning begränsas.
- Vägar som inte är riksvägar, men har en referenshastighet av minst 70 km/h skall ha sidoområden som är utformade så att trafiksäkerheten vid en avkörning särskilt beaktas.

Råd: Övriga vägar bör ha sidoområden som är utformade så att personskador vid en avkörning begränsas.

Där oeftergivliga föremål eller andra faromoment måste finnas i säkerhetszonen bör räcke uppsättas.

Val av sidoområdestyp samt bestämning av säkerhetszonens bredd bör göras enligt VU 94, kapitel 5.6 (Vägverket).

## **5.2 Förslag föreskrift TSFS**

Utifrån projektet syfte och underlag föreslås följande text på föreskriftsnivå i Transportstyrelsens författningssamling (TSFS).

Definition Säkerhetszon:

- Zon utanför vägbana utformad för att minska skadorna i avkörningsolyckor.

Förslagen gäller för:

- statliga, kommunala och enskilda väghållare,
- vägar med flöden > 125 ÅDT,
- väg med en referenshastighet av minst 70 km/h,

- alla vägtyper vid nybyggnad och större ombyggnad,
- barmarksförhållande.

Förslag på föreskriftskrav:

- Väg ska ha säkerhetszon som är utformad så att dödsfall och allvarlig personskada vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning.
- Väg ska ha säkerhetszon som är utformad så att risken att skada skyddsvärda objekt begränsas alternativt ha skyddsanordning (se PBL för exempel särskilt angående värdefulla natur-, miljö- och kulturområden).

*Kommentar: Text om samhällsekonomisk analys bör göras/omfattas enligt Transportstyrelsen förslagstext, se vidare "Förslag till ny föreskrift avseende sidoområden/ säkerhetszon."*

*Kommentar: Stup stryks då den kan anses ingå i definitionen av säkerhetszon.*

### 5.3 Säkerhetszon i Vägars och gators utformning (VGU)

I gällande version av Vägars och gators utformning (VGU) finns det texter om säkerhetszon uppdelat på delarna Begrepp och grundvärden, Krav och Råd. Enligt VGU definieras "Säkerhetszon"

- Område utanför stödremsa vid sidan om vägbana, cykelbana o d, som ska vara fritt från fysiska hinder i form av fasta oeftergivliga föremål.

"Säkerhetszonen ska vara fri från:

- Fasta oeftergivliga hinder högre än 0,1 m ovan marknivån.
- Stup (vertikalt fall med höjd  $\geq 0,5$  m eller slänt med lutning  $> 1:3$ ). Utanför halva säkerhetszonens bredd tillåts dock korsande vägtrummor med dimension  $\leq 0,8$  m.
- Djupt vatten (överstigande 0,5 m vid medelvattenstånd).

"

Uppfylls inte kraven avseende säkerhetszon nedan ska vägen utformas med räcke. Utformning med räcke ska uppfylla kraven enligt avsnittet "Skyddsanordningar" i TrVK Vägutformning. Stödremsa vid räcke ska utformas med tillräcklig bredd för att räckets funktion ska upprätthållas.

Säkerhetszonen bestäms primärt utifrån vägtyp, hastighetsgräns och flöde enligt Tabell 5.1.

Tabell 5.1. Sammanställning av säkerhetszon (källa VGU 2020).

Hastighetsgräns	Vägtyp	Projekt	Flöde (ÅDT)	Säkerhetszon (m)
120	MV			≥ 12
110	MV			≥ 11
	MML/MLV	Nybyggnad	> 8000	≥ 11
	MML/MLV		≤ 8000	≥ 10
	MML/MLV	Ombyggnad		≥ 10
100	MML/MLV		> 4000	≥ 10
	MML/MLV		≤ 4000	≥ 9
	MML/MLV	Ombyggnad		≥ 9
	2-fältsväg	Nybyggnad		≥ 9
	2-fältsväg	Ombyggnad		≥ 9
80	2-fältsväg	Nybyggnad	> 8000	≥ 8
	2-fältsväg	Nybyggnad	4000-8000	≥ 7
	2-fältsväg	Ombyggnad	2000-4000	≥ 7
	2-fältsväg	Ombyggnad	1000-2000	≥ 6
	2-fältsväg	Ombyggnad	≤ 1000	≥ 5
80	huvudväg/ tä- tortsgenombart	Nybyggnad	ÅDT-Dim > 8000	≥8
			ÅDT-Dim 2000-8000	≥7
			ÅDT-Dim 1000-2000	≥6
			ÅDT-Dim <1000	≥5
60	huvudväg/ tä- tortsgenombart	Nybyggnad		≥3
40	huvudväg/ tä- tortsgenombart	Nybyggnad		≥2

Ovanstående värden är grundvärdena, vilka kan komma att få tillägg för hög bank, se Tabell 5.2 eller liten horisontalradie.

I TRVK finns för följande krav.

Säkerhetszonen ska vara fri från:

- Fasta oeftergivliga hinder högre än 0,1 m ovan marknivån.
- Stup (vertikalt fall med höjd ≥ 0,5 m eller slänt med lutning > 1:3). Utanför halva säkerhetszonens bredd tillåts dock korsande vägtrummor med dimension ≤ 0,8 m.
- Djupt vatten (överstigande 0,5 m vid medelvattenstånd).

Vid bank ökas säkerhetszonen enligt Tabell 5.2

Tabell 5.2. Tillägg av längd på säkerhetszon beroende på bankhöjd (källa VGU 2020).

Bankhöjd	Tillägg till säkerhetszon vid bank
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8

Mellan dessa värden interpoleras tillägget fram. Vid ytterkurva med  $R \leq 1500$  m ska säkerhetszonen ökas med 2 m för VR 110/120, detta mått varierar sedan beroende på referenshastighet.

## 5.4 Förslag TrV Vägars och gators utformning (VGU)

Utifrån projektet syfte, underlag och analys föreslås följande text för Vägars och gators utformning (VGU) uppdelat på delarna Begrepp och grundvärden, Krav och Råd.

### Begrepp och grundvärden (TRV 2020:030)

I kapitel 3 Termer och definitioner föreslås följande betydelse (definition):

Begrepp Säkerhetszon:

- Område innanför vägområdet som ska vara fritt från fysiska hinder i form av fasta oeftergivliga föremål och som är utformad så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas.

*Kommentar: Begreppet säkerhetszon föreslås ändras med tillägget "... och som är utformad så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas". Säkerhetszon föreslås gälla "innanför vägområde"*

Begrepp Vertikalt fall:

- Vertikalt fall eller slänt med lutning  $> 1:3$  med höjd  $> 1$  m.

*Kommentar: Begreppet Stup föreslås tas bort, svårt att definiera och leder tankar till "bråddjup"? Vertikalt fall föreslås ändras från fall med höjd  $\geq 0,5$  m till höjd  $> 1$  m för fordon. För definition av stup för GC finns ingen evidens, projektet föreslår att den tas bort och "ersättes" av den generella skrivning.*

### KRAV (TRV 2020:029)

Projektet föreslår att meningen "Nya eller ombyggda vägars sidoområden ska utformas så att dödsfall och allvarlig personskada vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning" läggs till i kapitel 5 " Trafikteknisk standard" så att text/innebörd blir densamma i TSFS och VGU.

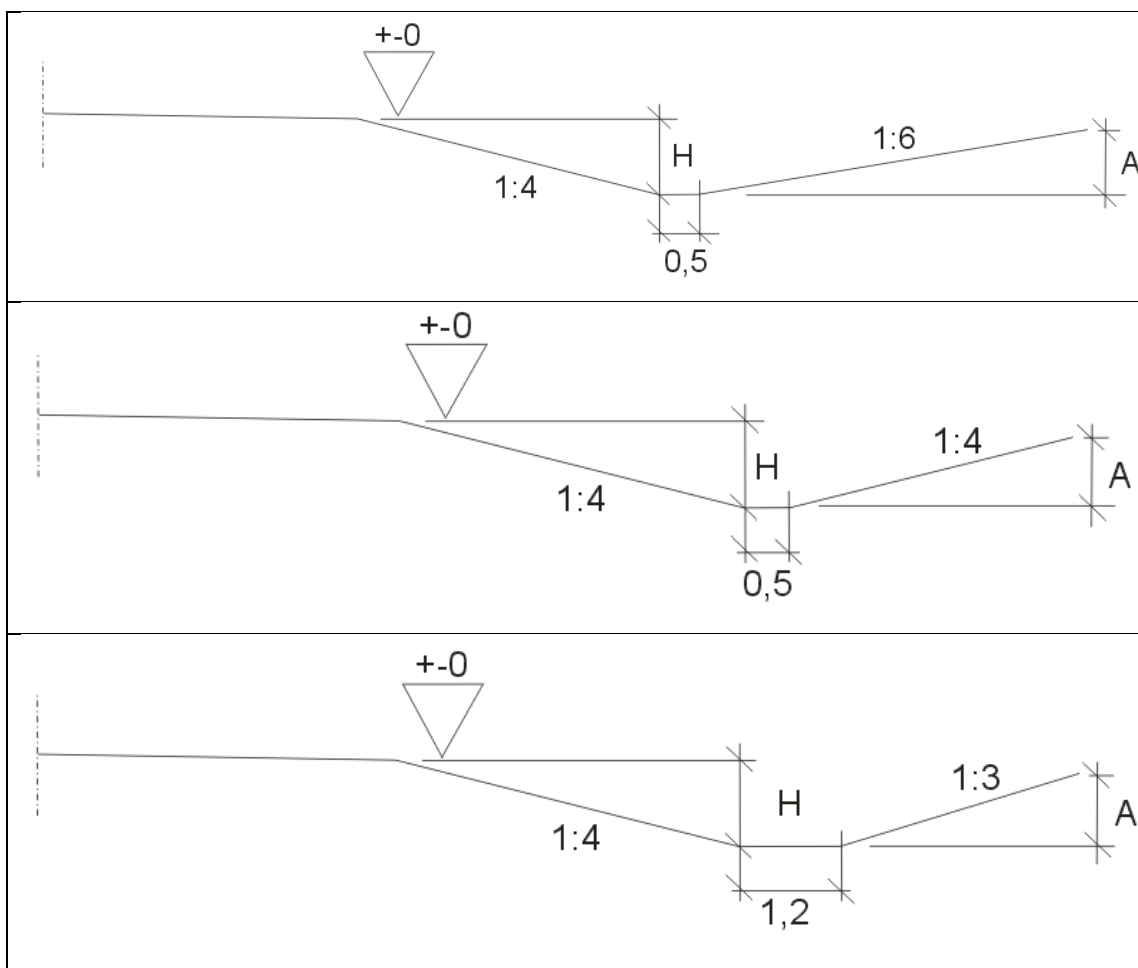
I avsnitt 5.6 Vägtyp föreslås följande text:

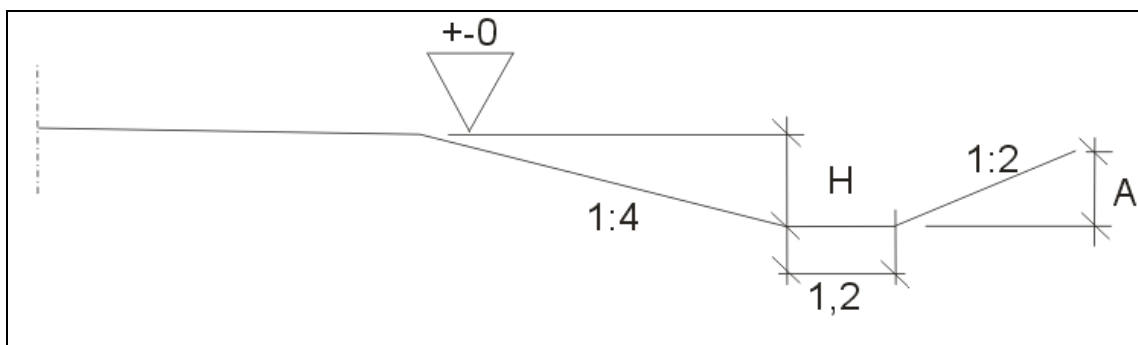
- Vägar skall ha sidoområden eller skyddsanordning som är utformade så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas.

*Kommentar: det finns endast rubrik men ingen text i gällande version.*

För kapitel 7 Sektion landsbygd – Vägrum föreslås följande text för  $VR \geq 80$ , krav sammanfattas:

- Dikesbotten ska vara skålformad eller plant utformad med utbredning  $> 0,5$  m.
- Utanför halva säkerhetszonens bredd tillåts dock korsande vägtrummor med dimension  $\leq 0,8$  m
- Utformning av sidoområdet, inner- och ytterslänt samt dikesbotten görs enligt Figur 5.1 nedan.





Figur 5.1 Utformning av sidoområdet, inner- och ytterslännt samt dikesbotten, A= Ytterslänntens slänntkrön höjd över dikesbotten (m) och H= Höjden mellan stödremsan och dikesbotten (m).

- Ytterslännten ska i möjligaste mån väljas med så liten lutning som möjligt.
- Säkerhetszonen beräknas enligt nedanstående modell.

$$S = S_B + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (4)$$

Där:

S = Säkerhetszonen

$S_B$  = Bassäkerhetsavstånd, se Tabell 5.3

$T_1$  = Eventuellt tillägg/avdrag för skärning, se Tabell 5.4

$T_2$  = Eventuellt tillägg i ytterkurva för liten horisontalradie, se Tabell 5.4

$T_3$  = Eventuellt tillägg för järnväg, se Tabell 5.4

$T_4$  = Eventuellt annat tillägg

Tabell 5.3 Värderna för  $S_B$  (m) beroende på ÅDT och referenshastighet.

ÅDT	Referenshastighet				
	60	80	100	110	120
<1000	2	3	4	5	6
1000-2000	2,5	3,5	4,5	5	6,5
2000-4000	3	3,5	4,5	5,5	6,5
4000-8000	3,5	4	5	6	7
8000-15000	4	4,5	5,5	6,5	7,5
15000-18000	4,5	5	6	7	8
>18000	5	6	7	8	9

För att bestämma tilläggparametrarna används Tabell 5.4. A= Ytterslänntens slänntkrön höjd över dikesbotten (m) och H= Höjden mellan stödremsan och dikesbotten (m).



Tabell 5.4 Värden för  $T_1$ ,  $T_2$  och  $T_3$  (m) beroende på ÅDT och referenshastighet.

Parameter	Ytterslänt	A-H<-1	-1< A-H<0,5	0< A-H<0,5	0,5< A-H <2	A-H>2
$T_1$ (A-H)	1:2	3	2	1	0	0
	1:3	3	2	1	0	0
	1:4	4	3	2	1	0
	1:6	5	4	3	2	0
$T_2$ ( $R < R_{\min} \cdot 1,25$ )	1:2	2	2	1	0	0
	1:3	2	2	1	0	0
	1:4	4	3	2	1	0
	1:6	4	3	2	1	0

$$T_3 = \begin{cases} T_j - S & (\text{om } T_j > S) \\ 0 & \end{cases} \quad (5)$$

Där:

$T_j$  = Skyddsavstånd mellan väg och järnväg (m), se Tabell 5.5

Då skyddsavståndet är mindre än 15 m och vägen är belägen högre än järnvägen ska skyddsavståndet ökas med 1,5 gånger höjdskillnaden.

Tabell 5.5 Skyddsavstånd  $T_j$  (m) mellan väg och järnväg som funktion av tåghastighet och referenshastighet.

Tåghastighet (km/h)	Referenshastighet (km/h)				
	≤60	80	100	110	120
<50	4	10	15	20	25
50-100	7	15	20	25	30
≥100	10	15	20	25	30

Förslaget innebär ändringar i kapitel 1.1.1 Motorväg VR 110/120, 1.1.2 Mötesfri väg VR 110/100 och 1.1.3 Tvåfältsväg VR 100/80.

*Kommentar: Förslaget innebär en sammanvägd modell som bygger på det framtagna empiriska resultatet och litteraturstudie.*

*Kommentar: Understruken text är befintlig text i VGU.*

### RÅD (TRV 2020:031)

I moment 7.1.1 Motorväg VR 110/120, 7.1.2 Mötesfri väg VR 110/100 och 7.1.3 Tvåfältsväg VR 100/80 föreslås följande text under rubriken "Sidoområdesutformning":

- Vinkel mellan innerslänt och ytterslänt bör vara mellan 150 och 160 grader.

*Kommentar: En ny vinkel föreslås som idag inte finns i VGU för att minska risken för viltning.*

## 6 Fortsatt arbete

Syftet med denna studie har varit att utveckla och pröva metoder för att bedöma huruvida sidoområdets utformning eller oeftergivliga föremål påverkar avkörningsolyckors utfall genom att studera och analysera ett antal olyckor. Även om resultatet från denna studie visar på signifikanta skillnader och projektet tagit fram förslag på utformning så bör man arbeta vidare med:

- Underlag från en större andel av vägnätet (övriga 92 000 km statlig väg).
- Fokus på utformning av befintligt vägnät kopplat till åtgärder, "Förbättrings-VGU"
- Enklare läsa ut riktning av olyckan från STRADA.
- Insamling av ANDA/LIDAR-data under perioder med fri sikt, ex innan lövsprickning.
- Förfina analys av ANDA/LIDAR-data genom att ytterligare segmentera tvärprofilen och nyttja linjär regression i kombination med att analysera vinkelförändringar.
- Kombination av ANDA/LIDAR-data med annat insamlat data, exempelvis Laserdata Skog (lantmäteriet).

## Referenser

- AASHTO (2011). Roadside Design Guide 4<sup>th</sup> Edition 2011, American Association of State Highway and Transportation Officials, Publication Code: RSDG-4, ISBN: 978-1-56051-509-8
- Austroroads (2011). Improving roadside safety: stage 2: interim report, AP-R387-11, Austroroads, Sydney, NSW.
- Baldock, M., Kloeden, C. & McLean, A. (2008). In-depth research into rural road crashes, report CASR057, Centre for Automotive Safety Research, Adelaide, SA.
- Björketun, U. (2003). Linjeföringsmått med VDB- respektive PMS-data, VTI notat 10-2003, FoU-enhet Trafik- och säkerhetsanalys, Projektnummer 40324, Projektnamn EMV, Uppdragsgivare Vägverket, Väg- och Transportforskningsinstitutet.
- BUREAU OF DESIGN AND ENVIRONMENT (2014). Chapter Thirty-eight ROADSIDE SAFETY, Illinois DOT.
- Carlsson, A. (2007). Revidering av kap 3 I Effekt 2000 (effektkatalogen). PM VTI TMA, Rev 2007-12-11.
- CEDR (2013). Forgiving roadsides design guide, Edition: 1 Publisher: CEDR, Editor: CEDR's Secretariat General, ISBN: 979-10-93321-02-8
- Force Technology (2009). UTFORMNING AV TRAFIKSÄKRA SIDOOMRÅDEN, Februari 2009, Dok. Nr.: TR-523-50028 - Rev. 0.
- RISER Consortium (2005). Roadside Infrastructure for Safer European Roads, D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads.
- SMHI (2019). <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vikten-pa-sno-1.10378>
- Strömngren, P., Lindqvist, E. & Carlsson, A. (2015). FLINS, Förstudie. Ny metod för linjeföringsstandard. Movea 2015-10-20
- Svensson, S. (2015). Via mail har informationen fått av IT-projektledare Sten Svensson på TrV 2015-05-27.
- Thomson, R., Valtonen, J. (2002). Vehicles Impacts in V-Ditches, TRB 2002 Annual Meeting, Washington.
- Trafikkontoret (2006). Utredningen, Underlag för miljöbedömning mm för Snöhantering och snöbortforsling i Stockholm, Bilaga 1 2006 10 25.
- Trafikverket (2020). Krav - VGU, Vägars och gators utformning, Version 1.0, TRV publikation 2020:029, Borlänge.
- Trafikverket (2020). KRAV - VGU, Begrepp och grundvärden, Version 1.0, TRV publikation 2020:030, Borlänge.
- Trafikverket (2020). RÅD - VGU, Vägars och gators utformning, Version 1.0, TRV publikation 2020:031, Borlänge.
- Trafikverket (2018). Joakim Fransson, Trafikverket.

Trafikverket (2015). Användarmanual PMSV3- Information om belagda vägar, Trafikverkets system för analys av vägytans tillstånd på statliga belagda vägar i Sverige, Ny release driftsatt: 4 juni 2015.

Trafikverket (2015). Råd för vägars och gators utformning, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket (2015). Krav för vägars och gators utformning, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket (2012). Krav för vägars och gators utformning, Borlänge: Trafikverket.

Vegdirektoratet (2014). Rekkverk og vegens sideområder, Normal, Håndbok N 101, ISBN: 978-82-91228-33-4, Statens vegvesen.

Vejdirektoratet (2018). Håndbog, Tværprofiler i åbent land, Anlæg og Planægning, August 2018

Vägverket (2001). SIDOOMRÅDESPROJEKTET, Dokumentation av 4 analyser, Publikation 2001:7 Sv.