

Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning

© Transportstyrelsen

Väg- och järnvägsavdelningen
Enhet teknik och trafik

Rapporten finns tillgänglig på Transportstyrelsens webbplats www.transportstyrelsen.se

Dnr/Beteckning	TSG 2017-309
Författare	Svante Berg & Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB
Månad År	Januari 2017

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

Förord

Transportstyrelsen har sedan 2013 bemyndigande enligt plan- och byggförordningen, PBF, (2011:338) att föreskriva om tekniska egenskapskrav för vägar och gator. Inom ramen för det regelutvecklingsarbete som följer av detta bemyndigande behöver krav på egenskapen "Säkerhet vid användning" kopplat till projektering och utförande av vägar och gator analyseras, konsekvensutredas och beslutas. För att leverera relevanta och väl avvägda krav och kravnivåer o de kommande föreskrifterna måste ny kunskap tas fram som underlag för den tillhörande konsekvensutredning som är lagstadgad enligt förordning (2007:1244) om konsekvensutredning vid regelgivning.

Vägverket (senare Trafikverket) har historiskt förvaltat och utvecklat dessa tekniska krav. Idag gäller Vägverkets föreskrifter (VVFS 2003:140) om tekniska egenskapskrav vid byggande på vägar och gator (vägregler). Dessa kommer att upphävas i samband med att Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tekniska egenskapskrav träder i kraft. Föreskrifterna gäller för nybyggnad och ombyggnad av vägar och gator och ska sedan gälla under vägen eller gatans ekonomiska livslängd vid barmarksförhållande.

De gällande föreskrifterna är i vissa delar föråldrade. Mot denna bakgrund initierade Transportstyrelsen ett FoI-projekt i syfte att utveckla begrepp och funktionstekniska krav för sikt, korsningsutformning och säkerhetszon.

Projektet har utmynnat i följande regelförslag samt tillhörande allmänt råd:

- Vägar och korsningar ska utformas med möjlighet att upptäcka andra trafikanter eller hinder för att kunna anpassa hastigheten och/eller stanna för att undvika olycka.
 - Tillhörande allmänt råd: Hastighet, reaktionstid, friktion och lutning bör beaktas.
- Vägar ska ha sidoområden som är utformade så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning. Bestämmelsen ska gälla alla vägtyper vid nybyggnad.
- Risken att skada skyddsvärda objekt, exempelvis vattentäkt ska begränsas. Bestämmelsen ska gälla alla vägtyper vid nybyggnad.
 - Tillhörande allmänt råd: Val mellan sidoområde och skyddsanordning bör baseras på en samlad effektbedömning ex. utifrån hastighet, nättillhörighet.

Regelförslaget ska inte tillämpas för:

1. särskilda vintervägar över mark som är täckt av snö eller is eller över vatten som är täckt av is,
2. vägar som i huvudsak är avsedda för skogsbrukets behov där virkestransporter kan ske med lastbil (skogsbilväg),
3. vägar inom inhägnat flygplatsområde, samt
4. övriga vägar med trafik som öppningsåret understiger 125 fordon per årsmedeldygn.

De åsikter och rekommendationer som uttrycks är rapportförfattarnas egna och speglar inte nödvändigtvis Transportstyrelsens uppfattning.

Borlänge, januari 2017

Karin Edvardsson
Utredare

Slutrapport

Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning
"SÄPU"
Kappa

Innehåll

1	INLEDNING	1
2	SAMMANFATTNING, FÖRSLAG.....	3
	Sikt	3
	Korsning	4
	Säkerhetszon	4

BILAGOR

Underlagsrapport Sikt, Korsning och Säkerhetszon

1 Inledning

Transportstyrelsen har sedan 2013 bemyndigande enligt Plan- och byggförordningen (2011:338) att föreskriva om tekniska egenskapskrav för vägar och gator. Inom ramen för det regelutvecklingsarbete som följer av detta bemyndigande behöver krav på "Säkerhet vid användning" kopplat till utformning av vägar och gator analyseras, konsekvensutredas och beslutas. För att leverera relevanta och väl avvägda krav och kravnivåer i de kommande föreskrifterna måste ny kunskap tas fram som underlag för den tillhörande konsekvensutredning som är lagstadgad enligt förordning (2007:1244) om konsekvensutredning vid regelgivning. Tekniska egenskapskraven ska uppfyllas vid:

- nybyggnad,
- ombyggnad,
- annan ändring av en byggnad än ombyggnad och
- med normalt underhåll kan kraven antas komma att fortsätta vara uppfyllda under en ekonomiskt rimlig livslängd.

Vägverket (senare Trafikverket) har historiskt förvaltat och utvecklat dessa tekniska krav. Idag användes Trafikverkets föreskrifter (VVFS 2003:140) om tekniska egenskapskrav vid byggande på väg/gata. Dessa kommer att upphävas i samband med att Transportstyrelsens föreskrifter om tekniska egenskapskrav träder i kraft.

Projektets övergripande syfte är att föreslå, analysera och utreda konsekvens av krav på "Säkerhet vid användning" kopplat till utformning av vägar och gator.

Transportstyrelsen önskar utveckla begrepp och funktionstekniska krav för:

- sikt,
- korsning och
- säkerhetszon.

Underlag till förslagen beskrivs i underlagsrapporterna Sikt, Korsning och Säkerhetszon. I denna kapp redovisas sammanfattande resultat och förslag till föreskrift och råd utifrån respektive underlagsrapport samt arbetsmötet den 14 november 2016. På arbetsmötet var Transportstyrelsen, Sveriges kommuner och landsting samt Trafikverket representerade. Underlagsrapporterna skiljer sig därmed från förslagen i denna "kappa".

Förslagen gäller för:

- statliga, kommunala och enskilda väghållare,
- vägar med flöden > 125 ÅDT,

- barmarksförhållande.

Rapporten sam underlagsrapporterna Sikt, Korsning och Säkerhetszon är framtagen av Svante Berg och Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB.

2 Sammanfattning, förslag

Sikt

Transportstyrelsen önskar utveckla begrepp och funktionstekniska krav för "stoppsikt". Projektets mål är att belysa/undersöka vad som är säkerhetskritiskt för sikt.

Vid beräkning av önskvärd sikt har sedan en teoretisk deterministisk modell använts, se vidare underlagsrapport Sikt för modell samt definitioner. Traditionellt har kraven på fri sikt bildat underlag för utformning av horisontal och vertikal-geometrin.

Sikt är vid utformning av vägar ett viktigt grundvärde, normalt dimensionerar man för möjligheten att helt stanna fordon (stoppsikt). Man kan dela upp erforderlig sikt i "vad som behövs för att undvika olycka" och "sikt för att minimera skadeföljd vid olycka". Dessa kan ses som ingångsvärden i ett resonemang om vad som är säkerhetskritiskt med fokus på risk för olycka samt ifall olycka sker det förväntade utfallet på skadegrad.

Diskussion på workshop ledde till att förslaget bör vara platsneutralt och föreskriftskrav blev därför gemensamt för korsning och sträcka. I underlagsrapport för Sikt och Korsning finnes flera förslag varav ett valdes. Vidare finnes förslag på metod hur sikt kan beräknas.

Förslag på föreskriftskrav:

- Vägar och korsningar ska utformas med möjlighet att upptäcka andra trafikanter eller hinder för att kunna anpassa hastigheten och/eller stanna för att undvika olycka.
- Gäller barmarksförhållande.

Förslag på allmänna råd:

Följande aspekter bör beaktas:

- hastighet,
- reaktionstid,
- friktion,
- lutning.

Konsekvensanalys

För att beräkna stoppsikt behöver kompletterande krav/råd tas fram.

Lastbilar och bussar finns inte med som ett dimensionerande fordon, detta anses kompenseras av den högre ögonhöjden 2,1 m för lastbilsförare istället för 1,1 m för personbilsförare

Korsning

Förslaget på föreskriftskrav för sikt omfattar även korsning, se "Sikt"

Säkerhetszon

Transportstyrelsen önskar utveckla begrepp och funktionstekniska krav för säkerhetszon. Idag definieras begreppet säkerhetszon som "zon närmast vägbanan utformad för att minska skadorna i avkörningsolyckor".

Säkerhetszonen är enligt VGU mellan 5-12 m beroende på främst hastighet, flöde, fasta hinder, stup och djupt vatten. Uppfylls inte kraven avseende säkerhetszon ska vägen utformas med räcke. I princip har VGU idag krav på hög sidoområdesstandard med säkerhetszon.

Diskussion på workshop ledde till att förslaget baseras på resonemang att 1:a, 2:a samt 3:e person samt skyddsvärda objekt omfattas. Förslaget ansågs gälla för nybyggnation så att trafiksäkerhetshöjande åtgärder ej skulle begränsas, exempelvis gäller kravet ej ombyggnad till mötesseparering. I underlagsrapport för Säkerhetszon finnes ett liknande förslag samt underlag för en samlad effektbedömning av förslaget.

Förslag på föreskriftskrav:

- Vägar ska ha sidoområden som är utformade så att dödsfall och allvarliga personskador vid en avkörning begränsas alternativt ha skyddsanordning.
- Risken att skada skyddsvärda objekt, exempelvis vattentäkt ska begränsas.
- Ovanstående krav gäller alla vägtyper vid nybyggnad.

Förslag på allmänna råd:

- Val mellan sidoområde och skyddsanordning bör baseras på en samlad effektbedömning ex. utifrån hastighet, nättillhörighet.

Konsekvensanalys

Förslaget innebär inga större förändringar för väghållare beroende på tolkning av allmänna råd.

Underlagsrapport

Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning
"SÄPU"
SIKT

Innehåll

1	INLEDNING	1
2	SAMMANFATTNING, FÖRSLAG.....	2
3	RESULTAT DISKUSSION.....	5
4	LAGSTIFTNING OCH REGLER.....	7
5	EFFEKTSAMBAND SIKT	8
6	STOPPSTRÄCKA OCH FRIKTION	15
7	GRUNDVÄRDEN FÖR STOPPSIKT OCH GEOMETRI	32
8	SIKTKLASS	37
	REFERENSER	40

1 Inledning

Underlagsrapporten är framtagen av Svante Berg och Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB. Underlagsrapporten ska behandla de delar som är kritiska för en god geometri och kördynamik utan att för den skull vara överdimensionerad. Många kritiska designelement finns att ta hänsyn till, exempelvis: referenshastighet, stoppsikt, lutning, horisontalgeometri, vertikalgeometri, skevning, körfältsbredd och vägrensbredd.

Denna del av studien omfattar sikt utifrån friktionssamband samt linjeföringselementens påverkan av sikt.

2 Sammanfattning, förslag

Transportstyrelsen önskar ta bort begreppet "stoppsikt" och vill ersätta det med en mer relevant kravformulering. Projektet syftar till att utveckla begreppen "stoppsikt" samt "övrig" sikt och ersätta dem med en mer relevant kravformulering. Projektets mål är att belysa/undersöka vad som är säkerhetskritiskt för sikt.

Traditionellt har sikt för utformning av vägar delats upp i:

- Stoppsikt
- Mötessikt, dubbel stoppsikt
- Omkörningssikt

Vid beräkning av önskvärd sikt har sedan en teoretisk deterministisk modell använts, se vidare kap 6 och 7 för modell samt definitioner. Traditionellt har kraven på fri sikt bildat underlag för utformning av horisontal och vertikal-geometrin.

Effekter av sikt på trafiksäkerhet och olycksutfall är svåra att kvantifiera då det finns betydande samvariation med utformningselement och anpassnings- och beteendeförändringar hos trafikant som ej i detalj är kända. Det har även varit svårt att mäta in sikt och det finns i princip sällan dokumenterat. I effektsamband finns det stöd för att geometrier under 1000 m ökar olycksrisk, det finns även stöd i litteraturen att enstaka "skarpa kurvor" är farliga. I svensk linjeföring är det relativt små skillnader mellan bästa och sämsta siktklass och olycksutfall. Centralt för effekter av sikt på trafiksäkerheten verkar hastighetsanpassning vara.

Sikt är vid utformning av vägar ett viktigt grundvärde, normalt dimensionerar man för möjligheten att helt stanna fordon (stoppsikt). Man kan dela upp erforderlig sikt i "vad som behöves för att undvika olycka" och "sikt för att minimera skadeföljd vid olycka". Dessa kan ses som ingångsvärden i ett resonemang om vad som är säkerhetskritiskt med fokus på risk för olycka samt ifall olycka sker det förväntade utfallet på skadegrad.

Projektet har utifrån underlag samt inriktning i projektet tagit fram 4 förslag på kravformulering:

1. "Vägar ska utformas med möjlighet att upptäcka andra trafikanter eller hinder för att undvika olycka".

Kommentar: denna skrivning är teknikoberoende (läs "teknikoptimistisk") men svår att verifiera och kontrollera.

2. Vertikal konvex minimiradie ska uppfylla kraven för säkerkritisk sikt vid bestämd ögonhöjd samt hinderhöjd utifrån dimensionerande reaktionstid och

friktion. Vertikal konkav minimiradie ska uppfylla kravet för stoppsikt vid bestämd spridningsvinkel för strålkastare samt strålkastarhöjd utifrån dimensionerande friktion.

Kommentar: i princip de krav som finns på statlig väg i VGU.

3. Vägar ska utformas med möjlighet att upptäcka och *sänka hastighet till säkerhetskritisk hastighet* inför hinder vid färd i den hastighet som vägen är dimensionerad för (referenshastigheten)".

Kommentar: definition av säkerhetskritisk hastighet viktig, väghållare eller

Transportstyrelse ansvar att definiera?

4. Geometrin ska dimensioneras på så sätt att säkerhetskritisk sikt uppnås. Detta ska utföras med de parametrar, såväl fysikaliska som beteendemässiga, som påverkar utformningen.

Kommentar: utveckling av 3 men fokus på säkerhetskritisk sikt

Säkerhetskritisk hastighet är den hastighet som "undviker" olycka eller vid en olycka (kollision) ger en förutbestämd skadegrad. För krockvåld (kollision) använder man i Sverige 30 km/h för gång och cykel, 50 km/h för sidokollision och 70 km/h för frontalkollision. Dessa hastigheter gäller för personbilar. Exempel på säkerhetskritisk sikt med dimensionerande bromsfriktionstal mellan cirka 0,3 och 0,5, variabel friktion för personbil på plan mark och sträcka.

Tabell Säkerhetskritisk sikt enligt kap 3.

Säkerhetskritisk Hastighet ¹⁾	VR (km/h)	40	60	80	100
0 (stoppsikt)		24	53	97	162
30		16	43	86	150
50			26	67	129
70				39	97

1) Dimensionerande bromsfriktionstal enligt VGU utan reaktionstid.

Konsekvensanalys

Lastbilar och bussar finns inte med som ett dimensionerande fordon, detta anses kompenseras av den högre ögonhöjden 2,1 m för lastbilsförare istället för 1,1 m för personbilsförare. Konsekvensen vid kollision mellan lastbil och personbil eller lastbil oskyddad trafikant vid säkerhetskritisk hastighet skiljer sig från singelolycka och kollision mellan personbil och personbil eller personbil och oskyddad trafikant. Hur detta fungerar bör funderas igenom.

Den kortare siktlängden vilket i sin tur ger mindre minimiradier för vertikalgeometrin vilket bör utredas ur ett kördynamiskt perspektiv. Eftersom säkerhetskritisk sikt är minimisiktlängden åligger detta väghållare (TrV), som i sin tur kan hantera denna optimering.

Det finns förslag till ny beräkningsmodell för bromsfriktionstal som är linjär istället för negativt exponentiell. Med denna modell blir stoppsikten betydligt kortare. Den nya modellen tar hänsyn till ABS-bromsar.

Empiri för säkerhetskritisk hastighet måste utredas vidare.

Centralt för effekter på trafiksäkerheten är hastighetsanpassningen.

3 Resultat diskussion

Avgränsning

I detta arbete har främst trafiksäkerhet beaktats och ingen hänsyn tagen till "trygghet", "komfort", "utblickar", "produktion" etc.

Vem har ansvaret för sikt?

Trafikant skall enligt Trafiklagstiftning ta hänsyn till siktförhållandena och anpassa fordons hastighet till vad trafiksäkerheten kräver. Kort sagt ligger ansvaret hos trafikant. Vad skall då väghållaren bidra med? Väghållaren kan/ska bidra med sikt så att referenshastighet (den hastighet vägen är dimensionerad för) vid "normala" förhållanden kan hållas utan att fara uppstår. Man kan resonera att väghållaren skall/bör tillhandahålla sikt så att trafikant kan anpassa hastigheten för att undvika olycka/incident.

Varför sikt?

Fri sikt bestämmes av den dimensionerande hastighet. Vad är då viktigt för trafiksäkerheten? Utifrån kända effektsamband finns det förmodligen vissa samband som verkar entydiga, ex finns det stöd för att geometrier under 1000 m ökar olycksrisk, det finns även stöd i litteraturen att enstaka "skarpa kurvor" är farliga. I svensk linjeföring (-klasser) är det relativt små skillnader mellan bästa och sämsta siktklass och olycksutfall. Centralt för effekter av sikt på trafiksäkerheten verkar hastighetsanpassning vara, exempelvis har i underökningar cirkulationsplatser med "bra" sikt högre olycksrisk än de med "dålig". Utifrån erfarenheter och tidigare studier är det svårt att dra slutsatser hur en förändring av sikt skulle påverka hastigheten, tyvärr finns det mycket erfarenhet av hastigheterna är för höga även när det är uppenbart att dålig sikt råder.

Vilken sikt?

Utifrån krav på trafikant och av vad trafiksäkerhet kräver förs ett resonemang om "Säkerhetskritisk sikt" och vad det innebär för sikt-begreppet.

Säkerhetskritisk sikt är ett begrepp som i denna rapport definieras:

- "Erforderlig sikt för att retardera till säkerhetskritisk hastighet"
- "Säkerhetskritisk hastighet är fordons hastighet till vad trafiksäkerheten kräver"
- "Hastighet vad trafiksäkerheten kräver" är ett gränsvärde för att undvika olycka eller om olycka inträffar minimera krockvåld för att undvika dödsfall eller allvarliga skadefall.

Hastigheten sätts till 0 km/h för att undvika incident/olycka, detta är jämförbart med begreppet "stoppsikt". Enligt krockvåldsteorin¹ är hastigheter för att undvika dödsfall eller allvarligt skadad:

- 30 km/h mellan oskyddade trafikanter och bilar.
- 50 km/h sidokollision mellan bilar.
- 70 km/h frontalkollision mellan bilar.

Tolkning av vilken hastighet "trafiksäkerheten kräver" blir central i vad som bestämmer vilken sikt som kräves, "Säkerhetskritisk sikt". Traditionellt har stoppsikt används vid dimensionering men om man gör en strikt tolkning utifrån "nollvisionen" enligt ovan blir sikt-sträckorna mycket kortare, se tabell 3.1 nedan. Empirin samt modeller för sikt (-sträckor) och hur man når den säkerhetskritiska hastigheten är dock samma som redovisas i kap.

Exempel på säkerhetskritisk sikt med dimensionerande bromsfriktionstal mellan cirka 0,3 och 0,5, variabel friktion för personbil på plan mark och sträcka.

Tabell 3.1 Säkerhetskritisk sikt enligt kap

Säkerhetskritisk Hastighet ¹⁾	VR (km/h)	40	60	80	100
0 (stoppsikt)		24	53	97	162
30		16	43	86	150
50			26	67	129
70				39	97

2) Dimensionerande bromsfriktionstal enligt VGU utan reaktionstid.

Parallellt kan man även ha en diskussion utifrån "traditionell" sikt (stopp, möte, omkörning). Den sikten ges i kap 6 och 7.

¹ Nya krockvåldskurvor för fotgängares risker vid påkörning av bil TRV 2012/69993

4 Lagstiftning och regler

Sammanfattning

De lagar, krav, regler och råd som styr utformning och användning av vägar kan beskrivas som en "regelpyramid" där svensk lag står över väghållarens interna föreskrifter och råd. Se bild (*finns bättre bild??*).



I dagens lagstiftning och författningar är ansvaret för erforderlig "sikt" (i betydelsen att trafikant skall anpassa hastighet) hos trafikant. För väghållare finns det i allmänna ordalag skrivelser i Väglagen om ". hänsyn till allmänna intressen såsom trafiksäkerhet". Ansvaret för erforderlig sikt ligger på trafikanten och i princip inget ansvar hos väghållaren.

I Trafikverkets interna krav VVFS 2003:140 finns krav och råd på stoppsikt, "Vägar skall vara så utformade att stoppsikt erhålls". I rådsdelen hänvisas till värden i VU94 "låg standard" och "dubbel stoppsikt" där fordon inte kan mötas.

Se vidare bilaga för utdrag ur regelverk där Sikt behandlas.

5 Effektsamband Sikt

Sammanfattning

Trafiksäkerhets effekter av sikt hanteras i effektsamband men är oftast "sammanblandat" med linjeföring, geometri, stoppsträcka, fordon, väglag, beteende etc. Sällan (aldrig!?) är effekter av "fri sikt" (siktsträckor) på trafiksäkerhet redovisade. Då det finns en stor samvariation med andra faktorer för sikt (ex. hastighet, bromssträckor, beteende etc) blir effekterna av "sikt" (egentligen siktsträckor) svårt att kvantifiera.

I TRVs Effektsamband ger "bättre" sikt lägre olyckskvoter, i princip 5% skillnad mellan lägsta och högsta siktklass. Det är främst den sämsta siktklassen som ger skillnad. Före/efter-studier har visat på relativt stora effekter på kurvradier under 800 m som förbättrats i 70 samt 90-miljö. Enstaka radier som är mindre än "förväntat" har enligt norsk undersökning negativ effekt på trafiksäkerheten. Siktsträckor i intervallet 300-500 kallas "dilemmasikt" och bör undvikas. I sammanställning av TÖI avtar trafiksäkerhetseffekten (index 1.39 600-1000m och 1.14 för 1000-2000 m) radier över 1000 m. Centralt för sikts påverkan på trafiksäkerheten verkar hastighetsanpassning vara.

Det kan vara intressant att jämföra med plankorsningar, där sikten är inmätt 5 m samt 50 m från korsning. Inget samband med olyckor (relativt få) har funnits (källa: studie Ramböll, ej publicerad)

Nedan följer utdrag ur effektkataloger med kommentar i kursivt

Effektkatalogen (TRV 2015 och 2016)

6.2.1.3 Korrigeringar för sikt

Normalvärden för väglänkar gäller för genomsnittlig siktklass. För landsbygdsväg med två körfält korrigeras olycksrisker beroende på vägbredd, hastighetsgräns och siktklass enligt följande tabell.

Bredd (m)	70-80 km/h Siktklass				>=90 km/h Siktklass			
	1	2	3	4	1	2	3	4
< 5-7	0,98	0,98	1	1,03	0,98	1	1	1,03
5,7-6,6	0,98	0,98	1	1,03	0,98	1	1	1,03
6,7-7,9	0,98	1	1	1,03	0,98	1	1	1,03
8-10	1	1	1	1,05	1	1	1	1,05
10,1-11,5	1	1	1	1,05	1	1	1	1,05
11,6 -	1	1	1	1,05	1	1	1	1,05

Tabell 6-20 Korrigering av olyckor beroende av siktklass för tvåfältsväg över 60 km/tim.

Kommentar: värden.

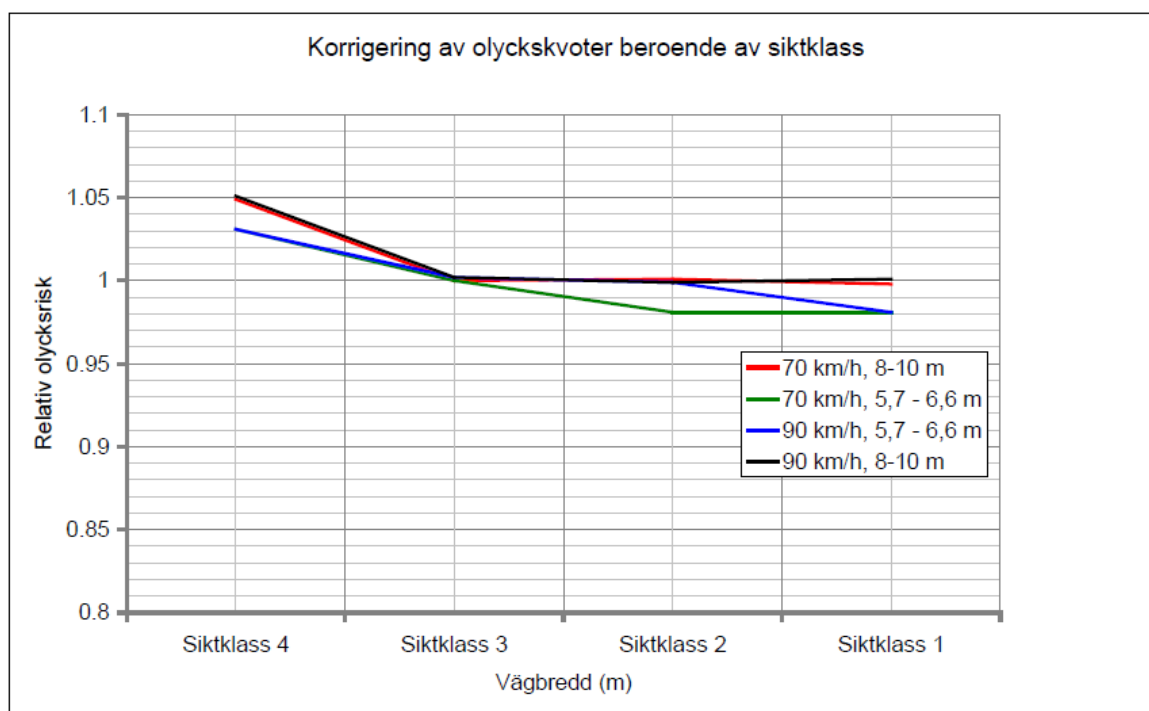
”Att med jämna mellanrum erbjuda omkörningssikt har setts som betydelsefullt vid vägprojektering. Samtidigt vet man att vid vissa siktsträckor så är man i en gränzon för huruvida omkörning kan göras säkert. Siktsträckor i intervallet 300-500 kallas dilemmasikt och bör undvikas. Med ett logiskt resonemang kan man då komma fram till att man bör kombinera radier och raksträckor så att man undviker dessa gränssfall.
”

6.3.1.4 Fri yta för säker framkomlighet

Det står lite om sikt här

6.3.3 Linjeföring/sikt

I figuren nedan har korrigeringsfaktorerna plottas för att visa hur olyckskvoterna förändras beroende på siktklass. Olyckorna minskar med förbättrad siktklass. Skillnaden mellan siktklass 4 och siktklass 1 är ca 5 %.



Figur 6-33: Korrigerig av olyckskvoter beroende av siktklass vid 70 och 90 km/h.

Precis som för breddsambandet i trafiksäkerhetsmodeller är det sannolikt att siktklass samvarierar med andra utformningsvariabler. Linjeföringen har t.ex. ett starkt samband med när vägen är byggd och även, som ovan nämnts, med gällande hastighetsgräns.

Detta har haft betydelse för möjligheterna att analysera effekter av linjeföringen med hjälp av historiska data.

VTI-meddelande 235 redovisade följande olyckskvotssamband baserat på regressionsanalyser utan före/efter-stöd för enstaka horisontalkurvor:

Kurvradie före åtgärd	Kurvradie efter förbättring		
	401-600 m	601-800 m	≥ 801 m
≤ 400 m	-25 %	-34 %	-37 %
401-600 m		-12 %	-16 %
601-800 m			-5 %

Tabell 6-42 Procentuell förändring av olyckskvot vid ändrad kurvradie, 70 km/h.

Kurvradie före åtgärd	Kurvradie efter förbättring				
	201-400 m	401-600 m	601-800 m	801-1000 m	1001-2000 m
≤ 200 m	-25 %	-40 %	-48 %	-52 %	-58 %
201-400 m		-20 %	-30 %	-37 %	-45 %
401-600 m			-12 %	-20 %	-30 %
601-800 m				-10 %	-20 %

Tabell 6-43: Procentuell förändring av olyckskvot vid ändrad kurvradie, 90 km/h.

I utredningen Alternativ 13 m väg inventerades bl.a. siktfördelning (andel>300 m respektive 500 m sikt) och linjeföringstyp klassad som harmonisk (dvs. med få eller inga raklinjeelement) för i princip alla 13 m sträckor i Sverige. Analysen indikerade att:

- harmonisk linjeföring har högre riskmått
- riskmått är lägre vid hög andel sikt>500 m och högre vid stor andel sikt 300-500 m.

Det är också uppenbart att kombinationer av linjeföringselement har betydelse. Det finns åtskilliga studier och teorier som hävdar att en enstaka skarp kurva på en väg med i övrigt god linjeföring är farligare än varje enstaka skarp kurva på en krokig väg. VGU innehåller ett antal regler för hur linjeföringselement bör kombineras och även hur skarpa kurvor bör utmärkas.

6.3.18 Viltåtgärder

Siktröjning har störst effekt på viltolyckor i dagsljus. Svenska studier visar på en total olycksreduktion på 23 % (10-35 %). Samma effekt på älg som på rådjur.

Trafikksikkerhetshåndboken TÖI

Kommentar: TÖI trafiksäkerhetshandbok (webversion 2016-11-01) hanterer sikt i "kap 1.13 Utbedring av vegers linjeføring og siktforhold". I dessa "effektsamband" finns siktsträckor (fri sikt) redovisade men underlaget pekar delvis åt olika håll. Exempelvis kan ökad sikt från under 200 m till över 200 m ökad olycksrisk. Man tar även upp problematik med "dilemma-zoner" och att ökad sikt kan ge negativa trafiksäkerhetseffekter.

TÖI sammanfattar trafiksäkerhetseffekter av "vägens linjeføring og siktforhold" med

- Siktlength har litet sammanhang med olycksrisk så länge inte något utanför synfältet kräver reaktion (ex sänka farten). Därför leder reducerad sikt i korsning som regel till ökad olycksrisk men för cirkulationer är det omvänt
- Det bästa för trafiksäkerheten verkar vara kurvor med stora radier (ca 1000 m) men med omkörningssikt.
- Centralt är hastighetsanpassning, exempelvis har i underökningar cirkulationsplatser med bra sikt högre olycksrisk.

”

Siktlength og siktforhold

1.13 Utbedring av vegers linjeføring og siktforhold

Siktlength og siktforhold påvirker hvor lang tid førere har for å kunne bremse eller stoppe kjøretøyet. Hvor lang siktlengthen bør være for å kunne stanse kjøretøyet ble beregnet av Fambro mv. (1997). Den minste nødvendige siktlengthen er avhengig av reaksjonstid og bremsestrekning (Figur 1.13.6).

Økning av siktlengthen på strekninger kan føre til økt, uendret eller redusert ulykkesrisiko. Økning av siktlengthen fra under 200 til over 200 meter førte til 23% (+4%; +46%) høyere ulykkesrisiko i to eldre undersøkelser (McBean, 1982; Nordtyp-projektgruppen, 1980). Denne sammenhengen gjelder for siktlengther under 1km. For siktlengther over 1 km er ulykkesrisiko konstant. Andre undersøkelser har ikke funnet noen sammenheng mellom siktlengthen og ulykker på vegstrekninger uten kryss (Glennon, 1987; Urbanik m.fl., 1989; Fitzpatrick m.fl., 2000). Fambro m.fl. (1997) fant ingen virkning av siktlengthen på ulykker når siktlengthen er omtrent like lang eller litt mindre enn den beregnede minimum, men økt ulykkesrisiko når siktlengthen er betydelig mindre enn anbefalt. En italiensk undersøkelse (Caliendo, 2001) fant redusert antall ulykker med økende siktlength på motorveger. Siktlengthen i disse undersøkelsene var stort sett avhengig av vegens linjeføring.

Undersøkelser av virkninger av sikt lengden i kryss viser at ulykkesrisikoen øker når det er sikthindre i kryss eller når sikt lengden foran krysset er kort, for eksempel når krysset ligger etter et høybrekk (Mayer & Bruce, 1988). Dette gjelder vikepliktsregulerte og høyreregulerte kryss, men ikke rundkjøringer eller toplankryss. I undersøkelsene av Fambro m.fl. (1989) og Urbanik m.fl. (1989) økte ulykkestallet i kryss etter en strekning med redusert sikt lengde pga høybrekk. Poch og Mannering (1996) har undersøkt virkningen av sikthindre i kryss. Undersøkelsen baseres på alle ulykker i 63 kryss i en periode på 7 år. Sikthindre omfatter objekter i midtdeleren eller langs vegen og horisontal eller vertikal kurvatur av vegen som forkorter sikt lengden som er nødvendig for sikker passering av krysset. Det er flere ulykker i kryss med sikthindre. Effekten er signifikant og det ble kontrollert for mange ulike geometriske egenskaper ved kryssene. Fambro m.fl. (1989) har undersøkt sammenhengen mellom sikt lengden og fart i kryss. Kjøre fart ble ikke påvirket av sikt lengden. Manglende tilpasning av fart til sikt lengde kan antas å være en forklaring på sammenhengen mellom sikt lengde og ulykkesrisiko. Virkning av siktforhold i rundkjøringer på ulykker ble undersøkt i Norge av Giæver (2000). Giæver har undersøkt 42 rundkjøringer i Norge. Siktforhold ble sammenlignet mellom rundkjøringer med spesielt høy ulykkesbelastning og uten ulykkesbelastning. Det viste seg at siktforholdene i rundkjøringer med høy ulykkesbelastning var bedre enn i rundkjøringer uten ulykker. Dette gjelder sikt til venstre i rundkjøringen og sikt bakover i forrige innfart. En annen undersøkelse (Schurr & Abos-Sanchez, 2005) fant reduserte farter etter beplantning av midtøya med sikt tett vegetasjon, noe som kan tenkes å føre til redusert ulykkesrisiko.

Mulige forklaringer på de inkonsistente effektene på strekninger er at sikt lengden kan påvirke kjøreatferd på forskjellige måter: Førere kan ta hensyn til sikt lengden ved å senke farten eller øke oppmerksomheten ved kort sikt lengde, og ved å øke farten ved lang sikt lengde. Dette kan medføre uendret eller økt ulykkesrisiko på veger med lang sikt lengde. Sikt lengden forover langs vegen er som regel svært tydelig for føreren og de fleste forstår at sterkt nedsatt sikt er et faremoment. På den annen side gjør økt sikt lengde det enklere å oppdage andre kjøretøy eller hindre på vegen, eller forandringer av vegens egenskaper, for eksempel kurver. Dette kan redusere ulykkesrisikoen på veger med lang sikt lengde. Undersøkelsen av Fambro m.fl. (1997) viste at redusert sikt lengde fører til redusert fart, men at fartsreduksjonen er mindre enn det som hadde vært nødvendig for å oppnå forsvarlig bremseveg ved gitt sikt lengde. Denne effekten kan bidra til at ulykkesrisikoen er lite påvirket av sikt lengden når det ikke er noe som gjør at farten bør settes ned (for eksempel et kryss), men at kort sikt lengde øker ulykkesrisikoen når dette fører til for lite tid for førerne til tilpasse farten .

Konklusjon: Sikt lengden har liten sammenheng med ulykkesrisiko så lenge ikke noe er utenfor synsvidde som krever reaksjoner (for eksempel fartsreduksjon). Derfor fører redusert sikt i kryss som regel til økt ulykkesrisiko. Dette er i motsetning til rundkjøringer, der redusert sikt fører til redusert ulykkesrisiko.

”

6 Stoppsträcka och friktion

6.1 Stoppsträcka

Vid en inbromsning beror stoppsträckan på ett flertal faktorer:

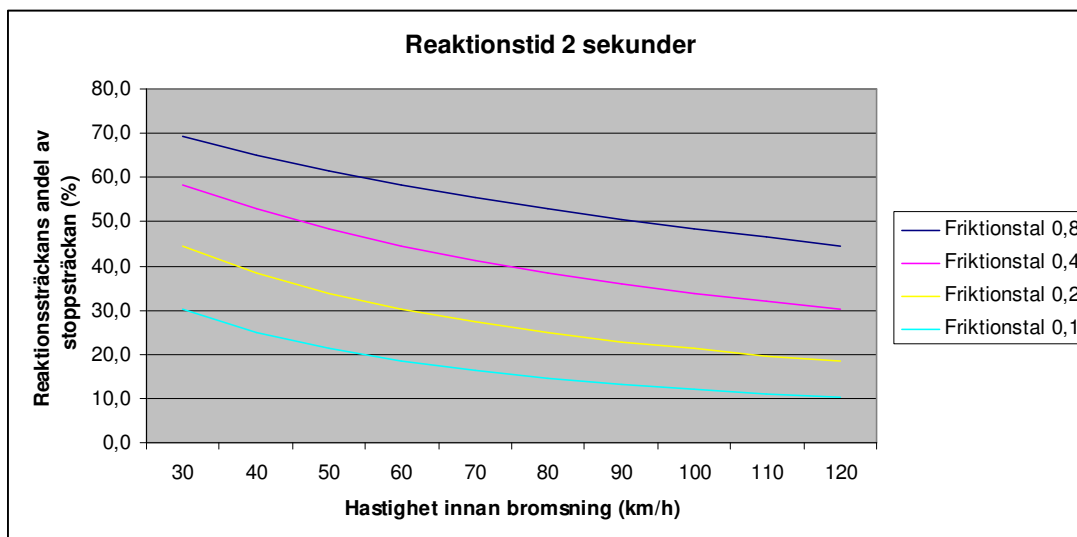
- Vägens egenskaper: vägbeläggning, linjeföring, ytemperatur, eventuell is/snö beläggning etc.
- Fordonets egenskaper: däck, bromsar, chassiegenskaper, viktfördelning, eventuella hjälpsystem som brake assist systems etc.
- Förarbeteende: reaktionstid, hur föraren trycker på bromspedalen (snabbt, hårt, statiskt eller pumpande), etc.

Stoppsträckan kan separeras i två huvudsakliga delar

Stoppsträcka = reaktionssträcka + bromssträcka

där reaktionssträckan är den sträcka som fordonet färdas med konstant hastighet under den tid det tar för föraren att reagera och flytta foten från gas- till bromspedal.

Bromssträckan är den sträcka som fordonet färdas från det att föraren tryckt på bromspedalen tills fordonet är stillastående. Vid låga hastigheter och bra väggrepp utgör reaktionssträckan den största delen av stoppsträckan, se Figur 2.1. När hastigheten ökar, eller när det tillgängliga väggreppet (friktionen) minskar så får bromssträckan en allt större betydelse.



Figur 2.1 Andel av totala stoppsträckan som utgörs av reaktionssträckan för olika friktionstal och hastigheter, med en reaktionstid på 2 sekunder. Bromssträckan är beräknad enligt ECE 13, se ekvation 5.

Givet en viss reaktionstid t kan reaktionssträckan beräknas enligt

$$\text{Reaktionssträcka} = 0,278 \cdot v \cdot t \quad (1),$$

där v är hastigheten i km/h.

Bromssträckan beror på de ovan nämnda faktorerna, men för att förenkla beskrivningen så brukar man beskriva det väggrepp som uppnås under inbromsningen med en parameter benämnd friktionstal. Friktionstalet innefattar då egenskaper hos vägytan, fordonets egenskaper (inklusive bromsar och däck), samt antagandet att föraren applicerar maximal kraft på bromspedalen. Friktionsmätningar under väl kontrollerade former har visat att friktionen är hastighetsberoende, men vid beräkningar av bromssträcka är det vanligt att friktionen antas vara konstant under hela inbromsningsförloppet. Konstant friktion innebär att fordonets retardation är konstant under inbromsningsförloppet, och bromssträckan kan då enkelt beräknas genom

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v^2}{2a} \quad (2)$$

där v är hastigheten (i m/s) och a är retardationen (m/s^2). Retardationen fås från friktionstalet f genom $a = f \cdot g$, där g är tyngdaccelerationen 9,81. Om man byter enhet på hastigheten till km/h så får man följande vanligt förekommande formler:

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v^2}{25,92 \cdot a} \quad (3)$$

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v^2}{254,28 \cdot f} \quad (4)$$

Det tar dock en viss tid för fordonet att uppnå konstant retardation från det att föraren applicerar tryck på bromspedalen, då bromstryck ska byggas upp i bromssystemet och för att däckkrafterna ska bli fullt utvecklade. Därför lägger man ibland till en term för att ta hänsyn till detta. I ECE reglemente 13 är bromssträckan definierad som

$$\text{Bromssträcka} = 0,1 \cdot v + \frac{v^2}{25,92 \cdot a} \quad (5)$$

där den första termen motsvarar just tiden för att retardationen ska uppnås.

Ovanstående formler för bromssträcka gäller på plan väg. När vägen har en longitudinell lutning så blir bromssträcka antingen kortare eller längre beroende på om det är nedförs- eller uppförslut. Hänsyn till detta kan tas genom att addera en term till friktionstalet:

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v^2}{254,28 \cdot (f \pm G)} \quad (6)$$

där G är vägens longitudinella lutning i procent dividerad med 100.

Ovanstående formel har ingått i AASHTO's Green book [AASHTO, 2004] för att beräkna stoppsiktsträcka. Modeller som använder sig av friktionstal har kritiserats [Fambro et al., 1997] då de inte ansetts representativa för en säker förarmiljö och säkert förarbete. Man menar också att det är svårt att motivera och validera en modell baserad på friktionsvärden. Istället har man föreslagit en modell som bygger på förarens retardationsnivå istället för friktionstalet. I AASHTO's version av Green book från 2004 har man därför ersatt friktionstalet med ett retardationsvärde, och har följande formel för siktstoppträcka, SSD:

$$SSD = 0,278 \cdot v \cdot t + \frac{v^2}{254 \cdot \left(\frac{a}{9,81} \pm G\right)} \quad (7)$$

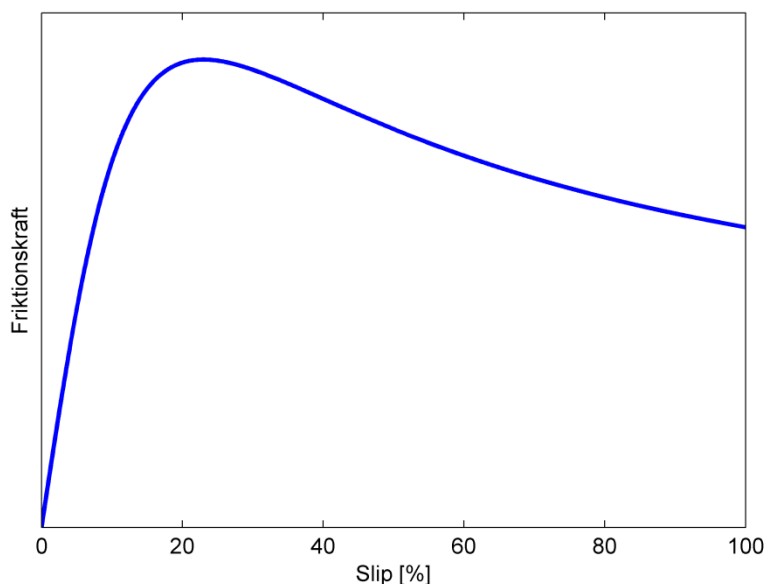
Notera att ingen hänsyn tagits till bromsansättnings tiden i detta uttryck. Om man även inkluderar ECE 13 reglementets term för bromsansättnings tid så skulle siktstoppträcka öka med ca 5-10% beroende på fordonets hastighet.

6.2 Ett däck's friktionstal

Storleken på den friktionskraft som ett givet däck kan generera är beroende av en mängd yttre faktorer såsom vägegenskaper, temperatur (däckets såväl som vägytans), däckets ringtryck, etc. Vidare så beror den faktiska friktionskraften på däckets specifika arbetsförhållande, dvs. hastighet, hjullast, bromsslip, slipvinkel (däckets riktning i förhållande till dess färdriktning vid kurvtagning) och cambervinkel.

Bromsslip, eller slip som det ofta benämns, är ett mått på däckytans glidning i förhållande till underlaget. Slippet definieras som den relativa skillnaden mellan hjulets rotationshastighet och fordonets hastighet. När ett hjul rullar med samma hastighet som fordonet (frirullande hjul) är slippet noll och ingen glidning sker mellan däck och underlag. Inga friktionskrafter verkar då på däckets. När broms appliceras börjar hjulet rotera långsammare än fordonshastigheten och glidning uppstår mellan däck och

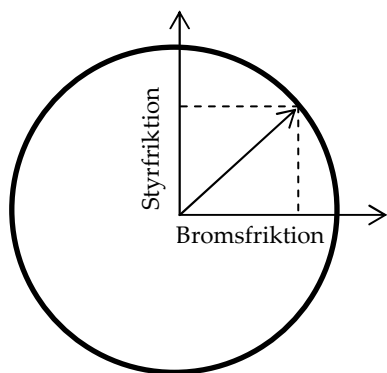
underlag vilket resulterar i en bromsande friktionskraft. Om hjullåsning inträffar under bromsningen blir rotationen noll och slipvärdet blir då 100 %. Maximal bromskraft fås ofta vid ett slipvärde mellan 10-20%, och är det område som en ABS-broms försöker hålla hjulrotationen inom. En schematisk bild över friktionskraften som funktion av slip visas i Figur 2.2.2.



Figur 2.2 Schematisk bild över friktionskraften som funktion av slip.

Den maximalt tillgängliga friktionskraften dividerat med hjulets normalkraft, även kallad peak-friktion eller friktion vid optimalt slip, används ofta som ett mått på den totala friktionen.

Vid kurvtagning så används en del av den totala friktionen till sidofriktion, vilket minskar den friktion som är tillgänglig för bromsning. En vanlig ansats är att broms- och sidofriktion utgör komponenter i den så kallade friktionscirkeln, se Figur 2.3. Cirkelns radie motsvarar då den totala friktionen.



Figur 2.3 Friktionscirkeln.

Sambandet mellan broms- och styrfriktion, f_b och f_s , ges då av

$$f_b = \sqrt{f_{tot}^2 - f_s^2} \quad (8)$$

De friktionstal eller retardationstal som används i olika länder för beräkning av siktstoppsträckor beskrivs i senare kapitel. Typiska friktions- och retardationsvärden för dagens fordon och vägar beskrivs nedan.

6.3 Friktionsmätningar

De friktionsmätningar som dagens värden i VGU baseras på utfördes av VTI under tidsperioden 1967 – 1969 på ett antal provsträckor i mellansverige [Lilja et al., 1971]. Mätningen utfördes med VTI:s friktionsmätvagn BV5 med ett diagonaldäck med inre lufttryck 1,4 bar och hjulbelastning 300 kp. Man mätte dels maximal bromskraft samt bromskraften vid låst hjul, vid olika hastigheter mellan 20 – 80 km/h för att fånga friktionens hastighetsberoende. För att ta hänsyn till vägytans variation med årstiden mättes varje mätsträcka tre gånger: på vår, sommar och höst. Mätningarna utfördes på våt vägyta och man gjorde skillnad på asfaltbetongvägar och vägar med ytbeläggning. Som synes i Figur 2.4 så var det en friktionsskillnad på 0,1 – 0,2 mellan olika vägar och och årstider. Man såg också ett kraftigt hastighetsberoende, speciellt för bromsning med låst hjul. Bromsning med optimalt slip (maximala bromskraften), vilket är mer relevant för dagens fordon med ABS bromsar, uppvisade en mindre variation med hastigheten.

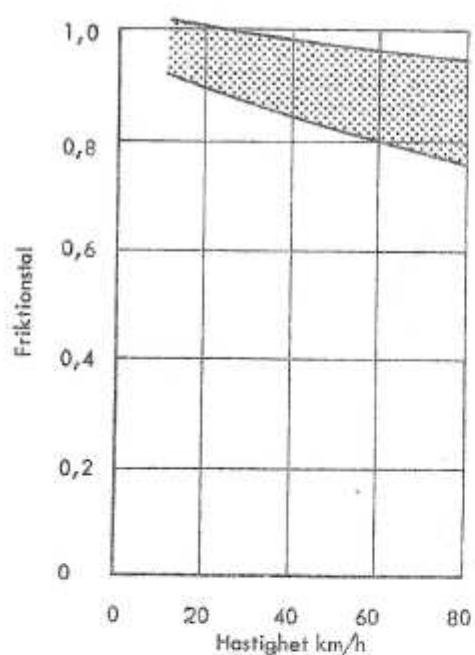


Fig 3. Variationsområde för asfaltbetong, opt. slip.

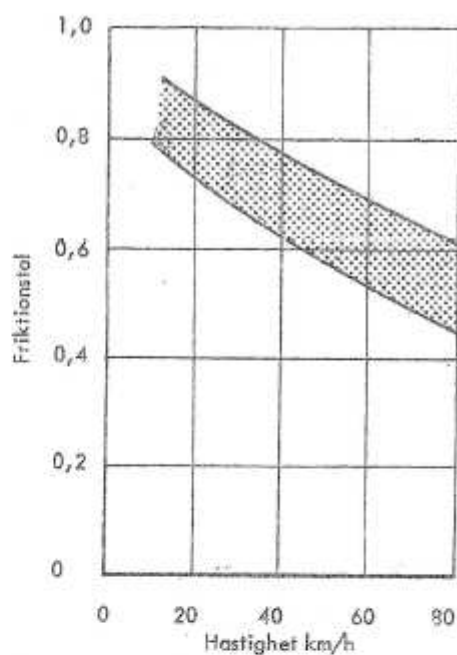


Fig 4. Variationsområde för asfaltbetong, låst hjul.

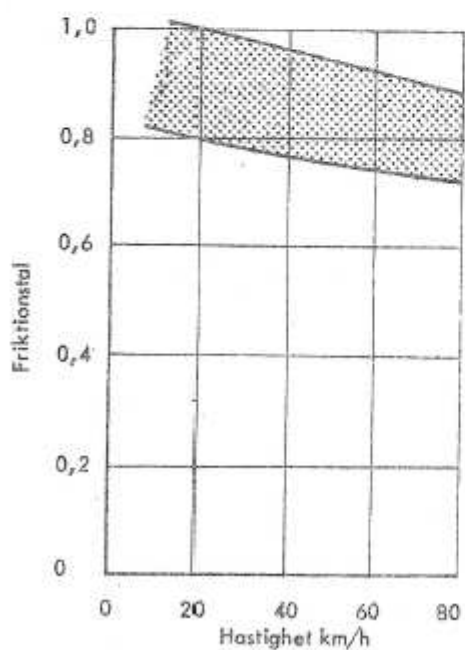


Fig 5. Variationsområde för ytbehandling, opt. slip.

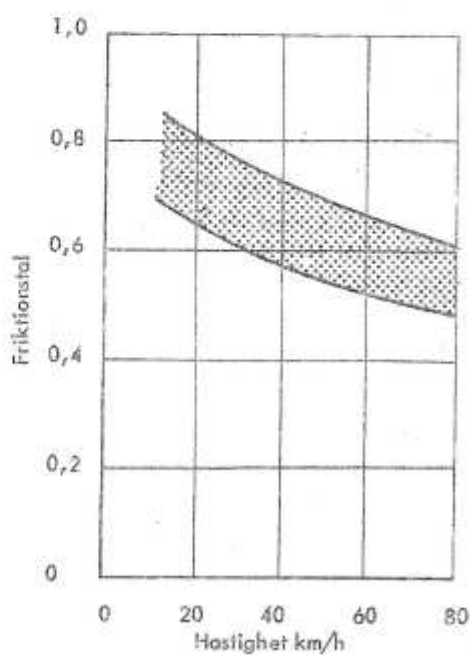


Fig 6. Variationsområde för ytbehandling, låst hjul.

Figur 2.4 Uppmätta friktionsområden för asfaltbetong respektive ytbehandling vid optimalt slip och låst hjul. Från [Lilja et al., 1971].

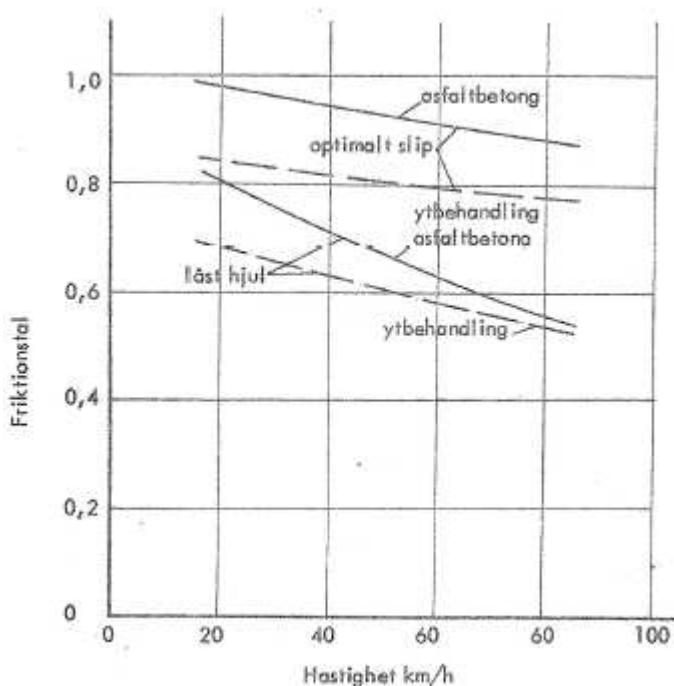
Med en multivariatregression kunde en formel tas fram för att beskriva friktionen för de två vägtyperna där hänsyn till hastighet, årstid, vägytans ålder samt läge (skyddat eller oskyddat) kunde tas.

$$\text{Friktionen} = A \cdot e^{-B \cdot v} \quad (9)$$

där v är hastigheten och A och B är konstanter. Högst friktion uppmättes på våren, och tabellen nedan visar konstanterna A och B för detta fall på en ett år gammal vägbeläggning. Friktionens variation med hastigheten visas i Figur 2.5.

Tabell 2.1: Konstanter till ekv. 9 för vägfriktion på våren för en ett år gammal beläggning och öppet läge.

Konstant	Asfaltbetong		Ytbehandling	
	Opt slip	Låst hjul	Opt slip	Låst hjul
A	1,02	0,92	0,87	0,75
B	0,0018	0,0063	0,0014	0,0041



Figur 2.5 Friktionen på asfaltbetong och ytbehandling. Ett år gamla beläggningar, på våren och öppet läge. . Från [Lilja et al., 1971].

För att ta hänsyn till förändrade förutsättningar som årstid, belägningsålder och läge togs följande korrektionsfaktorer fram, som ska multipliceras med ekvation 9, dvs

$$\text{Friktionen} = K_{\text{ålder}} \cdot K_{\text{årstid}} \cdot K_{\text{läge}} \cdot A \cdot e^{-B \cdot v} \quad (10)$$

Tabell 2.2 Korrektionsfaktorer för ekv. 12.

Korrektionsfaktor	Beskrivning	Asfaltbetong		Ytbehandling	
		Opt slip	Låst hjul	Opt slip	Låst hjul
$K_{\text{ålder}}$	1 år gammal	1	1	1	1
	6 år gammal	0,99	1	1,04	1,03
$K_{\text{årstid}}$	Vår	1	1	1	1
	Sommar	0,95	0,95	0,93	0,94
	Höst	0,97	0,97	0,95	0,96
$K_{\text{läge}}$	Skyddat läge	0,99	0,95	1,04	1,02
	Öppet läge	1	1	1	1

I "Färdtekniska grundvärden och linjeföring", [Vägverket, 1983], utgår man från konstanterna i Tabell 2.1 gällande låst hjul-bromsning på asfaltbetong. För att ta hänsyn till olika årstider och ålder på vägbanorna använde man inte korrektionsfaktorerna ovan, istället justerade man ner friktionen från ekvation 10 med en faktor 2/3. Denna nedjustering skulle också innefatta fordonvariationer såsom slitna däck, för lågt däcktryck etc. Den totalt tillgängliga friktionen vid låst hjulbromsning blir då

$$F_{\text{tot}} = 0,62 \cdot e^{-0,0063v} \quad (11)$$

Detta ansågs vara den totalt tillgängliga friktionen. Vidare, då endast en del av den totala friktionen är tillgänglig för bromsning under kurvtagning, behövde sidofriktionskrafterna subtraheras från den totalt tillgängliga friktionen. För att få ett mått på sidofriktionskrafterna utgick man från vilka laterala accelerationsnivåer som kan anses acceptabla, dvs. inte obekväma. Med utgångspunkt från att 0,1 g lateral acceleration är acceptabel vid höga färdhastigheter (100 km/h), och att man kan acceptera högre laterala accelerationer vid lägre hastigheter (0,2 g vid 40 km/h antogs), gjorde man följande konstruktion för den sidofriktion som anses acceptabel vid olika hastigheter:

$$f_s = 0,28 \cdot e^{-0,0096v} \quad (12)$$

För att få kvarvarande friktion vid bromsning under samtidig kurvtagning subtraherades den acceptabla sidofriktionen från totalfriktionen enligt teorin för friktionscirkeln, se ekvation 8. Resultat kunde sedan approximeras med ett nytt exponentialuttryck:

$$F_{\text{broms}} \approx 0,55 \cdot e^{-0,0057v} \quad (13)$$

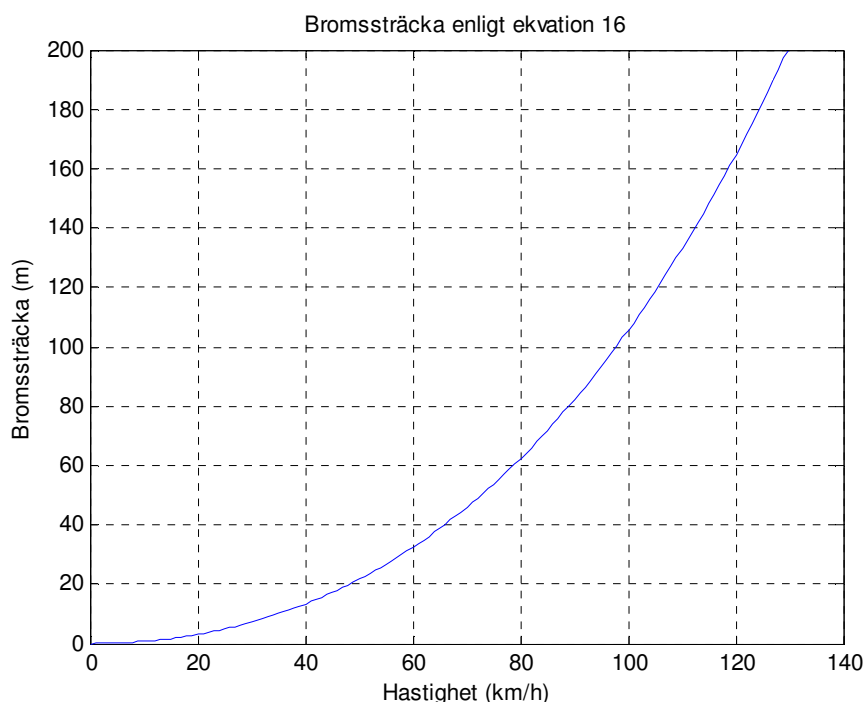
Detta ledde således till att även koefficienten för hastighetsberoendet har ändrats jämfört med den totalt tillgängliga friktionen. Det är förvisso helt riktigt att de tillgängliga bromsfriktionskrafterna minskar vid kurvtagning. Det är dock vanskligt att basera resonemanget på låst hjul bromsning, då en sådan bromsning i praktiken leder till förlust av sidkrafterna med en avåkning som följd. Ett fordon utrustad med ABS-bromsar kan däremot bromsa kraftigt under kurvtagning utan att förlora styrförmågan.

Då friktionsvärdet enligt ekvation 13 är hastighetsberoende kan inte ett konstant friktionsvärde direkt användas för att bestämma bromssträcka enligt tidigare formler. Bromssträcka kan dock integreras fram från ekvation 13:

$$\text{Bromssträcka} = 440,16 \cdot ((1 - 0,0057 \cdot v_2) \cdot e^{0,0057 \cdot v_2} - (1 - 0,0057 \cdot v_1) \cdot e^{0,0057 \cdot v_1}) \quad (14)$$

vid inbromsning från starthastighet v_1 till sluthastighet v_2 , givna i km/h.

Bromssträcka för inbromsning till stillastående enligt ekvation 16 visas nedan i Figur 2.6.



Figur 2.6 Beräknad bromssträcka till stillastående enligt bromsfriktion definierad i [Vägverket 1983].

För att förenkla bestämningen av bromssträcka har man därför i [Vägverket, 1983] skapat en tabell med *genomsnittliga* friktionstal som kan användas vid beräkning av bromssträcka vid inbromsning från starthastighet v_1 till sluthastighet v_2 , se Tabell 2.3. Följande formel används då:

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{254,28 \cdot (f \pm G)} \quad (15)$$

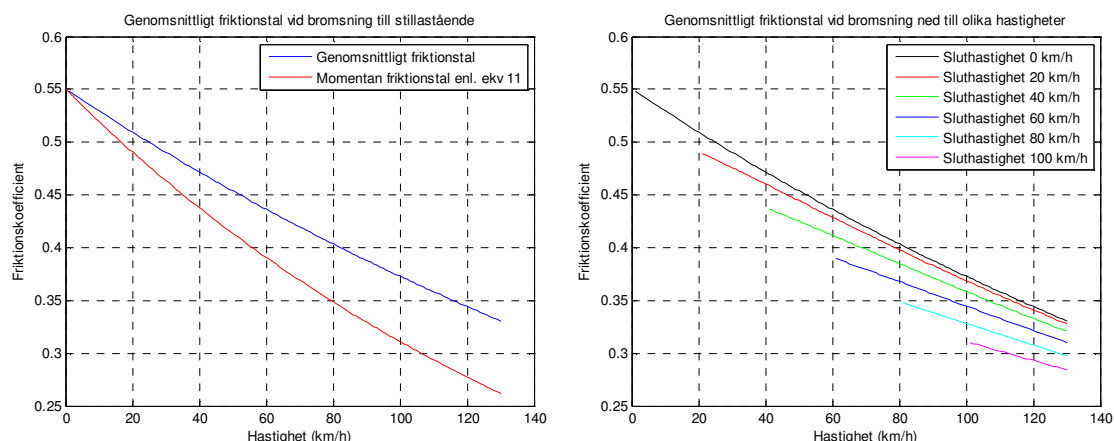
Siffrorna i tabellen överensstämmer med de resultat man får om man använder ekvation 14. Det bör poängteras att man i denna tabell har skapat en modell för friktionstalet inom hastighetsintervallet 10-130 km/h, baserat på friktionsmätningar utförda i hastighetsintervallet 20-80 km/h. Så pass kraftiga extrapoleringar brukar normalt vara vanskliga att göra.

Värt att notera är också att man i den gällande beskrivningen av vägars och gators utformning [Vägverket, 2004] använder sig av en liknande tabell för dimensionerande bromsfriktion, men att värdena i den tabellen är något justerade jämfört med ursprungstabellen.

Tabell 2.3 Genomsnittligt friktionstal och medelretardation vid inbromsning från hastighet V_1 till hastighet V_2 [Vägverket, 1983]. (I den gällande beskrivningen av vägars och gators utformning [Vägverket, 2004] används något justerade värden på bromsfriktionstalen)

		Från V_1 (km/h)													Bromsfriktionstal (f)	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Från V_1 (km/h)	0		0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	0
	10	5.20		0.50	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	10
	20	5.00	4.94		0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.33	20
	30	4.81	4.77	4.67		0.45	0.44	0.42	0.41	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	30
	40	4.63	4.60	4.52	4.42		0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	40
	50	4.46	4.43	4.36	4.28	4.17		0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	50
	60	4.29	4.26	4.21	4.13	4.04	3.94		0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.32	0.31	60
	70	4.12	4.10	4.06	3.99	3.91	3.82	3.73		0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30	70
	80	3.96	3.95	3.91	3.85	3.78	3.70	3.61	3.52		0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	80
	90	3.81	3.80	3.76	3.71	3.65	3.58	3.50	3.41	3.32		0.32	0.31	0.30	0.29	90
	100	3.66	3.65	3.62	3.58	3.52	3.46	3.38	3.31	3.22	3.14		0.30	0.29	0.28	100
	110	3.52	3.51	3.48	3.44	3.39	3.33	3.27	3.20	3.12	3.05	2.97		0.29	0.28	110
	120	3.38	3.37	3.35	3.31	3.27	3.22	3.16	3.09	3.02	2.95	2.88	2.80		0.27	120
	130	3.25	3.24	3.22	3.19	3.15	3.10	3.05	2.99	2.93	2.86	2.79	2.72	2.65		130
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
		Medelretardation (m/s ²)													Till V_2 (km/h)	

En jämförelse mellan det genomsnittliga friktionstalet vid fullständiga inbromsningar från olika hastigheter, med det momentana friktionstalet från ekvation 13 görs i Figur 2.7. Som framgår av figuren så sjunker det genomsnittliga friktionstalet med ökad ingångshastighet. Friktionen är dock högre, och avtar inte lika kraftigt med hastigheten, som det momentana friktionstalet från ekvation 13.



Figur 2.7: Genomsnittligt friktionstal som funktion av hastighet innan bromsning, som används vid beräkning av bromssträcka i [Vägverket 1983]

6.4 Modell för bromssträcka utifrån Svenska friktionsmätningar

För att ta fram en bromssträcka-modell relevant för svenska förhållanden utgår vi från uppmätt friktion på de svenska vägarna. Utifrån detta görs en uppskattning av vilken lägsta bromsfriktion en personbil kan antas ha, där inverkan av däcktyp, däckslitage och fordonsvariationer inkluderas. Hänsyn tas också till att de tillgängliga bromskrafterna minskar något vid kurvtagning. Slutligen så inkluderas en säkerhetsfaktor för att ta hänsyn till olika förarbeteende (det är välkänt att de flesta förare inte uppnår maximal bromsverkan vid panikbromsning då de inte trycker tillräckligt hårt på bromspedalen). Vidare förutsätter vi att fordonen är utrustade med ABS-bromsar, vilket innebär att bromsfriktionen inte varierar med hastigheten, samt att samtidig bromsning och kurvtagning kan utföras.

Mätningar har visat att friktionsvärdet på det svenska vägnätet mätt med SAAB Friction Tester (SFT) normalt inte understiger 0,6. Vid jämförelse mellan SFT och maxfriktion för personbilsdäck (se **Fel! Hittar inte referenskälla.**) så motsvarar 0,5 SFT-friktion ca 0,75 – 0,80 i maximalt tillgänglig friktion på våt asfalt för tre bra sommardäck, varav ett nytt och två begagnade. För att ta hänsyn till minskat väggrepp på grund av däcktyp och däckslitage, minskar vi den maximala friktionen med 15% i enlighet med resultaten från VTI:s stora jämförelse av olika däck. En representativ maximal friktion blir då 0,65 för ett dåligt däck vid inbromsning på en väg med STF-friktion 0,5. Det är oklart hur personbilsdäckens friktion skalar med SFT-friktionen. En ökning av SFT-friktionen från 0,5 till 0,6 innebär en 20 % ökning. En motsvarande ökning av den representativa maximala friktionen för ett dåligt däck, skulle ge en maximal friktion på 0,78. På grund av ovissheten angående skalningen, samt för att ta hänsyn till att en ABS-broms oftast inte kan uppnå fullt maximal friktion vid inbromsning sänker vi detta värde till 0,70.

Vid kurvtagning så används dock en del av den totala friktionen till sidofriktion, vilket minskar den friktion som är tillgänglig för bromsning. Vid dimensionering av tillgänglig bromsfriktion måste därför hänsyn tas till att det alltid finns tillräcklig friktion kvar för kurvtagning. Baserat på de uppmätta friktionsvärdena och Trafikverkets riktlinjer för vägars kurvradier visar vi nedan varför ett dimensionerande bromsfriktionsvärde på 0,65 är rimligt vid kurvtagning.

Enligt tidigare resonemang (Se underlagsrapport) om en sidoacceleration som anses acceptabel (icke obekväm) tog Trafikverket fram ekvation 14 för att beskriva maximalt utnyttjad sidofriktion vid acceptabla accelerationsnivåer.

$$f_s = 0,28 \cdot e^{-0,0096 \cdot v} \quad (14)$$

Baserat på denna nivå så har man tagit fram riktlinjer för minsta horisontalradier och tvärfall på vägen enligt följande approximativa formel:

$$R = \frac{V^2}{g \cdot (f_s + E)} \quad (15)$$

Där R=horisontal radie, V=hastighet (km/h), E=skevning (tvärfall).

För att förenkla bestämningen av bromssträcka har man därför [Vägverket, 1983] skapat en modell med *genomsnittliga* friktionstal som kan användas vid beräkning av bromssträcka vid inbromsning från starthastighet v_1 till sluthastighet v_2 , tabellvärden ej redovisade här. Följande formel används då:

$$\text{Bromssträcka} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{254,28 \cdot (f \pm G)} \quad (16)$$

I tabellen nedan ges de dimensionerande minsta horisontalradierna för vägar med olika referenshastigheter V_R och skevning,

Tabell 2.4. Trafikverkets dimensionerade minsta horisontalradier för vägar med olika referenshastigheter [Vägverket 2004]

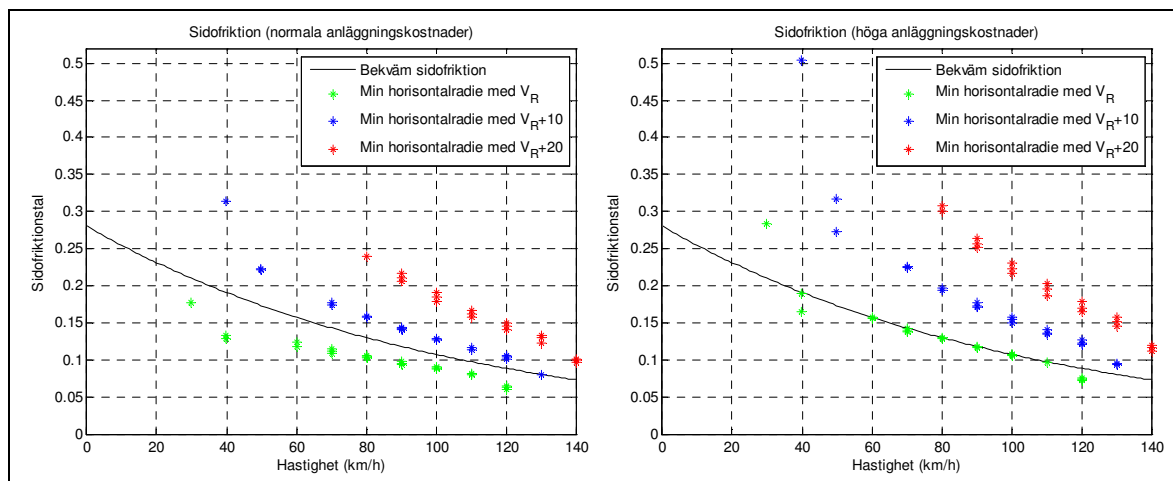
V_R (km/tim)	Skevning E (%)	Minsta horisontalradie (m) vid nybyggnad med normala anläggnings-kostnader och normala intrång	Minsta horisontalradie (m) vid förbättring alternativt nybyggnad*) med höga anläggningskostnader och/eller stora intrång
120	5.5	985	885
	4.0	1105	990
	2.5	1265	1125
110	5.5	705	625
	4.0	785	695
	2.5	900	780
100	5.5	555	485
	4.0	610	540
	2.5	685	595
90 **)	5.5	430	370
	4.0	470	405
	2.5	520	450
80	5.5	320	275
	4.0	350	300
	2.5	385	325
70 ***)	5.5	235	200
	4.0	255	215
	2.5	275	230
60	4.0	180	145
	2.5	190	155
40	4.0	75	55
	2.5	80	66
30		40	25

*) Endast efter TrVs godkännande.

**) Avser förbättring av befintliga 90 vägar

***) Avser förbättring av befintliga 70 vägar eller nybyggnad av lokalvägar

Med data från Tabell 5.3 kan det sidofriktionstal som krävs för kurvtagning i olika hastigheter beräknas med ekvation 15. Resultaten presenteras i Figur för dels för vägarnas referenshastighet V_R , samt några högre hastigheter. Den sidofriktion som anses bekväm (eller acceptabel) enligt ekvation 1 har inkluderats i graferna som referensnivå. Figurerna ska tolkas så att ett fordon framförs med en hastighet enligt grafernas x-axel. Vid exempelvis framförande i 100 km/h så motsvarar de gröna markörerna en väg med referenshastighet 100 km/h, de blå motsvarar en väg med referenshastighet 90 km/h och de röda markörerna referenshastighet 80 km/h.



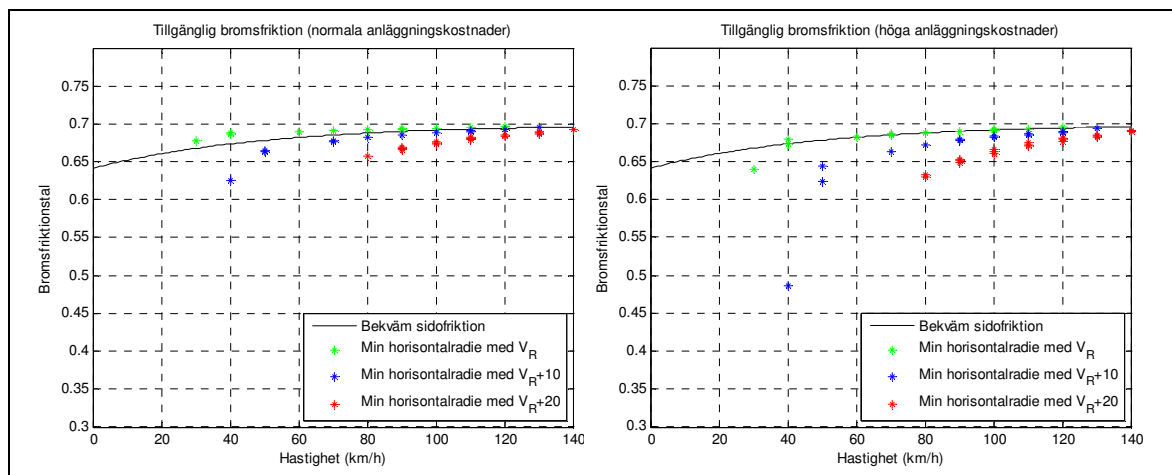
Figur 2.8. Det sidofriktionstal som krävs för kurvtagning i olika hastigheter

Det är tydligt att om ett fordon inte överskrider vägens referenshastighet så krävs inte heller ett sidofriktionstal som är högre än den bekväma nivån. Om fordonet istället framförs vid en högre hastighet så fordras högre friktionsnivåer. Det måste påpekas att de dimensionerande minsta kurvradierna för lägre hastigheter (< 60 km/h) innebär riktigt snäva kurvor (som rondeller) där det är orealistiskt för ett fordon att färdas avsevärt fortare än referenshastigheten.

Givet ett värde på totalfriktionen kan den tillgängliga bromsfriktionen bestämmas efter att kraven på sidofriktion uppfyllts enligt teorin för friktionscirkeln. Totalfriktionen har enligt resonemanget ovan satts till 0,7, och för sidofriktionstalet f_s används den bekväma sidofriktionsnivån enligt ekvation 1. Det går också att beräkna tillgänglig bromsfriktion för de fall där fordonet framförs vid en högre hastighet än den dimensionerade. Från ekvation 2 kan man då lösa ut den aktuella sidofriktion som används:

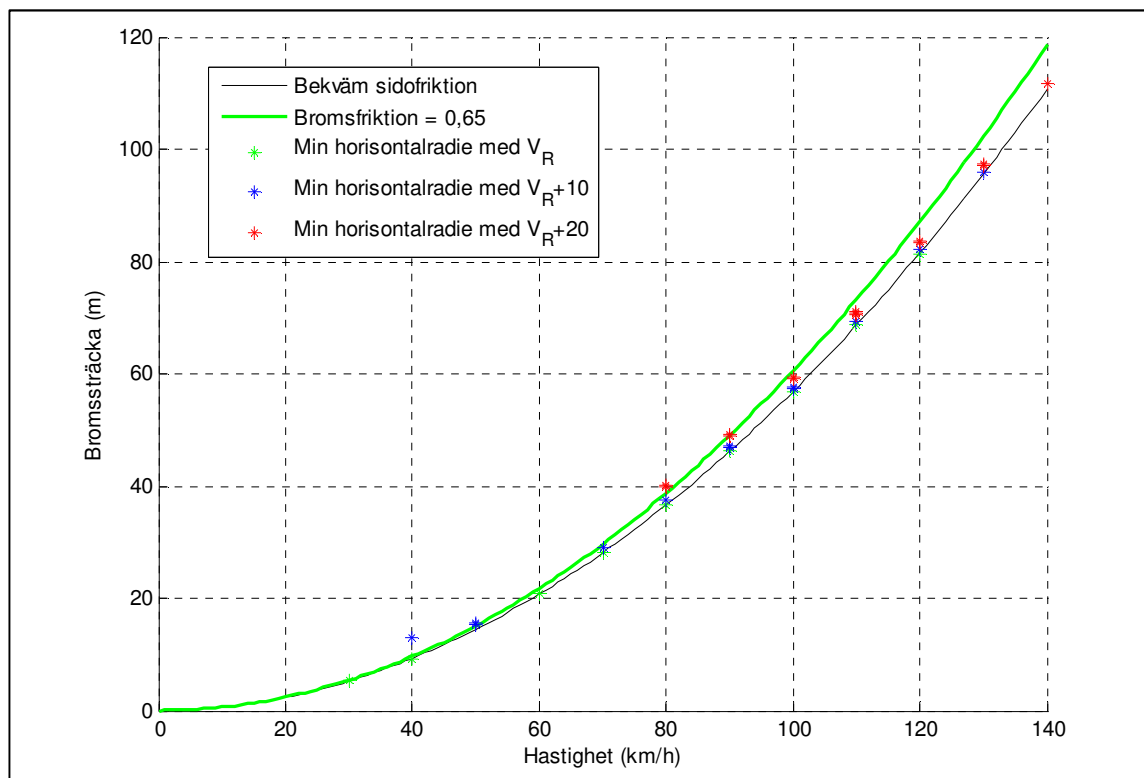
$$f_s = \frac{V^2}{g \cdot R} - E \quad (17)$$

Den tillgängliga bromsfriktionen, beräknad enligt ovan, visas i Figur . Från figuren framgår att nästan samtliga studerade fall med hastigheter upp till 20 km/h över vägens referenshastighet innebär en tillgänglig bromsfriktion över 0,65.



Figur 2.9. Tillgänglig bromsfriktion efter att kraven på sidofriktion tillgodosetts, med totalfriktion på 0,7.

Bromssträcka för inbromsning till stillastående i kurva med kurvradie i överensstämmelse med bekväm sidofriktion visas i Figur tillsammans med bromssträckor för det konstanta bromsfriktionstalet 0,65. Som jämförelse plottas också bromssträckor med tillgänglig bromsfriktion vid kurvtagning från Figur 2.9 (höga anläggningskostnader). Det framgår från figuren att med ett dimensionerande bromsfriktionstal på 0,65 så finns det marginal att framföra ett fordon i kurva vid en hastighet 20 km/h över vägens referenshastighet och ändå kunna bromsa fordonet inom den dimensionerade bromssträckan.



Figur 2.10. Bromssträcka med konstant ansatt bromsfriktion

Utöver däckerna finns också ytterligare ett antal fordonsrelaterade parametrar som för den enskilde bilisten kan påverka stoppsträckan. I en nyligen utförd dansk studie (Greibe 2007) listar man de viktigaste ytterligare parametrarna:

- Bilmodell
- Lastat eller olastat fordon
- Vindförhållanden
- Temperatur hos däck och bromsar

Från resultat av olika studier av dessa parametrar gör Greibe (Greibe 2007) en ansats om ett fordonsrelaterat inkrement på totalt sett 45 %, där 30 % härstammar från däckvariationer och 15 % från fordonsvariationer. Ett beteendepåslag på 30 % adderas också.

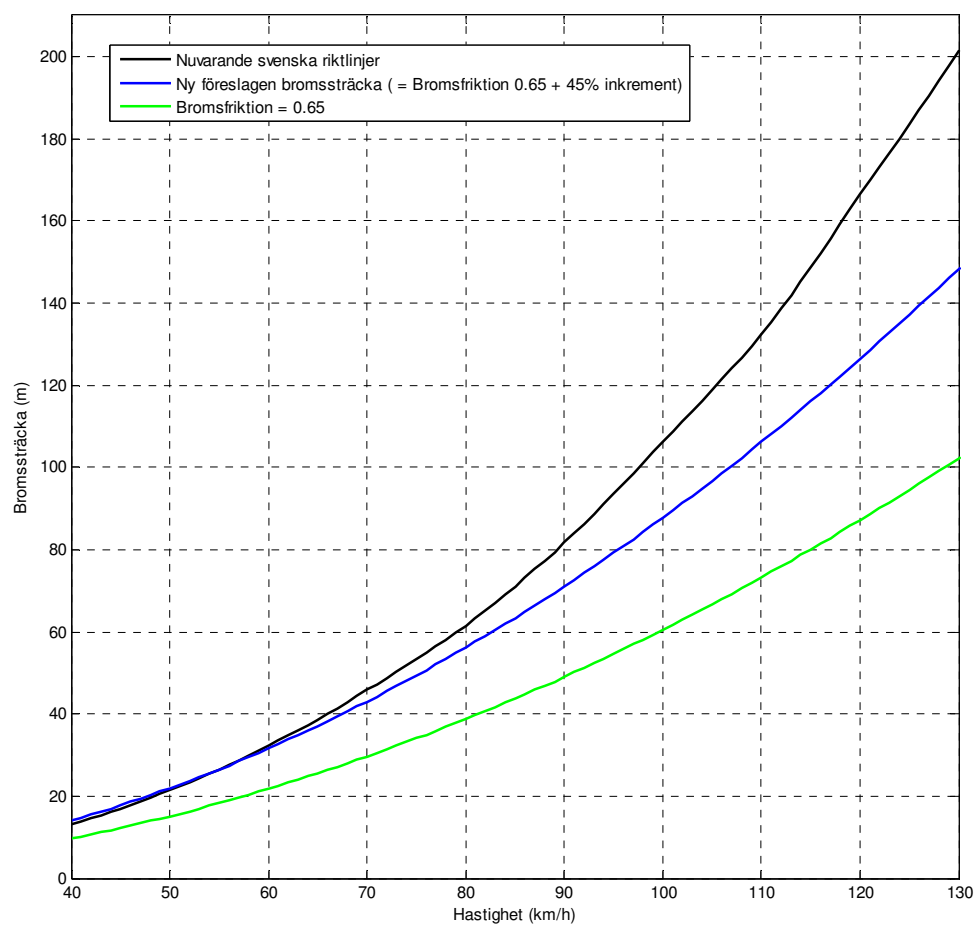
Vi har inga ytterligare studier av hur fordonsparametrarna ovan kan påverka bromssträckan, utan väljer ett fordonsinkrement på 15 %, samt i enlighet med Greibes studie ett beteendepåslag på 30 %, vilket totalt ger 45 % inkrement.

En ny föreslagen bromssträcka för det svenska vägnätet beskrivs då av ekvation 16, med friktionstalet 0,65 och ett inkrement på 45 %. Detta resulterar i följande formel

$$Bromssträcka = 1,45 \cdot \frac{v_1^2 - v_2^2}{254,28 \cdot (0,65 \pm E_n)} \quad (18)$$

där v_1 är hastighet innan bromsning och v_2 är hastighet efter bromsning (km/h) och E_n är vägens longitudinella lutning i procent dividerad med 100. För bromsning till stillastående sätts v_2 till noll.

I Figur visas en jämförelse för bromsning till stillastående mellan nuvarande riktlinjer för den nya föreslagna bromssträckan, för olika starthastigheter. Som synes är det först vid hastigheter på ca 70 km/h som den nya föreslagna bromssträckan blir tydligt kortare än de nuvarande riktlinjerna. Vid 90 km/h blir den nya bromssträckan ca 10 meter kortare än den nuvarande, och vid 110 km/h ca 26 meter kortare.



Figur 2.11. Beräknad bromssträcka vid bromsning till stillastående vid en minimifriktion på 0,65, inklusive 45 % inkrement.

7 Grundvärden för stoppsikt och geometri

7.1 Grundvärden för stoppsikt

I Sverige grundar sig dagens värden i VGU på studier primärt utförda under 60- och 70-talet. Dessa är dokumenterade i "Färdtekniska grundvärden och linjeföring", (Vägverket, 1983). Nuvarande värden kommer inte att redovisas i detalj här, dessa finns i VGU respektive ovan nämnda referens.

Små justeringar har skett sedan dess. 2008 justerades den dimensionerande friktionen för att en harmonisering skulle ske mellan VVK Väg (Vägverket 2009) och VGU, men bara för vänsterkurva på MV med mittremsa och räcke (Vägverket, 2006).

Därför initierades ett projekt som innehåller en detaljerad iterativ beräkning av minivertikalgeometri (SEMLA) samt en generalisering av beräkning av vertikalgeometrin utifrån VETO. En del av arbetet bestod i att koppla VETO till SEMLA samt koppla LICCER till SEMLA. VETO är en gammal men oerhört väl kalibrerad och validerad modell för beräkning av bränsle, energi och emissioner beroende på geometri. För att kunna beräkna byggenergin skapades en vägöverbyggnadsmodell samt en DoU-modell.

Vid beräkning används 2/3 av uppmätta friktionsvärden på relativt nybelagda vägar med bra däck vid vått väglag och låsta hjul. VVK Väg kräver för större ytor, $> 2 \text{ m}^2$, ett friktionstal $> 0,5$. VGU dimensionerar således för ca 80 % av detta värde. Justeringen som då gjordes använder således 3/4 av dimensionerande bromsfriktion istället för 2/3.

Justeringar gjordes även av objekthöjd från 0,2 (0,35) till 0,75 m, en tänkt höjd för bakre bromsljus. Detta gav en tabell enligt Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Stoppsikt som funktion av lutning och referenshastighet.

VR/Längslutning	Låg			Mindre god			God		
	-3 %	0 %	3 %	-3 %	0 %	3 %	-3 %	0 %	3 %
110 till 0	190	180	170	205	195	185	230	215	205
110 till 50	170	160	150	185	175	170	205	195	185
90 till 0	130	125	120	140	135	130	160	150	145
90 till 50	110	105	100	120	115	110	135	130	125
70 till 0	85	80	75	90	90	85	105	100	95

Stoppsiktlängderna för buss är betydligt längre än stoppsikt för personbilar. I vertikalkurva kompenseras de ökade siktlängderna delvis av högre ögonhöjd för bussförare.

Lastbilars bromskapacitet är ofta låg jämfört med personbilar, t ex är gränsen för körförbud en retardation på 3 m/s^2 vid flygande inspektioner. Tidsåtgången från bromspedalanläggning tills dess fullt bromstryck utbildats på bakhjulen på ett 24 m-fordon kan vara upp mot 2 sekunder.

En bromsning från 70 km/h med 2 sekunders reaktionstid, 2 sekunders bromsverkanstid och 3 m/s^2 retardation ger en bromssträcka på 140 m att jämföra med dimensionerande stoppsikt på 85-115 m. I konvexa vertikalkurvor kompenseras delvis den längre stoppsträckan av att föraren sitter högre och därför ser längre än personbilsförarna. Är sikten i horisontalkurvor begränsad av vertikala hinder finns ingen kompensation.

Höjdtillägg för vegetation bör också göras med hänsyn till den vegetation som planeras för sidoområdet, dock minst 0,5 m. Om siktlinjen når utanför vägområdet bör markåtkomst för siktröjning säkerställas.

7.2 Nya grundvärden för stoppsikt

I Sverige grundar sig dagens värden i VGU [Vägverket 2004] på studier primärt utförda under 60- och 70-talet. Dessa är dokumenterade i "Färdtekniska grundvärden och linjeföring", [Vägverket, 1983]. Nuvarande värden kommer inte att redovisas i detalj här, dessa finns i VGU respektive ovan nämnda referens.

Små justeringar har skett sedan dess. 2008 justerades den dimensionerande friktionen för att en harmonisering skulle ske mellan VVK Väg [Vägverket 2009] och VGU, men bara för vänsterkurva på MV med mittremsa och räcke [Vägverket, 2006].

Den nya beräkningsmodellen, ekvation 5, samt ett totalt inkrement på 45 % ger en ny uppsättning värden för stoppsikt som jämförs med de gamla i Tabell 3.2 nedan.

Tabell 3.2. Jämförelse mellan nya och gamla värden på stoppsikt för 0 % lutning, sluthastighet 0 km/h , VR+10 km/h och 2 sekunders reaktionstid

Hastighet (km/h)	Stopsikt (m)					
	God		Mindre god		Låg	
	Ny	Gammal	Ny	Gammal	Ny	Gammal
120	225	-	190	-	160	-
110	195	235	165	215	140	195
100	170	-	140	-	120	-
90	145	165	120	150	100	135
80	125	-	100	-	80	-
70	105	110	80	95	65	85

Värdena ovan baseras på en reaktionstid enligt TrVK Vägutformning, som varierar mellan 1 och 2 sekunder.

Reduktionen för stoppsikten är 5-15 % med den övre siffran för de högre hastigheterna.

7.3 Nya grundvärden för vertikalgeometri

För att beräkna konvex vertikalkurva har ekvation 19 använts.

$$R_{kovex} = \frac{S^2}{2 \cdot (a^{0,5} + (b - 0,00029 \cdot S)^{0,5})^2} \quad (19)$$

Där S är stoppsikten, a är ögonhöjd och b är hinderhöjd. En noggrannare analys kan också göras för att ta hänsyn till den varierande lutningen i vertikalkurvan, detta har ej gjorts i detta skede. Denna mer komplicerade beräkning, iterativ beräkning, blir aktuellt om en optimering av vertikalkurvaturen görs.

Tabell 3.3. Jämförelse mellan nya och gamla värden minimiradie för konvex vertikalkurva

Hastighet (km/h)	Minimiradie för konvex vertikalkurva (m)					
	God		Mindre god		Låg	
	Ny	Gammal	Ny	Gammal	Ny	Gammal
120	15000	-	10000	-	7000	-
110	11000	16000	8000	13000	6000	11000
100	8000	-	6000	-	4000	-
90	6000	7000	3800	6000	2600	5000
80	3700	-	2600	-	1700	-
70	2600	3000	1700	2300	1100	1800

Jämförs detta med förslag med nya RAL så ligger våra nya framräknade värden för "Mindre god" på ungefär samma nivå.

För beräkning av konkav vertikalkurva har ekvation 20 använts.

$$R_{kovex} = \frac{S^2}{2 \cdot (u \cdot S + c - 0,00029 \cdot S)} \quad (20)$$

Där S är stoppsikten, u är strålkastarens spridningsvinkel och c är strålkastarhöjd. En noggrannare analys kan också göras för att ta hänsyn till den varierande lutningen i vertikalkurvan, detta har ej gjorts i detta skede. Denna mer komplicerade beräkning, iterativ beräkning, blir aktuellt om en optimering av vertikalkurvaturen görs. Parametern u har använts för traditionell vanlig strålkastarkonstruktion, med den nya teknologin Xenon blir spridningsvinkeln mindre.

Tabell 3.4. Jämförelse mellan nya och gamla värden minimiradie för konkav vertikalkurva

Hastighet (km/h)	Minimiradie för konkav vertikalkurva (m)			
	God		Låg	
	Ny	Gammal	Ny	Gammal
120	6300	-	5200	-
110	5400	6500	4400	5500
100	4600	-	3700	-
90	3800	4500	3100	3500
80	3100	-	2400	-
70	2400	2500	1700	1800

Reduktionen för stoppsikten är ca 15-40 % med den övre siffran för de högre hastigheterna vid konvex vertikalkurvatur. Vid konkav vertikalkurvatur kan strålkastarens spridningsvinkel ha förändrats från gårdagens fordon till dagens, detta har ej ingått att studera i uppdraget.

Efter optimeringen i SEMLA ser resultatet något annorlunda ut och beror på kalkyltiden, se Tabell 3.5 för motorväg.

Resultatet av föregående optimering ger att vid låga flöden, upp till ca. ÅDT 20000 för MV 110 km/h, kan de nya minimiradierna ge en minskad energiåtgång vid kalkyltider på över 30 år.

Konvex:

Kalkyltid 20 år

ÅDT	God	Mindre god	Låg
<25000	11000	9000	7000
≥25000	16000	13000	11000

Kalkyltid 30- år

ÅDT	God	Mindre god	Låg
-----	-----	------------	-----

≥ 0	16000	13000	11000
----------	-------	-------	-------

Konkav:

Kalkyltid 20 år

ÅDT	God	Låg
< 25000	5500	4500
≥ 25000	6500	5500

Kalkyltid 30- år

ÅDT	God	Låg
≥ 0	6500	5500

8 Siktklass

Siktklass i VGU och Effektsamband beskriver översiktligt effekten på reshastigheter av sikt- och linjeföringsförhållanden. Sträckans siktklass definieras av andel väglängd över 500 m, men detta mått är svårsmått och finns ej i register. I stället har en transformering gjorts utifrån absolut vinkeländring i radianer/km, absolut höjdändring i m/km, längsta stigning i m och medellutning i % och max lutning i %. Tabell 5.1 visar den nuvarande modellen från 2008 och dess parametrar för att bestämma siktklass. (Carlsson 2007). Tabellen är inte entydig ty det finns överlapp i modellen för att det inte kan fastställas precisa fasta intervaller inom varje siktklass beroende på olika kombination av horisontellt och vertikalt.

Tabell 5.1. Definition av siktklass.

Siktklass	Linjeföring					
	Väglängd	Hor.	Vert.	Längsta stigning		Max lut
	Sikt>500 m	abs(rad)/km	abs(m)/km	m	Med. Lut. %	%
1	60	0-0,5	0-10	2160	0,8	2,1
2	35-60	0,3-1	5-30	2200	2,0	3,3
3	15-35	0,7-1,3	>20	2290	3,2	3,4
4	0-15	>1,3	>20	2680	3,4	5,1

Siktklass i NVDB genom IPA-applikationen är definierad på ett annorlunda sätt eftersom alla ingångsvärden enligt ovan beskrivna modell ej finns tillgängliga. Uppgifterna och tabellerna nedan kommer från TrV (Svensson 2015). Tabell 5.2 visar den aktuella modellen för siktklass i IPA, som därmed ger siktklasserna i EVA och skulle kunna vara tillämpbart även för Samkalk.

Tabell 5.2. Nuvarande definition av siktklass i IPA/NVDB.

Breddklass	Hastighet			
	50	70	90	110
5 = <5,7 m	IV	IV	III	II
6 = 5,7 - 6,6 m	IV	III	III	II
7 = 6,7 - 7,9 m	III	III	II	II
9 = 8,0 - 10,0 m	II	II	II	I
11 = 10,1 - 11,5 m	I	I	I	I
12 = >11,5 m	I	I	I	I

Ett nytt förslag till modell med de nya och implementerade hastighetsgränserna finns framtaget men ej beslutat, se Tabell 5.3. 50 och 60 km/h på statlig väg är generellt lokalt hastighet, vilket gör att det kan vara vilken siktklass som helst på 50-60 km/h. Länkar

med 50 och 60 km/h bör därför ej definieras med egen siktklass utan med anslutande länkars skattade siktklass.

Tabell 5.3. Förslag på ny definition av siktklass i IPA/NVDB.

Ny tabell	Hastighet						
Breddklass	<=50	60	70	80	90	100	>=110
5 = <5,7 m	IV	IV	IV	IV	III	III	II
6 = 5,7 - 6,6 m	IV	IV	III	III	III	III	II
7 = 6,7 - 7,9 m	III	III	III	III	II	II	II
9 = 8,0 - 10,0 m	II	II	II	II	II	II	I
11 = 10,1 - 11,5 m	I	I	I	I	I	I	I
12 = >11,5 m	I	I	I	I	I	I	I

Förslaget ovan är inkonsekvent. 2-fältsväg med 100 km/h är tidigare 110-vägar som sänkts eller i undantagsfall bra 90-vägar som höjts. Siktklassen vid 100 skall därför vara samma som för 110 och samma eller bättre än för 90.

Det nya förslaget på siktklass i IPA (enligt Tabell 5.3 ovan) tar även hänsyn till de nya hastigheter som numera förekommer (60, 80 osv.). Dessa har härletts från Tabell 5.4 nedan.

Tabell 5.4. Härledning av förslag på ny definition av siktklass i IPA/NVDB.

Siktklass	IPA Breddklass	Högsta tillåtna hastighet
1	11, 12	-
1	9	>=110
2	9	<110
2	7	>=90
3	7	<90
2	6	>=110
3	6	>=70 OCH <110
4	6	<70
2	5	>=110
3	5	>=90 OCH <110
4	5	<=70

Resultatet för nya siktklasser inom projektet LINS blir ett bantat antal parametrar som i stort uppfyller samma krav som i den nuvarande definitionen, se Tabell 5.5.

Tabell 5.5. Ny definition av siktklass 1-4.

Siktklass	Kurvighet (rad/km)	Backighet (m/km)	Bivillkor
1	0-0,5	0-10	Inget
2	0-1,25	0-30	Om $K > 0,75$ då $B < 10$ Om $B > 20$ då $K < 0,5$ Annars siktklass 3
3	0,5-1,25	> 10	Inget
4	$> 1,25$	> 10	Inget

Referenser

AASHTO (2004), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 5th edition.

Greibe P. (2007), Braking distance, friction and behavior, Trafitec, Scion-DTU

Lilja B., Nilsson A. och Ohlsson E. (1971), Friktionsegenskaper hos asfaltbetong och ytbehandling. Statens Väg och Trafikinstitut VTI rapport nr 5, 1971.

Trafikverket (2012), TrVK Vägutformning, TrV Publikation 2012:179.

Vägverket (2006), VGU - nya riktlinjer för stoppsikt i vänsterkurva på mittremsor med mitträcke, PP 10 A 2006:14206.

Vägverket (2004), Vägars och gators utformning – Grundvärden. VV publikation 2004:80.

Vägverket (1983), Dokumentation av färdtekniska grundvärden och linjeföring. Meddelande TU 1983:4.

Bilaga lag- och regel-texter med referenser till Sikt

Ett urval av styrande lagar och krav med sikt understruket och kommentarer.

Väglag (1971:948)

Kommentar: Väglagen reglerar allmän väg. Mycket typ "... hänsyn tas till enskilda intressen och till allmänna intressen, såsom trafiksäkerhet ...". Inga kvantifierade "mått" för sikt, förutom för avstånd/uppställning (5 m ...).

Trafikförordning (1998:1276)

2 kap. Bestämmelser för alla trafikanter

Grundbestämmelser

1 § För att undvika trafikolyckor skall en trafikant iaktta den omsorg och varsamhet som krävs med hänsyn till omständigheterna. Trafikanten skall visa särskild hänsyn mot barn, äldre, skolpatruller och personer som det framgår har ett funktionshinder eller en sjukdom som är till hinder för dem i trafiken.

En trafikant skall uppträda så att han eller hon inte i onödan hindrar eller stör annan trafik.

En vägtrafikant skall visa hänsyn mot dem som bor eller uppehåller sig vid vägen.

En terrängtrafikant skall anpassa sin färdväg och hastighet samt sitt färsätt så att människor och djur inte störs i onödan och så att skada på annans mark eller växtlighet undviks.

Hastighet

14 § Ett fordonets hastighet skall anpassas till vad trafiksäkerheten kräver. Hänsyn skall tas till väg-, terräng-, väderleks- och siktförhållandena, fordonets skick och belastning samt trafikförhållandena i övrigt. Hastigheten får aldrig vara högre än att föraren behåller kontrollen över fordonet och kan stanna det på den del av den framförvarande vägen eller terrängen som han eller hon kan överblicka och framför varje hinder som går att förutse.

15 § Utöver andra fall som anges särskilt skall förare hålla en med hänsyn till omständigheterna tillräckligt låg hastighet

1. inom tätbebyggt område,
2. när sikten är nedsatt på grund av ljus- eller väderleksförhållandena,
3. vid övergångsställen eller andra platser där gående korsar vägen,
4. där korsande fordonstrafik kan förekomma,
5. i skarpa kurvor,
6. vid backkrön och andra ställen där sikten är skymd,
7. vid risk för bländning,

8. vid möte med andra fordon på smala vägar,
9. vid halt väglag,
10. när fordonet närmar sig en spårvagn, en buss eller en skolskjuts som stannats för passagerarnas på- eller avstigning,
11. när fordonet närmar sig barn som uppehåller sig på eller bredvid vägen,
12. när fordonet närmar sig kreatur på vägen,
13. där vägarbete pågår,
14. förbi en olycksplats, samt
15. vid smutsigt väglag där det finns risk för att någon annan trafikant utsätts för smutsstänk.

9 § Omkörning får inte ske strax före eller i en vägkorsning, utom när

1. omkörningen skall ske till höger,
2. trafiken i vägkorsningen är reglerad av en polisman eller genom trafiksignaler, eller
3. det framgår av vägmärken eller något annat förhållande att förarna på den korsande vägen har väjningsplikt eller stopplikt.

Omkörning får inte heller ske strax före eller i en plankorsning, utom när

1. korsningen har bommar, eller
2. trafiken i korsningen är reglerad genom sådana trafiksignaler som används i vägkorsningar.

Där sikten är skymd vid ett backkrön eller i en kurva får omkörning ske endast om körbanan i färdriktningen har minst två körfält i vilka mötande trafik inte får förekomma eller i andra fall där omkörningen kan ske utan att ett körfält avsett för fordon i mötande färdriktning behöver tas i anspråk.

Tvåhjuliga fordon utan sidvagn får dock köras om. Förordning (1999:240).

53 § Ett fordon får inte stannas eller parkeras

1. på eller inom ett avstånd av tio meter före ett övergångsställe, en cykelpassage eller en cykelöverfart,
2. i en vägkorsning eller inom ett avstånd av tio meter från en korsande körbanas närmaste ytterkant,
3. på eller inom ett avstånd av tio meter före en korsande cykelbana eller gångbana,
4. i en vägport eller tunnel,
5. på eller i närheten av ett backkrön eller i eller i närheten av en kurva där sikten är skymd,
6. längs en heldragen linje som anger gräns mellan körfält, om avståndet mellan fordonet och linjen är mindre än tre meter, såvida inte en streckad linje löper mellan fordonet och den heldragna linjen,
7. i ett cykelfält,
8. i ett spärrområde,
9. i en cirkulationsplats, eller
10. i ett körfält eller en körbana för fordon i linjetrafik m.fl.

Förbudet i första stycket 2 gäller inte fordon i linjetrafik och skolskjuts som stannats för passagerares på- och avstigning vid sådan busshållplats som enligt lokala trafikföreskrifter ska vara busshållplats och som utmärkts med vägmärke för busshållplats. Förordning (2014:1035).

72 § Vid färd på väg får dimbakljus användas endast i dimma, vid kraftig nederbörd eller under därmed jämförliga siktförhållanden och på sådant sätt att förare av bakomvarande fordon inte bländas.

Fordons last

78 § Ett fordon får inte lastas på sådant sätt att

1. förarens sikt eller möjligheter till manövrering hindras, eller
2. föreskrivna körriktningstecken, stopptecken, lyktor eller strålkastare skymms.

Förordning (2001:667).

Vägmärkesförordning (2007:90)

Kommentar: det finns inget explicit vägmärke för "sikt", det finns "lite" nämnt om sikt i Stopp samt "underförstått" i Varning för farlig kurva(or).

P3 Stopp

Tecknet anger stopp för den trafikant som lyktan är vänd mot. Tecknet används under mörker och vid nedsatt sikt. Lyktan hålls i den position där den lättast uppfattas av trafikanter.

P5 Minska hastigheten

Tecknet anger att den trafikant som polismannen är vänd mot skall minska hastigheten. Under mörker och vid nedsatt sikt kan tecknet vara förtydligat med en lykta som visar vitt eller gult ljus eller en reflexanordning som återkastar vitt eller gult ljus.

Varningsmärken

movea

www.movea.se

per.stromgren@movea.se

Movea trafikonsult AB
Hammarby Fabriksväg 25
120 30 STOCKHOLM

4 § Varningsmärken varnar för en fara och upplyser om farans art. Varningsmärken är uppsatta på det avstånd från faran som gör dem mest effektiva såväl på dagen som på natten.

Om ett varningsmärke används för att ange en fara som sträcker sig över en längre vägsträcka är sträckans längd angiven på en tilläggstavla. Om det behövs kan märket vara upprepat på lämpliga avstånd.

Exempelvis:

A2. Varning för flera farliga kurvor

VVFS 2003:140

Kommentar: tydliga krav på statlig väghållare på stoppsikt samt sikt i korsning.

Stoppsikt: Den sträcka som erfordras för att fordonsförare skall kunna stanna sitt fordon före ett lågt hinder.

6.3 Olycksförebyggande åtgärder

6.3.1 Sikt

6.3.1.1 Stoppsikt

Vägar skall vara så utformade att stoppsikt erhålls.

Råd: Stoppsikten bör inte understiga de värden som anges i

Vägutformning 94 (VU 94), avsnitt 6.3.1, låg standard (Vägverket).

Vägar, där fordon inte kan mötas utom vid särskilt anordnade mötesplatser, bör vara utformade med dubbel stopp-sikt enligt VU 94, avsnitt 6.3.2 (Vägverket).

6.3.1.2 Sikt i korsningar

Korsningar skall vara så utformade att trafikanter kan upptäcka dem i tid och anpassa sin hastighet, orientera sig och välja väg samt passera genom dem på ett säkert sätt.

Råd: Sikt i korsningar bör minst uppfylla de värden som anges i VU 94, kapitel 7.6, låg standard (Vägverket).

VVFS 2007: 305

Kommentar: storlek på vägmärken påverkas av sikt, men ej definierat här.

Textstorlek

4 § Text på lokaliseringsmärke för vägvisning bör ha minst följande storlek.

Väg Minsta textstorlek

1. Motorväg Stor
2. Motorväg i trång miljö Normal
3. Motortrafikled Normal
4. Väg som inte är motorväg eller motortrafikled Normal
5. Väg enligt 4, men med högsta tillåtna hastighet 70 kilometer i timmen eller lägre
Liten
6. Väg enligt 5, men i trång väg- eller gatumiljö med korta siktsträckor Mycket liten

Underlagsrapport

- Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning
"SÄPU"

Korsning

Innehåll

1	INLEDNING	1
2	SAMMANFATTNING, FÖRSLAG.....	2
3	RESULTAT DISKUSSION.....	4
4	LAGSTIFTNING OCH REGLER.....	6
5	EFFEKTSAMBAND KORSNING	9
6	SIKT I KORSNING.....	12
	REFERENSER	20

1 Inledning

Underlagsrapporten är framtagen av Svante Berg och Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB. Underlagsrapporten ska behandla de delar som är kritiska för en god geometri och kördynamik utan att för den skull vara överdimensionerad. Många kritiska designelement finns att ta hänsyn till, exempelvis: referenshastighet, stoppsikt, lutning, horisontalgeometri, vertikalgeometri, skevning, körfältsbredd och vägrensbredd. Denna del av studien omfattar sikt i korsning och val av korsning beroende på trafiksäkerhet.

2 Sammanfattning, förslag

Traditionellt har man utformat korsningar utifrån framkomlighet, kapacitet och trafiksäkerhet. Val av korsning har utgått från dessa parametrar. I olika styrdokument har man utifrån flöde, VR samt tillgänglighet valt olika korsningsutformningar.

Transportstyrelsen ser en potential att kunna kravställa korsningsutformning utifrån acceptabla risker för olika korsningstyper. Denna studie skall studera om detta möjligt och föreslå acceptabla risknivåer, bla. utifrån Trafikverkets Effektkatalog.

Projektet har utifrån underlag samt inriktning i projektet tagit fram 4 förslag på kravformulering:

Ansats 1 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att siktlängden från sekundärväg längs primärvägen accepteras av > 50 % av förarna.

Ansats 2 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att säkerhetskritisk sikt uppnås från primärvägen mot sekundärvägen.

Ansats 3 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att säkerhetskritisk sikt uppnås vid färd mot korsning. Dessutom ska Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning beräknas så att siktlängden från sekundärväg längs primärväg accepteras av > 50 % av förarna.

Ansats 4 till föreskrift:

DSS kvot:

Förväntad risknivå för korsning bör understiga 0,10 DSS skadade mellan motorfordon.

Konsekvensanalys

Sikt i korsning är generellt längre än stoppsikt. Förklaringen ligger i begreppet accepterad tidlucka, vilket är en fördelning över populationen. Här kommer också en intressekonflikt, i många fall ute på regionerna vill kommuner och enskilda väghållare bygga anslutningar till statlig väg. Primärt vill statlig väghållare kanalisera trafik till ett sekundärt vägnät för att minimera antalet anslutningar, för att minimera riskerna utmed vägen. Siktkravet är ofta det motiv som anförs för att avslå ansökan om

anslutning, kortas detta i Transportstyrelsens föreskrifter och TrV sätter ett högre, kan en konsekvens bli att man åberopar Transportstyrelsens föreskrift för överklagan.

Ett ökat antal anslutningar ger en ökad olycksrisk.

Utformning cirkulationsplats består av både stoppsikt och accepterad tidlucka. Sikt till närmsta till- och frångång är baserad på accepterad tidlucka emedan sikt i cirkulationsplats vid färd mot övergångsställe och sikt vid färd mot cirkulationsplats är baserad på stoppsikt.

Därför är ansats 3 till föreskrift att föredra. Denna hanterar såväl kraven för stop- och väjningsreglerade korsningar som kraven för cirkulationsplats med dess olika krav beroende på var i cirkulationsplatsen föraren befinner sig.

Med ansats 4 (DSS) blir det svår att optimera andra nyttor om man inte sätter "låg" krav på DSS. Olika krav beroende på hastighets-miljö? Se ex 6.2.2.4 Korsningstyper och andel sekundärvägstrafik (Effektkatalogen). Inriktning kan vara 0,1 men "omöjlig" för vissa objekt?

3 RESULTAT DISKUSSION

Avgränsning

I detta arbete har enbart trafiksäkerhet beaktats och ingen hänsyn tagen till funktionsmålet tillgänglighet eller hänsynsmålen miljö och hälsa. Vidare hanteras inte "utrymmesklass", "trygghet", "komfort", "utblickar", "produktion" etc.

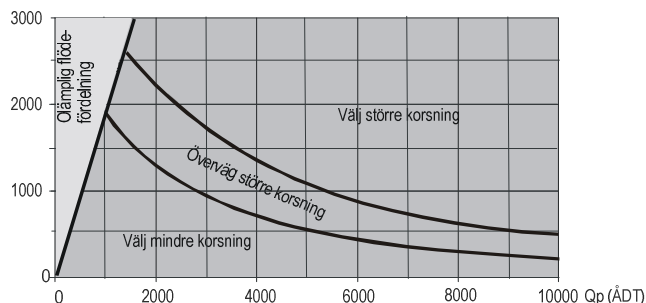
Vem har ansvaret i korsning?

Trafiklagstiftning är tydlig på att trafikant har ansvaret att anpassa hastighet samt vid korsning "... får svänga i en vägkorsning endast om det kan ske utan fara ...". TRV har i VVFS ställt krav på korsning så att de är "... utformade att trafikanter kan upptäcka dem i tid och anpassa sin hastighet...". I rådtext anges att "... Sikt i korsningar bör minst uppfylla de värden som anges i VU 94...".

Vilken korsning?

I Effektsamband finns det väl utvecklat stöd för dels risk för olycka samt hur man reducerar antalet olyckor i korsning. Historiskt har man fokuserat på sikt i korsning samt utifrån effektsamband (DSS-kvoter) gett rekommendationer till val av korsningstyp. Beroende på främst på hastighet, flöde har man valt korsnings-typ, men även service-nivå (kapacitet) och effektivitet (medelreshastighet) har varit en del i optimeringen. Se exempel för 100 km/h nedan:

Qs (ÅDT)



Figur XX. Val av korsning VR 100, 4-väg, landsbygd

I princip är denna metod i linje med att kravställa korsningsutformning utifrån "acceptabla risker" för olika korsningstyper. Definition av "acceptabel risk" blir då central. Använder man DSS (död/svårt skadad) är det i linje med befintliga råd för statlig väg. Historiskt har man använt $\frac{1}{2}$ "normalolycka"¹ men idag borde ett kriterium för DSS bli aktuellt. Studerar man EVA samband ser man att för ex 100 km/h att krav på DSS 0,1 omöjliggör allt annat än cpl vid flöden över 7000 ådt vid VR 100 oavsett fördelning.

¹ Normalolycka är en alla olyckor dividerat med olyckskostnad

Ett annat alternativ är att ställa krav på sikt i korsning. Exempelvis skulle ett sådant krav formuleras:

- Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att säkerhetskritisk sikt uppnås från primärvägen mot sekundärvägen.

Detta är ett krav som går att uppnå går att verifiera/bygga för.

4 Lagstiftning och regler

Sammanfattning

De lagar, krav, regler och råd som styr utformning och användning av vägar kan beskrivas som en "regelpyramid" där svensk lag står över väghållarens interna föreskrifter och råd. Se bild (*finns bättre bild??*).



I dagens lagstiftning och författningar är ansvaret för erforderlig "sikt" (i betydelsen att trafikant skall anpassa hastighet) hos trafikant. För väghållare finns det i allmänna ordalag skrivelser i Väglagen om "... hänsyn till allmänna intressen såsom trafiksäkerhet". Ansvaret för erforderlig sikt ligger på trafikanten och i princip inget ansvar hos väghållaren. Detta gäller även för korsning, jmf med kap Sikt.

I Trafikförordning (1998:1276) finns mycket om korsning och lämplighet av parkering, beteende val av färdväg som:

Trafik i korsning med järnväg eller spårväg

7 § En trafikant som har för avsikt att korsa en järnväg eller spårväg skall vara särskilt försiktig och vara uppmärksam på om något tåg eller någon spårvagn närmar sig. Förare av fordon skall anpassa hastigheten så att fordonet kan stannas före korsningen. Korsningen skall passeras utan onödigt dröjsmål.

En trafikant får inte färdas in i en korsning med järnväg eller spårväg

1. om ett tåg eller en spårvagn närmar sig,
2. när en ljussignal visar rött sken, en ljudsignal ljuder eller en bom fälls, är fälld eller reses, eller
3. om det finns risk för att trafikanten måste stanna i korsningen.

En trafikant som inte får färdas in i en korsning med järnväg eller spårväg skall stanna på betryggande avstånd från korsningen och före signaler eller bommar.

Trafik i en vägkorsning m.m.

20 § När en förare närmar sig eller kör in i en vägkorsning, skall körsättet anpassas så att det inte uppstår onödigt hinder för trafiken på den korsande vägen, om fordonet tvingas stanna i korsningen.

26 § En förare får svänga i en vägkorsning endast om det kan ske utan fara eller onödigt hinder för andra som färdas i samma riktning. Särskild uppmärksamhet skall riktas på den bakomvarande trafiken.

Vid högersväng skall ett fordon föras så nära körbanans högra kant som lämpligen kan ske eller, om fordonet förs på vägreken, så nära vägens högra kant som möjligt.

Vid vänstersväng skall ett fordon föras så nära körbanans mitt som möjligt eller, på körbana med enkelriktad trafik, så nära körbanans vänstra kant som möjligt.

En sväng skall göras så att fordonet, när det lämnar vägkorsningen, befinner sig till höger på den körbana det förs in på.

Vägmärkesförordning (2007:90)

Det finns flera vägmärken som varnar och informerar om korsning.

VVFS 2007: 305

Mycket om placering i relation till korsningar.

Placering i längsled

9 § Vid upprepning av förbuds-, påbuds- eller anvisningsmärke efter korsning ska märket sättas upp högst 25 meter efter korsningen inom tätbebyggt område och högst 100 meter efter korsningen utom tätbebyggt område om inte annat anges för respektive märke.

VVFS 2003 140

6.3.1.2 Sikt i korsningar

Korsningar skall vara så utformade att trafikanter kan upptäcka dem i tid och anpassa sin hastighet, orientera sig och välja väg samt passera genom dem på ett säkert sätt.

Råd: Sikt i korsningar bör minst uppfylla de värden som anges i VU 94, kapitel 7.6, låg standard (Vägverket).

6.3.3.3 Korsning

En korsning mellan en motorväg eller motortrafikled och en annan väg skall vara planskild. En korsning mellan väg och järnväg skall vara utformad så att sannolikheten begränsas för att trafikanter skadas.

Råd: Korsningar kan utformas enligt VU 94, kapitel 7 (Vägverket).

Trafikplatser kan utformas enligt VU 94, kapitel 8 (Vägverket).

5 Effektsamband korsning

Sammanfattning

Trafiksäkerhetseffekter av olika korsningsutformning, hastighet, flöden och miljö är relativt kända i Sverige. Det förväntade olycksutfallet beskrivs av modell (EVA).

Nedan följer utdrag ur effektkataloger med kommentar i kursivt

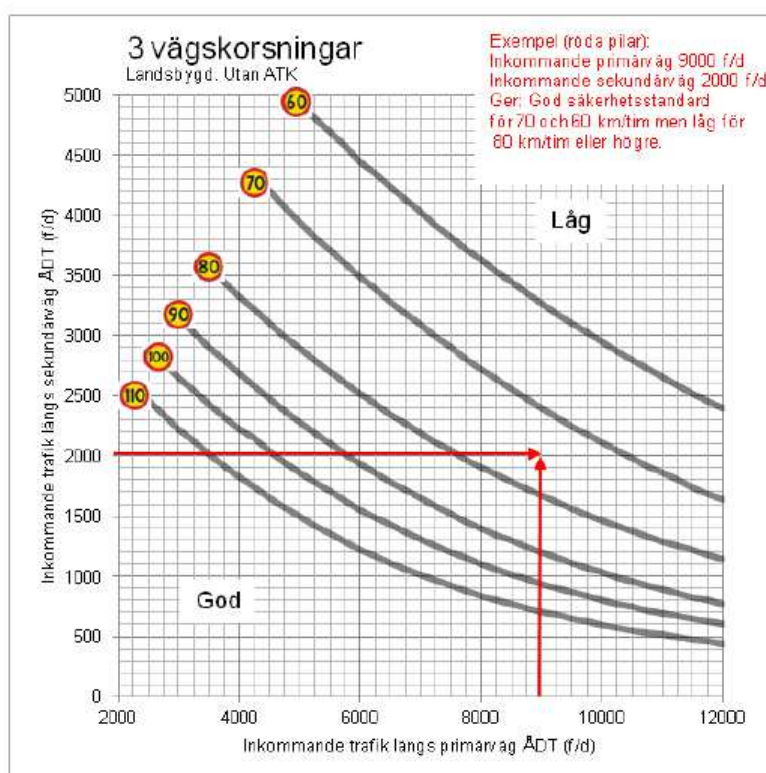
Effektkatalogen (TRV 2016)

6.1.2 Modeller för säkerhetsklassning av vägar

Trafikverket klassar vägnätets trafiksäkerhetsnivå i en fyrgradig skala (TDOK 2013:0636 2014-03-12 v2).

Ex:

”Alla korsningstyper ger god standard upp till och med 60 km/tim, dock för vanlig korsning givet ”låga” trafikflöden, se exempel nedan för 3-vägs korsning.”



Figur 6-1 Trafiksäkerhetsklassning 3-vägs korsningar (typ ABC) efter hastighetsgräns och trafikflöden enligt TDOK 2013:0636 2014-03-12 v2

6.2.1.3 Korrigeringar för sikt

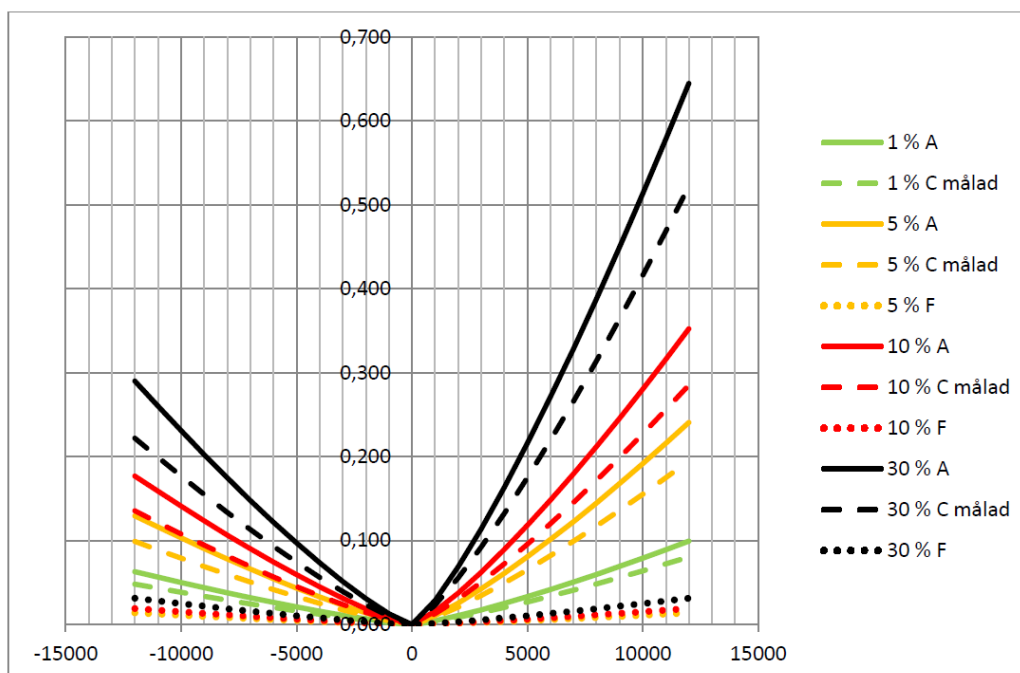
Normalvärden för väglänkar gäller för genomsnittlig siktclass. För landsbygdsväg med två körfält korrigeras olycksrisken beroende på vägbredd, hastighetsgräns och siktclass enligt följande tabell.

6.2.2 Normalvärden för vägkorsningar

Trafiksäkerhetsmodellen ger normalvärden för antal olyckor per år, skadeföljd, allvarlighetsföljd och även dödsföljd och sannolikhet för egendomsskada för motorfordonsolyckor samt cykel- och gåendeolyckor. Dessutom ges risk att skadas mycket allvarligt respektive allvarligt givet svår eller lindrig skada. Normalvärdena för motorfordonsolyckor beror av antal vägben (3 eller 4), om 4-bent också trafikfördelning (lika eller sned), hastighetsgräns, vägmiljö och korsningsutformning.

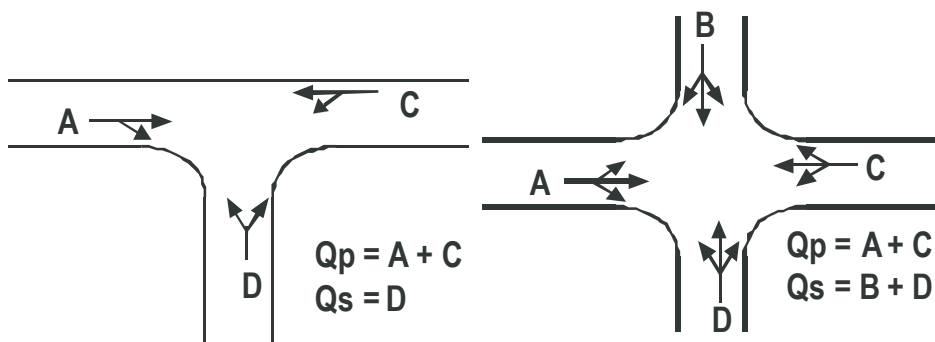
Trafiksäkerhetsmodellen ger normalvärden för antal olyckor per år, skadeföljd, allvarlighetsföljd och även dödsföljd och sannolikhet för egendomsskada för motorfordonsolyckor samt cykel- och gåendeolyckor. Dessutom ges risk att skadas mycket allvarligt respektive allvarligt givet svår eller lindrig skada.

Exempel på samband (EVA) finn i kap 6.2.2.4 Korsningstyper och andel sekundärvägstrafik, se figur nedan;



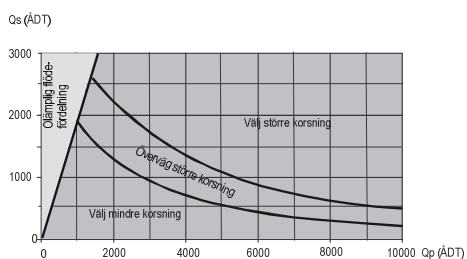
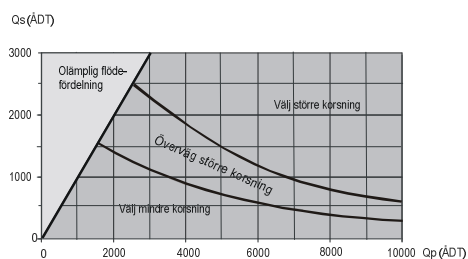
Figur 6-15: DSS år 2010 för 3-vägs- och likafördelade 4-vägs-korsningar med olika andel inkommande sekundärvägstrafik vid 100 km/h i landsbygdsmiljö.

Tidigare i VGU (VU94 etc) har val av korsning utgått från $\frac{1}{2}$ normalolycka och beskrivits i följande diagram (uppdaterad 2012):



VR 100 LANDSBYGD

VR100 LANDSBYGD



Trafikksikkerhetshåndboken TÖI

Sammanfattning: TÖI beskriver effekter av olika korsnings-utformningar samt förbättringar av korsning. I stort samma effekter som i Effektkatalogen, cpl faller väl ut, 3- jmf med 4-vägs korsning etc. Dock svårt att från Trafikksikkerhetshåndboken dra slutsatser om "acceptabla risker".

6 Sikt i korsning

Siktområdets utsträckning bestäms av korsningens regleringsform, separeringsform och primärvägens referenshastighet. Inom området bör för bilar överallt finnas sikt från dimensionerande ögonhöjd (för personbil 1,1 m) till vägytan, definierad som dimensionerande hinderhöjd 0,2 m, men minst till dimensionerande strålkastarhöjd 0,6 m på väg och 0,4 m på GC-väg. För gående och cyklister bör motsvarande sikt finnas från ögonhöjden 1,5 m.

Vid bestämning av sikt i korsning ska ögon- och hinderhöjd väljas enligt Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Ögon-/Hinderhöjd

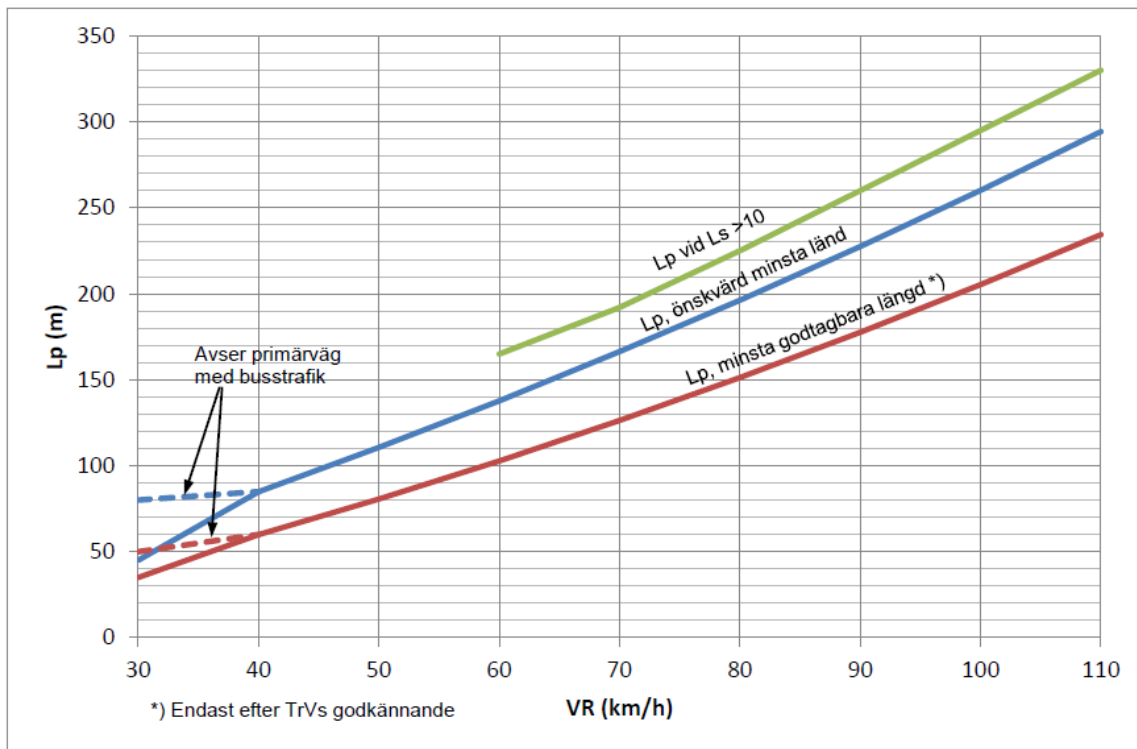
	Höjd från vägbanan (m)
Ögonhöjd (Öh)	1,1
Hinderhöjd (Hh)	0,6 *)/ 1,1**)**)*)

*) Ang erforderlig synlig del av hinder.

**) Godtas endast i undantagsfall på mötesfri väg där mitträcket är siktskymmande.

Inom siktområdet får nödvändiga trafikanordningar såsom vägmärken finnas men de ska placeras så att de inte blir siktskymmande. Mitträcken på mötesfri väg tillåts under förutsättning att siktkraven enligt nedan uppfylls. Om siktområdet når utanför vägbanan ska höjdtillägg göras för vegetation och snötäcke.

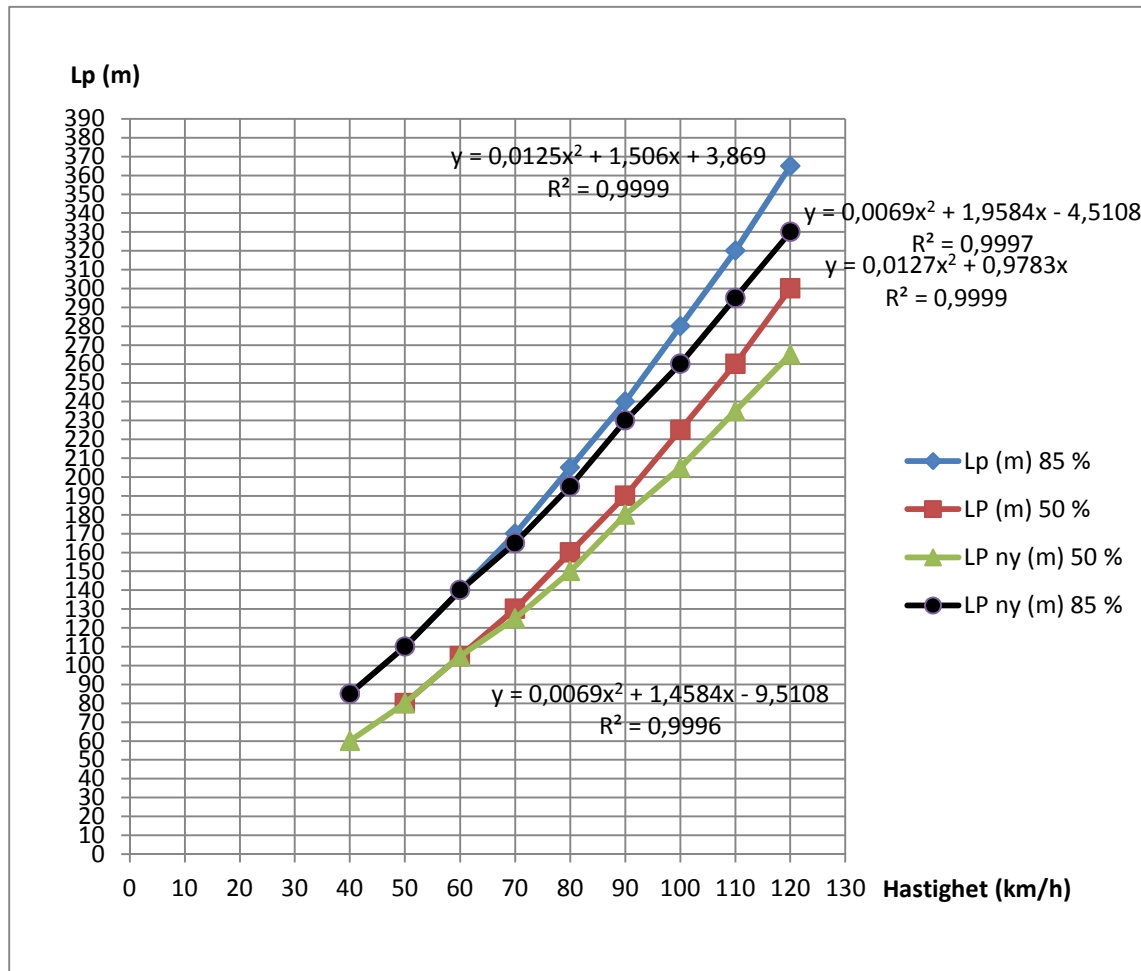
Siktområdets storlek framgår av Figur 5.2. Mått Lp ska minst uppfylla längd för önskvärd minsta längd enligt Figur 4.1. Måttet får efter väghållarens godkännande minstas till som lägst minsta godtagbara längd enligt Figur 5.1. Måttet Ls ska vara ≥ 5 m. I undantagsfall kan måttet Ls minskas till 3 m, dock endast efter väghållarens godkännande. Om den tillgängliga sikten för Ls är över 10 m ska vid korsning utan stopplik Lp ökas enligt den övre kurvan i Figur 5.1.



Figur 5.1 Sikt i korsning, mått Lp

Bakgrunden till detta är att det i fallet önskvärd minsta längd motsvarar en acceptans av tidsluckan för 85 % av förarna. Vid minsta godtagbara längd motsvarar det en acceptans hos 50 % av förarna. En jämförelse med de gamla värdena kan ses i Figur 5.2.

Vid mätningar och estimering av accepterad tidslucka 2000 blev resultatet något reducerade värden. Samtliga värden kan ses i figur nedan.

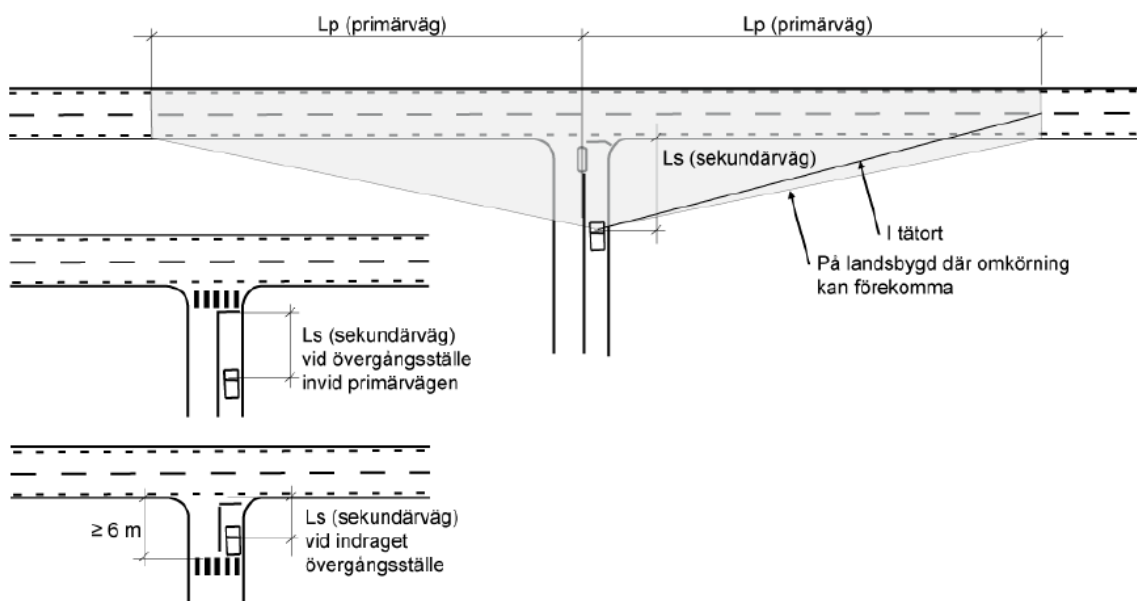


Figur 5.2. Sikt i korsning, mått Lp, för gamla och nya värden.

Den blåa och röda representerar de gamla värden medan den svarta och gröna representerar de omräknade värdena mht nya värden på accepterad tidslucka.

Önskvärd minsta längd innebär att en väntande försiktig förare bekvämt kan köra ut i korsningen och att hela längden av en väntande personbil (del av bil 60 cm över vägbanan) är synlig för en ankommande bil på primärvägen. Vid väjning utan stoppskyldighet kan ankommande förare på sekundärvägen fatta beslut stanna/kör med en hastighet av 10-20 km/h, om Ls ökas till 10-20m. Lp-värdena bör då ökas enligt tabell 5.1.

Minsta godtagbara längd innebär att många förare på sekundärvägen kommer att uppleva sikten som dålig. Ur trafiksäkerhetssynpunkt bör detta minimikrav uppfyllas eftersom den motsvarar stoppsikt för bilar på primärvägen.



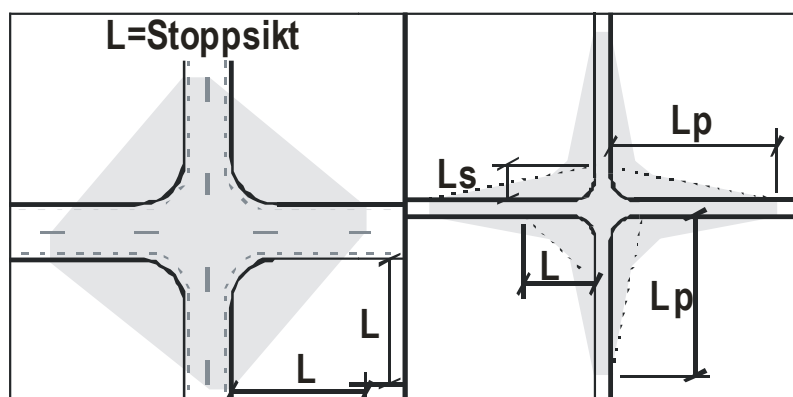
Figur 5.3. Siktområde i korsning.

Inom siktområdet får nödvändiga trafikanordningar såsom vägmärken finnas men de ska placeras så att de inte blir siktskymmande. Om siktområdet når utanför vägbanan ska höjdtillägg göras för vegetation och snötäcke.

Siktområdets storlek ska uppfylla mått enligt Figur 5.3.

Vid tillämpning av högerregel har varje fordon i alla tillfarter väjningsplikt mot varje fordon från höger.

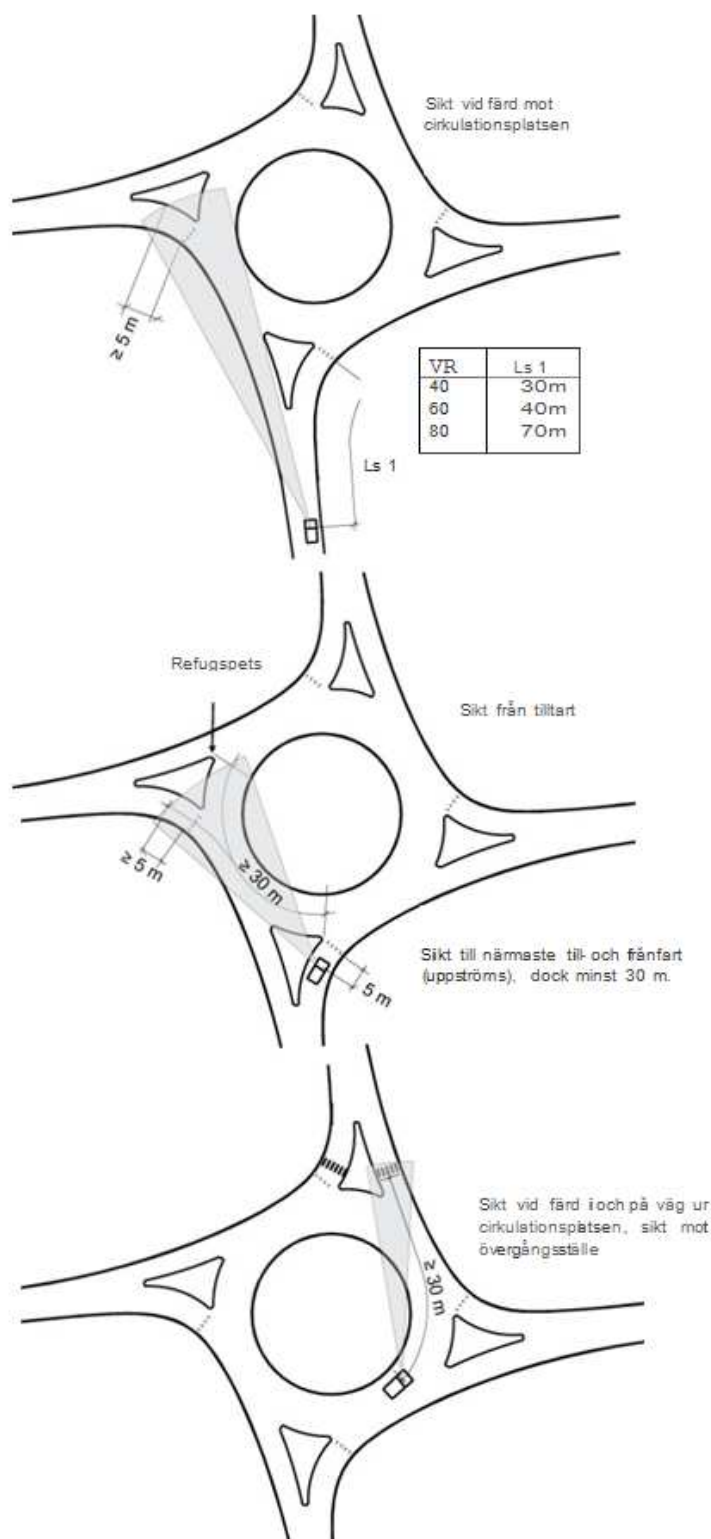
Siktområdet ska i alla anslutningar ge sikt enligt Figur 5.4 med sikt för väjningsplikt. Siktkrav i övrigt i korsningar med högerregel beror av referenshastighet. Vid VR50 eller VR70 ska dessutom för varje tillfart ges sådan sikt, att en förare som inte ser något annat fordon närma sig i korsningen, vågar passera korsningen med minst 50 km/h, se figur 5.4. Stoppsikt, L, kontrolleras för alla tillfarter.



Figur 5.4. Siktområde vid högerregel.

Kravet att passera med 50 km/h kan tyckas vara väldigt högt, vilket också medför stora siktlängder. Någon i nutid insamlad empiri finns inte vad gäller detta.

Cirkulationsplatsens siktkrav idag består av 3 delkomponenter, krav vid färd mot cirkulationsplats, vid väjningslinje in i cirkulationsplats samt krav vid färd ut ur cirkulationsplats mot övergångsställe, se Figur 5.5.



Figur 5.5 Siktområde i cirkulationsplats.

Utgångspunkten för sikt i cpl bör tas i möjlig hastig för respektive radie. Vid en rondellradie 10 m kan ett fordon "gena" och uppnå ca 15 m radie i sin manöver. Dessa 15 m ger en hastighet på 23 km/h. Övriga radier se Tabell 5.2 nedan.

Tabell 5.2. Krav på retardationssträcka som funktion av rondellradie.

Rondellradie (m)	Fordonets radie (m)	Hastighet (km/h)	Retardationssträcka (m)
10	15	23	9
15	20	26	12
20	25	28	14
25	30	30	16
30	40	36	23

Ovanstående retardationssträcka ger att vid 30 km/h behövs en sikt på 23 m för att kunna stanna, avser medel (50 % av dimensionerande bromsfriktion). Siktkrav mot övergångsställe bör därmed sättas till ca 25 m. Differentiering beroende på cpl radie kan ju tänkas, men då blir det olika mått beroende på utformning. Vid de små cirkulationsplatserna innebär detta sikt rakt igenom rondellytan. Detta mått säkerställer också stoppsikt i cirkulationsplats.

Siktkrav vid ankomst, Ls1, till cirkulationsplats bör formuleras som vid väjningsplikt ovan dvs. 30 m vid 50 km/h och ca 60 m vid 70 km/h. Lp1 sätts till 5 m. Lp2 följer enligt ovan angivna retardationssträcka för sikt i cirkulationsplats, bör inte vara någon skillnad, sätts därmed till 25 m. Ls2 sätts till 5 m.

Ansats 1 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att siktlängden från sekundärväg längs primärvägen accepteras av > 50 % av förarna.

Ansats 2 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att säkerhetskritisk sikt uppnås från primärvägen mot sekundärvägen.

Ansats 3 till föreskrift:

Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning ska beräknas så att säkerhetskritisk sikt uppnås vid färd mot korsning. Dessutom ska Sikt i väjnings- eller stoppreglerad korsning beräknas så att siktlängden från sekundärväg längs primärväg accepteras av > 50 % av förarna.

Konsekvensanalys

Sikt i korsning är generellt längre än stoppsikt. Förklaringen ligger i begreppet accepterad tidlucka, vilket är en fördelning över populationen. Här kommer också en intressekonflikt, i många fall ute på regionerna vill kommuner och enskilda väghållare bygga anslutningar till statlig väg. Primärt vill statlig väghållare kanalisera trafik till ett

sekundärt vägnät för att minimera antalet anslutningar, för att minimera riskerna utmed vägen. Siktkravet är ofta det motiv som anförs för att avslå ansökan om anslutning, kortas detta i Transportstyrelsens föreskrifter och TrV sätter ett högre, kan en konsekvens bli att man åberopar Transportstyrelsen föreskrift för överklagan.

Ett ökat antal anslutningar ger en ökad olycksrisk.

Cirkulationsplats är svår eftersom den består av både stoppsikt och accepterad tidlucka. Sikt till närmsta till- och frångång är baserad på accepterad tidlucka emedan sikt i cirkulationsplats vid färd mot övergångsställe och sikt vid färd mot cirkulationsplats är baserad på stoppsikt.

Därför är ansats 3 till föreskrift att föredra. Denna hanterar såväl kraven för stop- och väjningsreglerade korsningar som kraven för cirkulationsplats med dess olika krav beroende på var i cirkulationsplatsen föraren befinner sig.

Referenser

AASHTO (2004), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 5th edition.

Greibe P. (2007), Braking distance, friction and behavior, Trafitec, Scion-DTU

Lilja B., Nilsson A. och Ohlsson E. (1971), Friktionsegenskaper hos asfaltbetong och ytbehandling. Statens Väg och Trafikinstitut VTI rapport nr 5, 1971.

Trafikverket (2012), TrVK Vägutformning, TrV Publikation 2012:179.

Vägverket (2006), VGU - nya riktlinjer för stoppsikt i vänsterkurva på mittremsor med mitträcke, PP 10 A 2006:14206.

Vägverket (2004), Vägars och gators utformning – Grundvärden. VV publikation 2004:80.

Vägverket (1983), Dokumentation av färdtekniska grundvärden och linjeföring. Meddelande TU 1983:4.

Underlagsrapport

Säkerhetskritiska parametrar vid vägutformning
"SÄPU"
Säkerhetszon

Innehåll

1	INLEDNING	1
2	SAMMANFATTNING, FÖRSLAG.....	2
3	RESULTAT DISKUSSION.....	3
4	LAGSTIFTNING OCH REGLER.....	5
5	EFFEKTSAMBAND SÄKERHETSZON.....	7
6	SÄKERHETSZON (VGU)	9
	REFERENSER	11

1 Inledning

Transportstyrelsen har sedan 2013 bemyndigande enligt Plan- och byggförordningen, PBF, (2011:338) att föreskriva om tekniska egenskapskrav för vägar och gator. Inom ramen för det regelutvecklingsarbete som följer av detta bemyndigande behöver krav på "Säkerhet vid användning" kopplat till utformning av vägar och gator analyseras, konsekvensutredas och beslutas. För att leverera relevanta och väl avvägda krav och kravnivåer i de kommande föreskrifterna måste ny kunskap tas fram som underlag för den tillhörande konsekvensutredning som är lagstadgad enligt förordning (2007:1244) om konsekvensutredning vid regelgivning.

Vägverket (senare Trafikverket) har historiskt förvaltat och utvecklat dessa tekniska krav. Idag användes Trafikverkets föreskrifter (VVFS 2003:140) om tekniska egenskapskrav vid byggande på väg/gata. Dessa kommer att upphävas i samband med att Transportstyrelsens föreskrifter om tekniska egenskapskrav träder i kraft. Föreskrifterna gäller vid nybyggnation, ändring och ombyggnad av väg/gata och ska sedan gälla under vägens/gatans ekonomiska livslängd. Transportstyrelsen önskar utveckla begrepp och funktionstekniska krav för sikt, korsning och säkerhetszon. Respektive del beskrivs i Bilaga 1-3. Här redovisas övergripande projektupplägg.

Underlagsrapporten är framtagen av Svante Berg och Per Strömgren, Movea Trafikkonsult AB. Underlagsrapporten behandla de delar som är säkerhetskritiska för Säkerhetszon.

2 Sammanfattning, förslag

Transportstyrelsen önskar utveckla begrepp och funktionstekniska krav för säkerhetszon. Idag definieras begreppet säkerhetszon som "zon närmast vägbanan utformad för att minska skadorna i avkörningsolyckor".

Utformningen av säkerhetszonen bygger främst på amerikanska undersökningar från 60-talet och framåt. Undersökningar av VTI på 70-talet har styrkt att säkerhetszon på ca 10 m har en positiv trafiksäkerhetseffekt. Senare studier har visat på fortsatt positiva effekter men speciellt räcketutvecklingen i Sverige och även fordonsutvecklingen påverkar utformningen av säkerhetszonen.

VGU säger idag "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).

"

Säkerhetszonen är enligt VGU mellan 5-12 m beroende på främst hastighet och flöde, se kap 6. Uppfylls inte kraven avseende säkerhetszon ska vägen utformas med räcke. I princip har VGU idag krav på hög sidoområdesstandard med säkerhetszon.

Projektet har tagit fram följande förslag på kravformulering:

"Vägar skall ha sidoområden eller skyddsanordning som är utformade så att personskador vid en avkörning begränsas

Kravet bör gälla vid nybyggnad på vägar med XXXX flöde och XX km/h.

"

Konsekvensanalys

Om tolkning av krav görs av väghållare (TRV) är det ingen större förändring.

3 Resultat diskussion

Avgränsning

Enbart vad som är säkerhetskritiskt för säkerhetszon beaktas.

Vem har ansvaret för säkerhetszon?

Väghållaren (TRV) har i sina interna krav föreskrivet säkerhetszon. I Väglagen kan vissa begrepp som rör vägområde översättas till säkerhetszon.

Varför säkerhetszon?

Zon närmast vägbanan utformas för att minska skadorna vid främst avkörningsolyckor. Främst amerikanska studier från 60-talet och framåt ligger till grund för säkerhetszon. Studier i Sverige på 70 talet på (VTI) bekräftar positiva effekter.

Studier har byggt på hur långt fordon har hamnat i terrängen samt avkörningsvinklar. Generellt har man funnit att "större" del av fordon hamnar innanför 10 m från vägren (~85%), dock osäkra källor. Det har visat sig ovanligt med avkörningsvinklar över 10 grader. Studier har även påvisat att flacka slänter är positivt för trafiksäkerheten, vid 1:4 välter sällan fordon och vid 1:6 är det fortfarande möjligt att styra.

Framförallt i Sverige finns det en diskussion om räcke är bättre för trafiksäkerhet än säkerhetszoner. Förutom utveckling av räcken har fordonsflotta ändrats kraftigt sedan de första studierna. Risken att omkomma har minskat betydligt i nya bilar och ex. säkerhetsbälte, krockkuddar etc gör att troligen har effekterna av säkerhetszon minskat över tid. Generellt är det dock fortfarande farligt att krocka med föremål vid avåkning, kanske främst träd.

Vilken säkerhetszon?

Syftet med säkerhetszon är att undvika eller minska skadeföljd vid avåkning. Normalt delas säkerhetszon in i fyra olika delar utifrån att förhindra skada för;

1. passagerare/förare vid avåkande,
2. passagerare/förare annat fordon,
3. tredje hen skadas i samband med avåkning samt
4. objekt (skyddsvärda) skadas i samband med avåkning

Beroende på de olika "olycksscenerierna" ovan borde olika krav för att förhindra skada ställas. Idag finns det dock inget underlag (läs effektsamband) för olika krav.

I princip har VGU idag krav på hög sidoområdesstandard med säkerhetszon. De krav som idag finns i VGU har stöd i tidigare (äldre) studier. Det är mer oklart om de detaljerade råden har dokumenterad grund. De krav som finns i VVFS är i princip i linje

med de krav på säkerhetskritisk användning, möjligen kan flera alternativ ges. Standard (optimering) bör utredas beroende på hastighet etc. En utveckling av VVFS kan lyda: "Vägar skall ha sidoområden eller skyddsanordning som är utformade så att personskador vid en avkörning begränsas"

Man kan även argumentera för att räcke kan vara en bättre lösning än säkerhetszon. Vidare utredning får visa om det är möjligt/bättre att ställa krav på räcke.

4 Lagstiftning och regler

Sammanfattning

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 ...". Ex gäller byggnation inte tillåtet med 12 m avstånd från vägområdet om inte länsstyrelsen godkänner.

I TRVs 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 Effektsamband Säkerhetszon

Sammanfattning

De flesta effekt-studier av säkerhetszoner är främst amerikanska undersökningar. Det finns motsvarande från 70 talet i Sverige (VTI). Effekt-studierna pekar mot att ca 10 m säkerhetszon samt flacka slänter (1:4) ökar trafiksäkerheten. Det finns motstridiga uppgifter om räcke är "bättre" än säkerhetszon. Generellt är krock med fasta objekt och i synnerhet med träd bra att undvika.

Framförallt i Sverige finns det en diskussion om räcke är bättre för trafiksäkerhet än säkerhetszoner. Förutom utveckling av räcken har fordonsflotta ändrats kraftigt sedan de första studierna. Risken att omkomma har minskat betydligt i nya bilar och ex. säkerhetsbälte, krockkuddar etc gör att troligen har effekterna av säkerhetszon minskat över tid.

Effektkatalogen (Version 2015-04-01 samt 2016-04-01)

Enbart hänvisning till VGU, inga effekter redovisas i Effektkatalogen.

Trafikksikkerhetshåndboken TØI

Kommentar: mest Amerikanska undersökningar med delvis motstridiga slutsatser.

"1.12 Utbedring av vegers sideterreng

Släntutformning betydelse for olyckor samt skadegrad.

Faste hindringer nær vegen kan øke ulykkestallet ved at de nedsetter sikten og gir mindre margin for å gjenvinne kontrollen over et kjøretøy som er kommet ut av kontroll.

Avstanden mellom vegkanten og de faste hindringene har vesentlig betydning for sannsynligheten for å treffe hindringen, og befinner hindringen seg i en ytterkurve, eller på en trafikkøy, øker sannsynligheten for påkjørsel ytterligere. Derfor er det ofte definert soner ved vegen hvor det ikke skal være noen faste hindre (såkalte clear zones; Kloeden m.fl., 1999).

Det relative antallet ulykker er gjennomsnittlig 21,3% høyere på vegger med et sideterreng i den farligste kategorien enn på vegger hvor sideterrenget er i den ufarligste kategorien. Det er ikke mulig å beregne et konfidensintervall.

Tabell 1.12.2: Sammenheng mellom RHR og antall ulykker i studien til Vogt og Bared (1998).

Roadside hazard rating	Skråning	Avstand mellom vegskulder og objekter (stolper, trær, fjell)	Mulighet for å gjenvinne kontroll	Relativt antall ulykker (alle ulykker)
1	1:4 eller flatere	> 9m	mulig	1,00
2	1:4 eller flatere	6m - 7,5m	mulig	1,07
3	1:3 eller 1:4	3m	vanskelig	1,11
4	1:3 eller 1:4	1,5m - 3m	vanskelig	1,14
5	1:3	1,5m - 3m	nesten ikke mulig	1,17
6	1:2	< 1,5m	ikke mulig	1,19
7	1:2 eller brattere	< 1,5m	ikke mulig, stort skadepotensial	1,21

Tabell 1.12.4: Virkninger av økt avstand til sidehindre på antall ulykker. Prosent endring av antall ulykker.

Ulykkens alvorlighetsgrad	Prosent endring av antall ulykker		
	Ulykkestyper som påvirkes	Beste anslag	Usikkerhet i virkning
<i>Fjerning av ett tre fra vegkanten (0-18m fra skulderen; 805m lang strekning)</i>			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-8	(-17; +2)
<i>Fjerning av fast objekt fra vegkanten</i>			
Uspesifisert skadegrad	Alle ulykker	-2	(-4; 0)
<i>Kollisjon uten tre vs. kollisjon med tre</i>			
Drept eller alvorlig skadet i kollisjon	Alle ulykker	-67	(-91; +19)
<i>Kollisjon uten fast objekt vs. kollisjon med fast objekt</i>			
Drept eller alvorlig skadet i kollisjon	Alle ulykker	-34	(-53; -6)

”

6 Säkerhetszon (VGU)

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 6.1.

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/ tätortsgenomfart	Nybyggnad	ÅDT-Dim > 8000	≥ 8
			ÅDT-Dim 2000-8000	≥ 7
			ÅDT-Dim 1000-2000	≥ 6
			ÅDT-Dim < 1000	≥ 5
60	huvudväg/	Nybyggnad		≥ 3

	tätortsgenomfart			
40	huvudväg/ tätortsgenomfart	Nybyggnad		≥2

I TRVK finns för

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).

Vid bank ökas säkerhetszonen enligt följande:

Bankhöjd	Tillägg för 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.

Smärre justeringar har gjorts i VGU 2015:

”Justeringar av sidoområde och säkerhetszon. Låg standard för säkerhetszon har tillkommit. Viltstängsel godtas i säkerhetszonens ytterkant.

”

Referenser

AASHTO (2004), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 5th edition.

Greibe P. (2007), Braking distance, friction and behavior, Trafitec, Scion-DTU

Lilja B., Nilsson A. och Ohlsson E. (1971), Friktionsegenskaper hos asfaltbetong och ytbehandling. Statens Väg och Trafikinstitut VTI rapport nr 5, 1971.

Trafikverket (2012), TrVK Vägutformning, TrV Publikation 2012:179.

Vägverket (2006), VGU - nya riktlinjer för stoppsikt i vänsterkurva på mittremsor med mitträcke, PP 10 A 2006:14206.

Vägverket (2004), Vägars och gators utformning – Grundvärden. VV publikation 2004:80.

Vägverket (1983), Dokumentation av färdtekniska grundvärden och linjeföring. Meddelande TU 1983:4.

Trafikksikkerhetshåndboken (TÖI)
<http://tsh.toi.no/>