

Sammanfattning: Hållbar Tillgänglig Cykling

Falun

Hållbar Tillgänglig Cykling

Datum 2017-02-01
Uppdragsnummer
Utgåva/Status 1.0

BERG SVANTE
Uppdragsledare

Johnny Alf
Handläggare

Granskare

Ramboll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 61661038646000

Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Sammanfattning.....	1
----	---------------------	---

BILAGOR

PM Cykel Sikt

PM Cykel Energi

Workshop CykelSikt 2015-01-23

Workshop CykelEnergi 2016-09-14

Hållbar Tillgänglig Cykling

1. Sammanfattning

Detta projekt är finansierat av Trafikverket forskning och utvecklings program. Resultat samt rekommendationer är projektets och behöver ej överensstämma med Trafikverkets.

Målet med detta projekt var att ta fram grundvärden samt rekommendationer för sikt, lutning, stigning och energi för att åstadkomma bättre utformning för cykelinfrastruktur för projektering på "VGU"-nivå (Vägar och gators utformning). Syftet är att ge rekommendationer för ökad hållbar och tillgänglig cykling.

Projektet är uppdelat i 2 delar och frågeställningar:

- Sikt, vilken sikt (stopp, färd m.m.) bör man utforma efter?
- Energi, hur mycket påverkar lutning, stigning etc energi för cyklister?

Dessa 2 frågeställningar är hanterade separat och beskrives i PM Cykel Energi samt PM Cykel Sikt som är bifogade denna "kappa". Projektresultat redovisades vid 2 seminarium, OH från dessa är bifogade, Workshop CykelEnergi 2016-09-14 samt Workshop CykelSikt 2015-01-23.

Projektet har lett fram till förslag på utformning som blivit implementerade i TRVK (Publikation 2015:086) samt TRVR (Publikation 2015:087). Dessa förslag sammanfattas med kapitel-hänvisning från VGU:

Sikt: Tabell 3.2-2 Stoppsikt för cykel (TRVK)

	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 40 km/tim	55	45
Dim hastighet 30 km/tim	35	25 (20)
Dim hastighet 20 km/tim	20	15 (10)

Tabell. Föreslagen uppdatering av grundvärden för cyklisters stoppsikt. "Gamla" värden inom parentes.. Ny dim hastighet 40 km/h.

*) Endast efter väghållarens godkännande

De föreslagna värdena är baserade på en reaktionstid på 2 s respektive 1,5 s för önskvärd och minsta, retardation är 2 m/s² och bromsträckor är uppmätta.

Energi: 3.2.2.4 Lutning på cykelbanor (TRVR)

Cykelvägar bör inte anläggas med större lutning än 3%

Total stigning (höjdskillnad) bör beräknas för sträckan framförallt för pendlingsstråk då den är viktig för referenshastighet samt sträckans krav på prestation.

Medlut innebär möjlighet till högre hastigheter för cyklande, vilket leder till att stoppsträckor, cykelbanebredd samt separering från fotgängare etc måste ses över.

Kommentar: Längre medlut med måttlig lutning 1-2 % ger högre hastighet. Exvis ökar hastighet från ca 20 km/h till 25 km/h vid 1% samt från 20 km/h till 30 km/h vid 3% lutning vid samma effektuttag/prestation.

Kommentar projektresultat

För resultat och vidare forskning är det främst följande kritik som bör behandlas:

- Sikt, koppling mellan faktiskt utfall av olyckor och sikt har ej kunnat behandlats.
- Energi, kopplingen mellan energi, återhämtning och komfortvärden hos cyklist är ej utvecklade.

TRAFIKVERKET

DELRAPPORT: ÖVERSYN AV GRUNDVÄRDEN SIKT

Falun

DELRAPPORT: ÖVERSYN AV GRUNDVÄRDEN SIKT

Datum 2015-12-12
Uppdragsnummer
Utgåva/Status 1.0

BERG SVANTE
Uppdragsledare

Johnny Alf
Handläggare

Granskare

Ramboll Sverige AB
Skeppsgatan 5
211 11 Malmö

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 61661038646000

Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	1
1.1.1	Läsanvisning	1
2.	Förslag till nya grundvärden	2
3.	Sikt	3
3.1	Litteraturinventering	3
2.1.1	Sikt	4
3.1.1	Fältmätning	13
4.1.1	Beräkningar sikt	14
5.1.1	Sammanfattning sikt	15

BILAGOR

DELRAPPORT ÖVERSYN AV GRUNDVÄRDEN

1. INLEDNING

Följande rapport utgör en delrapport i FoI-projektet "Hållbar Tillgänglig Cykling". Syftet med denna delstudie har varit att göra en översyn av grundvärdet för sikt och föreslå nya eller uppdaterade grundvärden.

Utifrån fältförsök samt litteraturstudie föreslås en uppdatering av grundvärden som anges i Trafikverkets publikation "Krav för Vägars och gators utformning" (2012: 179) för stoppsikt.

1.1.1 Läsanvisning

I kapitel 2 "Förslag till nya grundvärden" ges en kort beskrivning samt förslag till uppdaterade grundvärden.

Kapitel 3 "Sikt" innehåller

- Litteraturinventering baserad på Vägars och gators utformning (VGU) (2004: 80), Krav för Vägars och gators utformning (2012: 181, 2012: 179 och 2012: 180) samt SWECOs rapporter Delrapport 1 och 2 (Litteraturstudie – Tillgängliga råd och riktlinjer för planering av cykeltrafik i Sverige samt Litteraturstudie - Internationell jämförelse).
- Beskrivning av fältmätning som legat till grund för nya grundvärden
- Beräkning av nya grundvärden.
- Sammanfattning av framtagna resultat

2. Förslag till nya grundvärden

Utifrån litteraturstudie samt fältstudier har förslag till ny text tagits fram gällande grundvärden för stoppsikt för cykel som föreslås ersätta befintliga i "Krav för Vägars och gators utformning" (2012:179). Det är både förändring av gällande grundvärden samt texttillägg som föreslås. Se tabell nedan, uppdatering är i fetstil och gamla värdet är inom parentes.

	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 40 km/tim	55	45
Dim hastighet 30 km/tim	35	25 (20)
Dim hastighet 20 km/tim	20	15 (10)

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-1. Föreslagen uppdatering av grundvärden för cyklisters stoppsikt.

*) Endast efter väghållarens godkännande

De föreslagna värdena är baserade på en reaktionstid på 2 s respektive 1,5 s för önskvärd och minsta, retardation är 2 m/s² och bromssträckor är uppmätta.

3. Sikt

Sikt är ett grundvärde som är viktigt för cyklister i många situationer. En god sikt är viktig för många kvaliteter och som exempel kan nämnas trafiksäkerhet, framkomlighet och trygghet. Sikt är starkt sammankopplat med hastighet och vid högre hastigheter har cyklister begränsade möjligheter att genomföra tvära kurvor. Därav bör utformning och linjeföring göras så att tillräcklig hänsyn tas till sikt men tyvärr saknas till stor del riktlinjer i Sverige.

I denna studie har grundvärden sikt för cyklister studerats. Cyklisters sikt kan indelas i

- Stopsikt – siktsträcka som krävs för att fordonsförare kan stanna sitt fordon inför ett uppdykande hinder.
- Färdsikt – siktsträcka som krävs för att en fordonsförare kan hålla önskad hastighet på ett trafiksäkert och komfortabelt sätt enligt vad i övrigt rådande förhållanden medger.
- Omkörningssikt – den siktsträcka som krävs för att ett fordon ska kunna genomföra en omkörning
- Sikt i korsningar – avser sikt i korsningar och normalt brukar en yta och inte sträcka användas för att definiera detta mått.

För att ta fram förslag till nya grundvärden har följande underlag använts:

1. Litteraturinventering där SWECOs rapporter Delrapport 1 och 2 (Litteraturstudie – Tillgängliga råd och riktlinjer för planering av cykeltrafik i Sverige samt Litteraturstudie - Internationell jämförelse) legat till grund för jämförelse mellan internationella grundvärden och motsvarande svenska.
2. Fältmätningar, för att utvärdera och verifiera grundvärden för stopp samt radie har fältmätning genomförts.
3. Beräkningar, utifrån grundvärden i "Krav för Vägars och gators utformning" (2012:179) samt beräkningsmetoder har grundvärden teoretiskt beräknats.

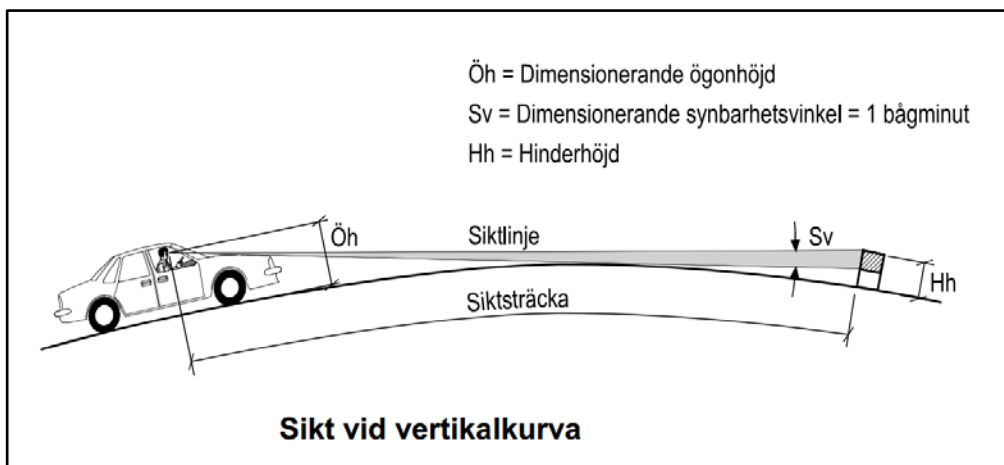
Detta underlag har varit grund för förslag på uppdatering av nya grundvärden.

3.1 Litteraturinventering

Nedan sammanställs material från den litteratur som behandlar grundvärden för sikt. Materialet är hämtat från den litteraturgenomgång som Sweco genomfört samt kompletterat med material från "Krav för Vägars och gators utformning" (2012:179, 2012:199 och 2012:181).

2.1.1 Sikt

I 2012:199 definieras siktlinje som den räta linjen mellan en fordonsförarens öga och ett av föraren observerat föremål. Motsvarande vägsträcka kallas siktsträcka.



Figur 1. Sikt i vertikalkurva enligt 2012:199

Stopsikt

I 2004:80 definieras stopsikt som den siktsträcka som fordras för att en fordonsförare ska kunna stanna sitt fordon före ett lågt hinder. Längden på sträckan avgörs av fordonsförarens reaktionstid och fordonets bromsförmåga. Stoppsräckan kan då delas in i en reaktionssträcka och en bromssträcka.

Reaktionstid

I "Vägars och gators utformning – begrepp och grundvärden" (2012:199) beskrivs cyklisters reaktionstid som den tid det tar att fatta beslut efter upptäckt av en trafiksituation och börja beslutad handling. När denna tid fortlöper gör trafikanten ingen åtgärd med anledning av de ändrande förhållandena som inträffat. I praktiken varierar reaktionstiden beroende på flera faktorer och den påverkas av trafikantens mentala och fysiska tillstånd, trafiksituation och vägmiljön.

I "Vägars och gators utformning – Grundvärden" (2004:80) hanteras reaktionstiden med tre standarder: god, mindre god samt låg.

TABELL 4-5 Cyklisters reaktionstid		
BESLUT	STANDARD	REAKTIONSTID (s)
Stanna/kör i korsning	God	2,0 eller mer
	Mindre god	1,5-2,0
	Låg	Mindre än 1,5

Figur 2. Angivna standarder för cyklisters reaktionstid enligt VGU 2004:80

I den nyare publikationen (2012:199) anges nedanstående för reaktionstiden.

Tabell 2.4-6 Cyklisters reaktionstid		
Beslut	Trafikmiljö	Reaktionstid (S)
Stanna/kör i korsning	Landsbygd	2,0 eller mer
	Tätort	1,5-2,0

Figur 3. Angivna standarder för cyklisters reaktionstid enligt VGU 2012:199

Värdena är samma med undantag att det lägsta tagits bort men de motsvarar olika kravnivåer och när de ska tillämpas har omformulerats från standard till trafikmiljö.

Retardation

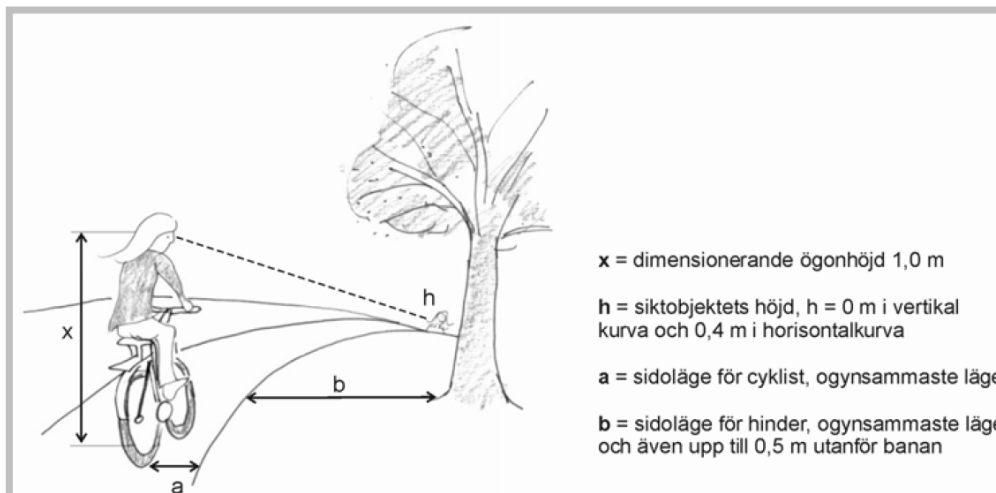
I 2004:80 anges grundvärden för att dimensionera cyklisters bromssträckor. Samma värden anges även i den nuvarande versionen 2012:199.

TABELL 4-2 Cyklisters retardation		
STANDARD	RETARDATION (m/s ²)	ANM.
God	0-2,0	Mjuk bromsning.
Mindre god	2,0-3,0	Relativt hård bromsning, kräver sandad vinterväg.
Låg	>3,0	Hård bromsning, ej möjlig vid vinterväglag.

Figur 4. Angivna standarder för cyklisters retardation i både 2004:80 och 2012:199.

Stopsikt

I 2004:80 står att en cykelväg bör utformas så en cyklist kan bromsa i kurva eller stanna inför hinder utan att dimensionerande retardaton eller friktionstal överskrids. I både 2004:80 och 2012:179 står att när stopsikt bestäms ska lägen för parametrar enligt Figur 5. Definitioner av stopsikt enligt 2004:80.



Figur 5. Definitioner av stoppsikt enligt 2004:80.

I 2004:80 anges enligt nedan standarder för stoppsikt.

	STANDARD									
30 km/h					Låg		Mg	God		
20 km/h			Låg	Mg	God					
	0	5	10	15	20	25	30	35	40 (m)	

Figur 6. Angivna standarder enligt VGU 2004:80.

Till tabellen anges

Standard	Krav
God	Cyklisten har minst 2 sekunder på sig att reagera innan hindret och kan bromsa in bekvämt, vilket ger retardation på 2 m/s ²
Mindre god	Cyklisten måste bromsa in mindre bekvämt med en retardation på 3 m/s ²
Låg	Cyklisten måste bromsa in hårt för att inte kollidera och har endast 1 sekunds reaktionstid.

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-2. Kommentar i 2004:80 till stoppsikt.

I 2012:179 anges minsta önskvärda respektive godtagbara sikt i nedanstående tabell.

Tabell 3.2-2 Stoppsikt för cykel

Stoppsikt (m)	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 30 km/tim	35	20
Dim hastighet 20 km/tim	20	10

*) Endast efter väghållarens godkännande

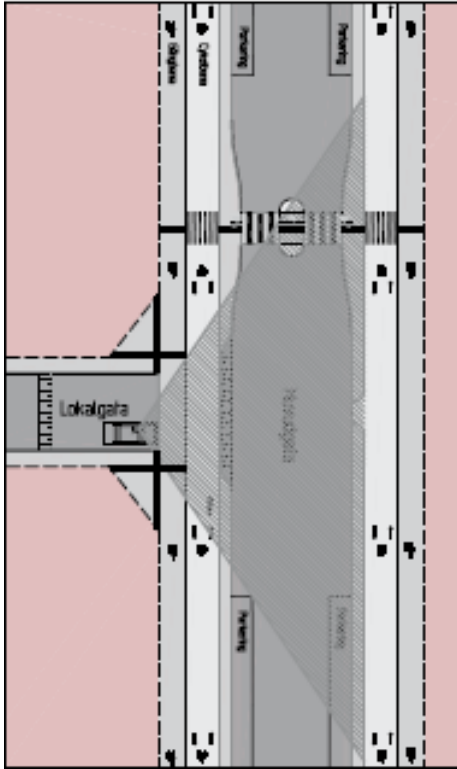
Figur 7. Stoppsikt enligt VGU 2012: 179.

I "GCM-handboken – Utformning, drift och underhåll med gång, cykel och mopedtrafik i fokus" (Sveriges kommuner och landsting och Trafikverket 2010) rekommenderas att man använder sikttrianglar för att bestämma sikt. Från ögonhöjd mätt definieras följande klasser

Standard	Sikthöjd (m)
God	1
Mindre god	1,15
Låg	1,5

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-3. Stoppsikt enligt GCM-handboken.

I "Cykeln i staden - Utformning av cykelstråk i Stockholms stad" (Trafikkontoret Stockholms stad 2009) rekommenderas också att sikttrianglar används i korsningar med 10 m sidor i trianglarna.

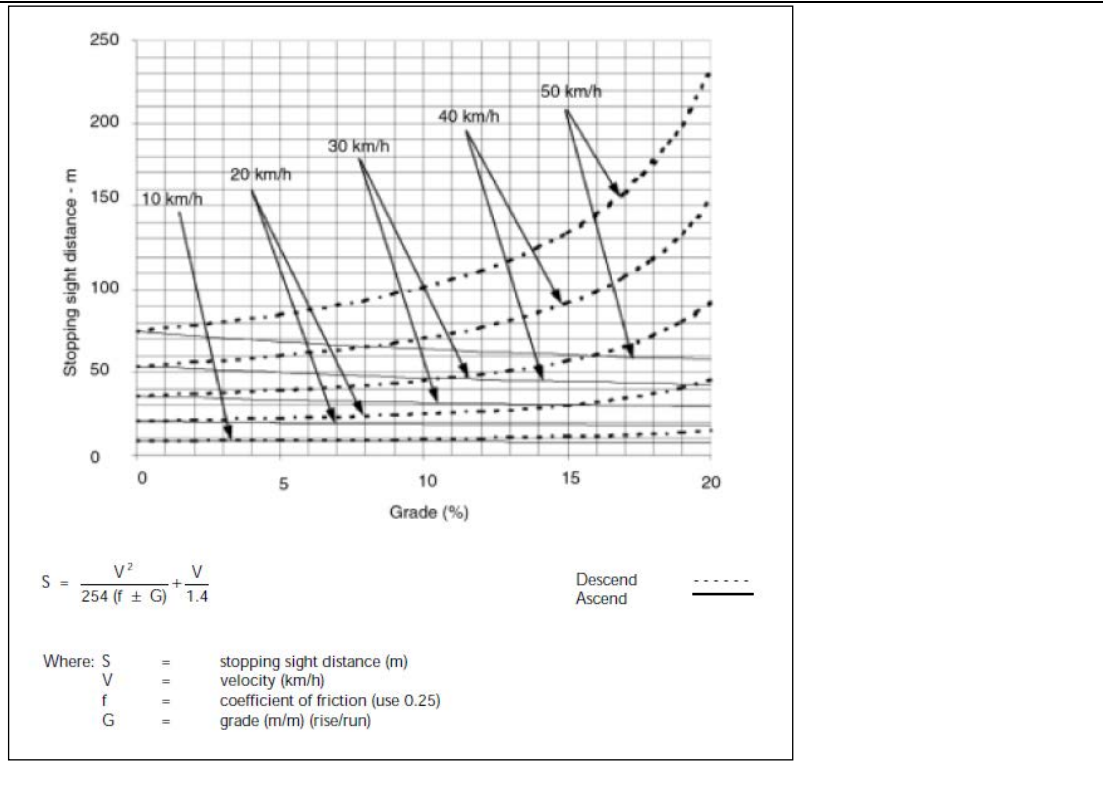


Figur 8. Sikttriangel (från GCM-handboken)

Stopsikt hanteras i ett flertal utländska publikationer. I nedanstående tabell anges värden från andra länder.

Publikation	Hastighet (km/h)	Stopsikt (m)	Kommentar
Byernes trafikarealer: forudsætninger for den geometriske udformning. (Vejdirektoratet, 2000, Danmark)	10 25	8 26	Korsning med väjningsplikt Korsning utan väjningsplikt
Design Manual for Bicycle Traffic (CROW, 2007, Nederländerna)	20 30	21 40	2 s reaktionstid och retardation på 1,5 m/s ² .
Design Manual for Roads and Bridges (Nationella riktlinjer i Storbritannien, 2005)	10 30	10 30	
Cycle Infrastructure Design (Department for Transport, 2008, USA)	20 30	15 25	Pendlingssträcka Lokal sträcka

Guide for the Development of Bicycle Facilities (American Association of the State Highway and Transport Officials (AASHTO), 1999, USA)



Highway Design Manual (HDM) (CALTRANS, 2009, USA)			
Sykkelhåndboka: utforming av sykkelanlegg (Statens Vegvesen, 2002, Norge)		20 40	Gäller vid < 3 % lutning Gäller vid > 5 % lutning och vid nedförsbackar.
Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) 2006, Tyskland)	30 40	22 33	Linjeföring finns endast rekommenderat för motortrafik men gäller även för cykeltrafik. 0 % lutning för bägge.

Tabell 4. Sammanställning över riktlinjer för stoppsikt från utländska publikationer. Källa Rapport

Färdsikt

Färdsikt för cyklister hanteras sparsamt i den inventerade litteraturen. Begreppet färdsikt kan definieras som den sikt en cyklist bör ha för att kunna färdas på ett säkert och komfortabelt sätt och att sikten inte påverkar valet av hastighet eller annat körbeteende när cyklisten inte påverkas av något. Exempel på parametrar som kan vara relevanta för färdsikt är

- Cykelbanans bredd
- Cykelbanans lutning
- Tvärfall
- Radier
- Beläggning
- Vägkonstruktioner som broar eller tunnlar
- Vägutrustning som räcken och vägmärken
- Vägmarking
- Belysning
- Sidoområden t.ex. vegetation, öppna ytor eller fastigheter.
- Cykelnätets standard och klass t.ex. huvudstråk.
- Regleringsformer
- Trafikriktningar
- Trafikflöde
- Trafikanttyper
- Fordonstyper och fördelning
- Korsningspunkter
- Drift och underhåll t.ex. uppläggning av snövallar eller vägbanans friktion.

Det är endast Nederländska handboken Design Manual for Bicycle Traffic som behandlar färdsikt. I handboken delas sikt i färdsikt (riding visibility, "rijzicht"), stoppsikt (braking visibility "remzicht"), och sikt i korsning (approach visibility, "oprijzicht"). För färdsikt står att en cyklist bör ha en tillräcklig överblick över vägen, cykelbanan och korsningspunkter för att kunna färdas på ett säkert och komfortabelt sätt. Man använder begreppet komfortsikt och sätter det till den sträcka som man färdas under 8 till 10 sekunder. Vidare sätts minsta färdsikt till den sträcka som motsvarar 4 till 5 sekunder.

Följande tabell redovisas för färdsikt, uppdaterad med 8-10 sek

Dimensionerade hastighet/ färdsikt	Huvudcykelnät	Övrigt cykelnät
		30 km/h
8-10 sekunder	67-83 m	44-56 m
4-5 sekunder	35-42 m	22-30 m

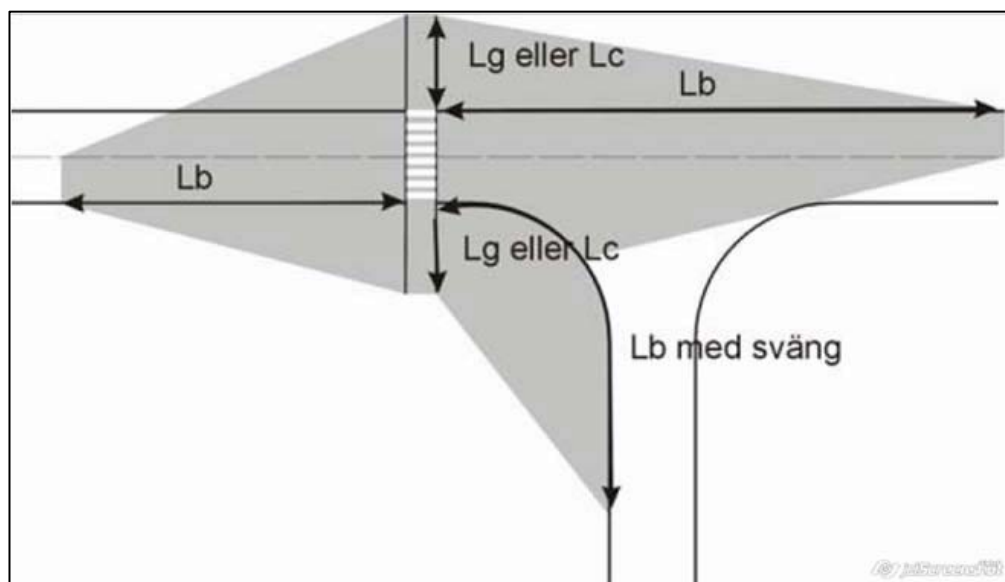
Tabell 5. Färdsikt enligt Design Manual for Bicycle Traffic

Samma publikation anger ju enligt ovan minsta stoppsikt på 21 respektive 40 m för 20 och 30 km/h.

Färdsikt bör kunna delas upp efter sträcka utan anslutningar och sträcka med anslutningar. Med anslutning avses här t.ex. andra cykelbanor, trottoarer eller in- och utfarter till fastigheter. På rena sträckor fungerar siktsträckor rakt fram men för anslutningar kan det vara mera relevantt att använda sikttrianglar eller någon annan form av yta där cyklisten har överblick över situationen.

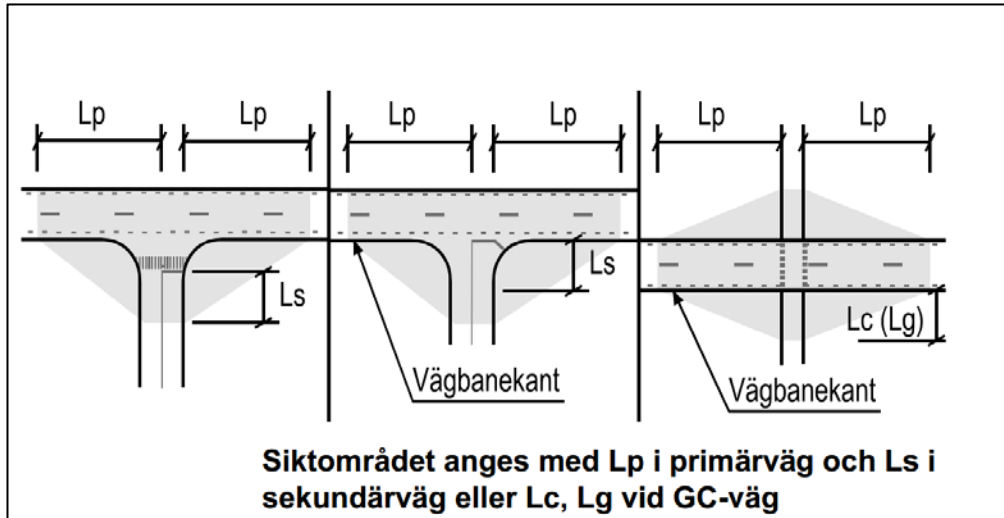
Sikt i korsning

Detta är färdsikt och stoppsikt fast kopplad till korsningspunkter. Hur en korsning dimensioneras avgörs till stor del av siktförhållandena. I Figur 9. Skiss över relevanta mått i korsningar visas L_c och L_b som är stoppsikt för cyklande respektive bilar enligt 2004:80.



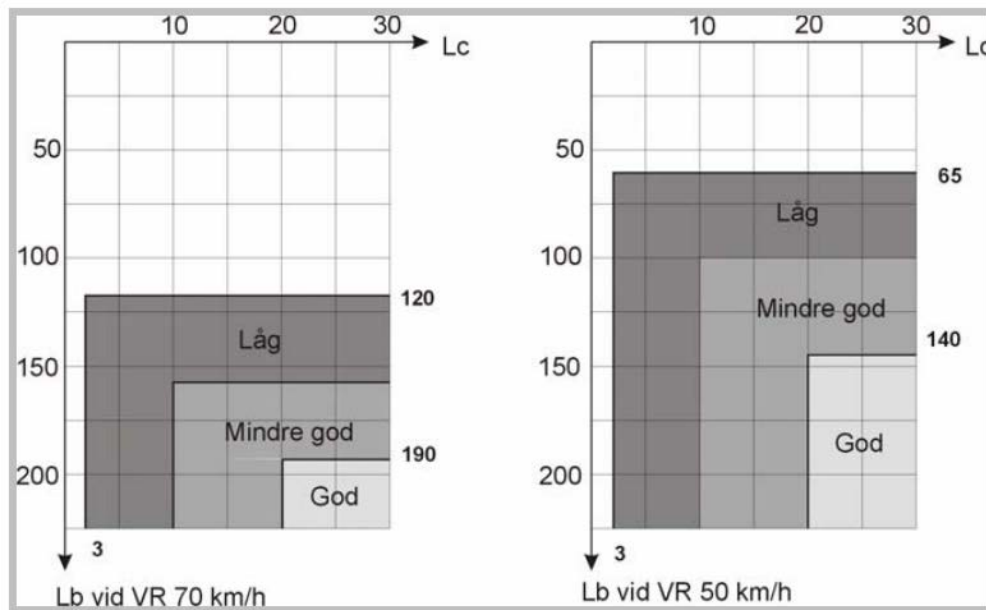
Figur 9. Skiss över relevanta mått i korsningar (2004:80).

I 2012:199 definieras sikt i korsning enligt figur nedan.



Figur 10. Siktområden i korsningar (2012:199).

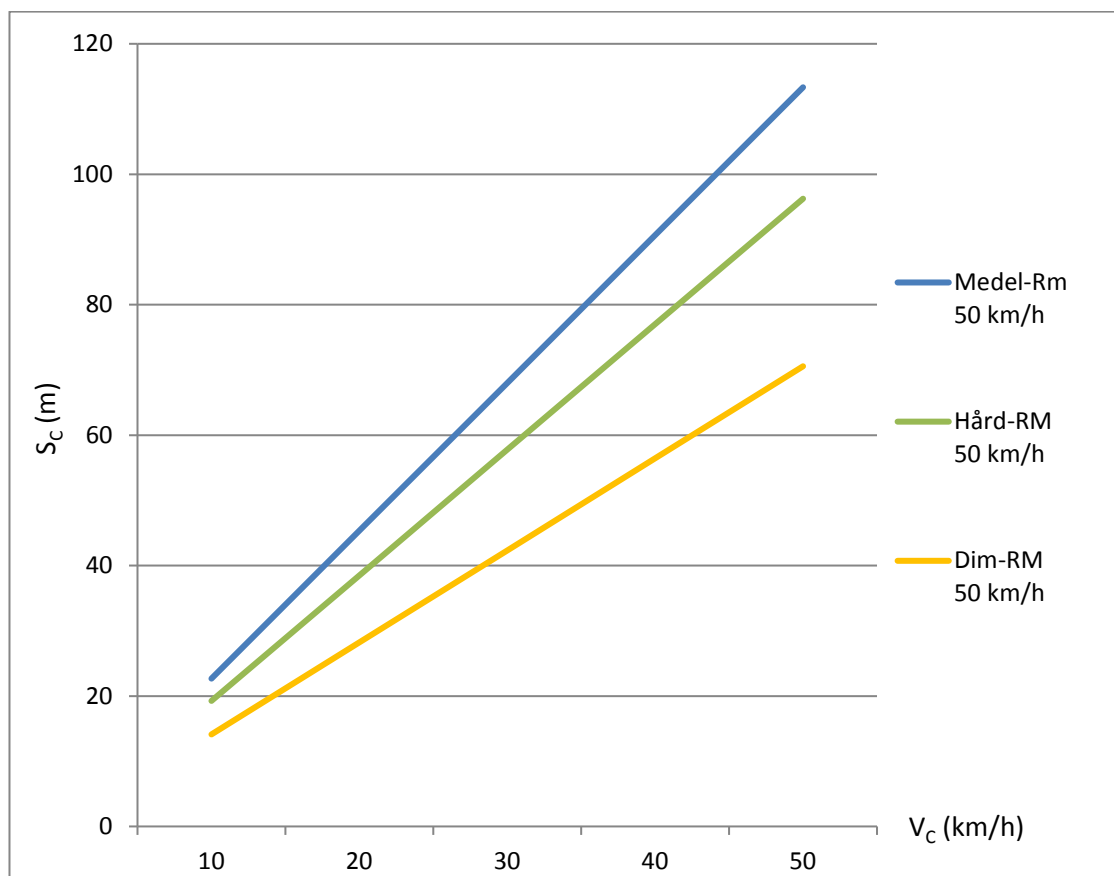
I 2004:80 anges längder på Lc och Lp för olika standarder.



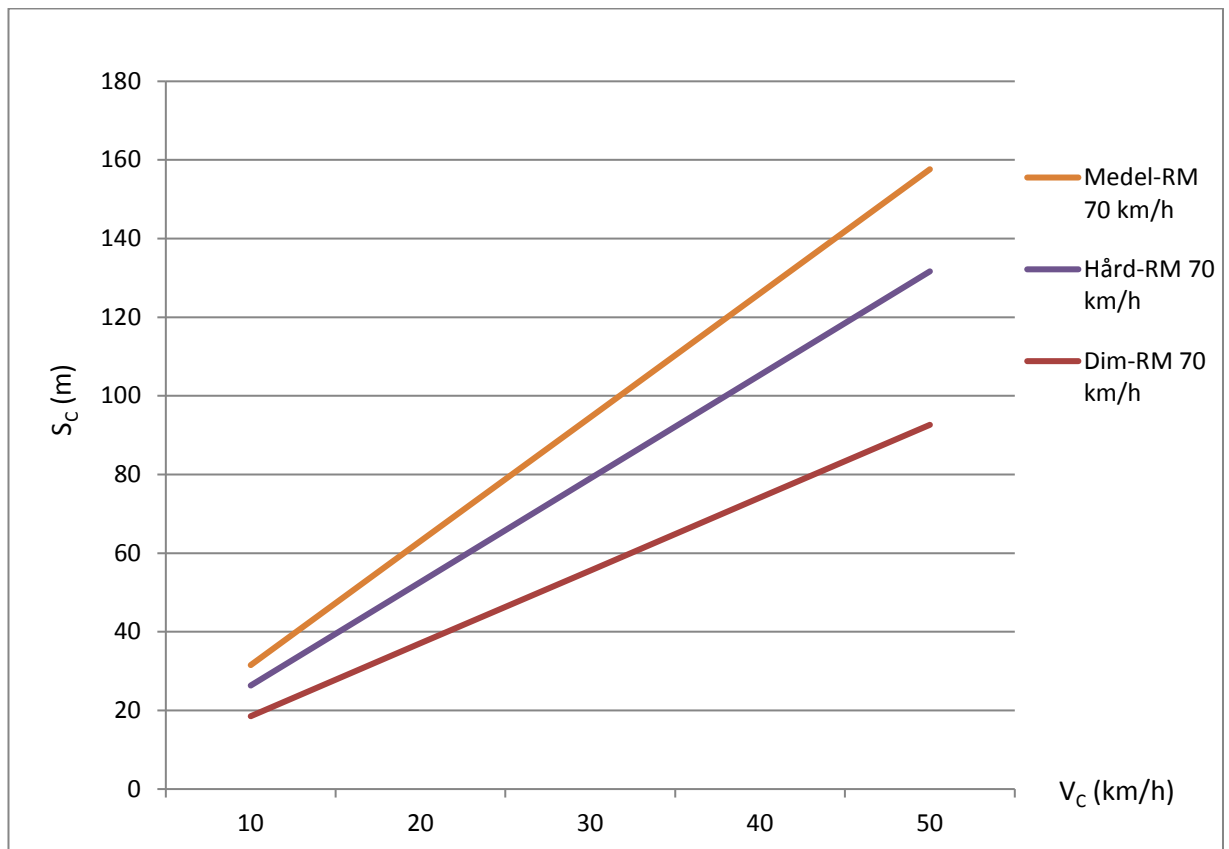
Figur 11. Siktområde vid cykelpassage/överfart i huvudnätet (2004:80).

God standard innebär att cyklister kan färdas i en hastighet på 20 km/h och fatta beslut om att stanna eller köra med 2 s reaktionstid och bekväm bromsning och hinna passera om inga bilar finns i siktområdet. Mindre god standard innebär samma villkor fast med färdhastighet 10 km/h och vid låg standard måste cyklisten stanna.

Värden för L_c och L_b är inte helt självklara. Något som kan vara intressant att studera är vilka sträckor motorfordon och cyklar avverkar i olika situationer. Om ett motorfordon kan retardera på plant underlag enligt de tre klasserna dimensionerade (100 %) hård (62 %) och medel (50 %) så hinner en cyklist som har en viss hastighet en viss sträcka under den tid det tar för motorfordonet att stanna. Nedanstående figurer visar vilka sträckor S_c en cykel hinner med hastigheten V_c (10-50 km/h) under motorfordonens retardationstid från 50 respektive 70 till 0 km/h. Motorfordonsförare har en reaktionstid på 2 sekunder.



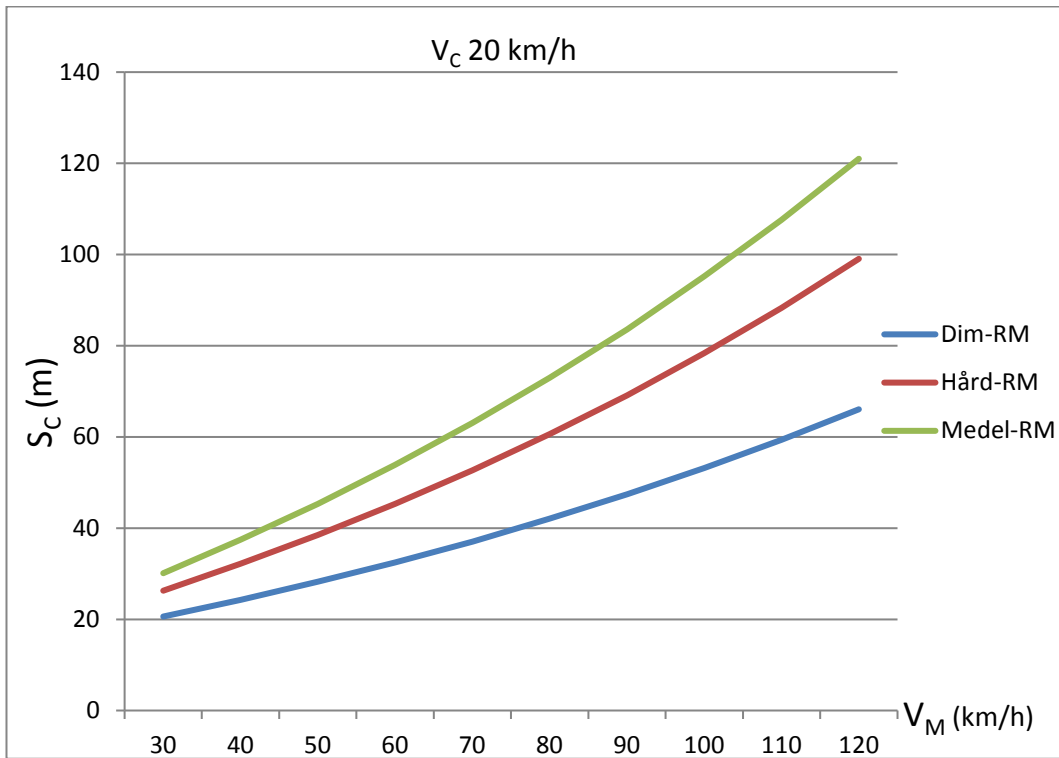
Figur 12. Sträcka som cyklar hinner passera under motorfordonens retardationstid från 50 km/h.



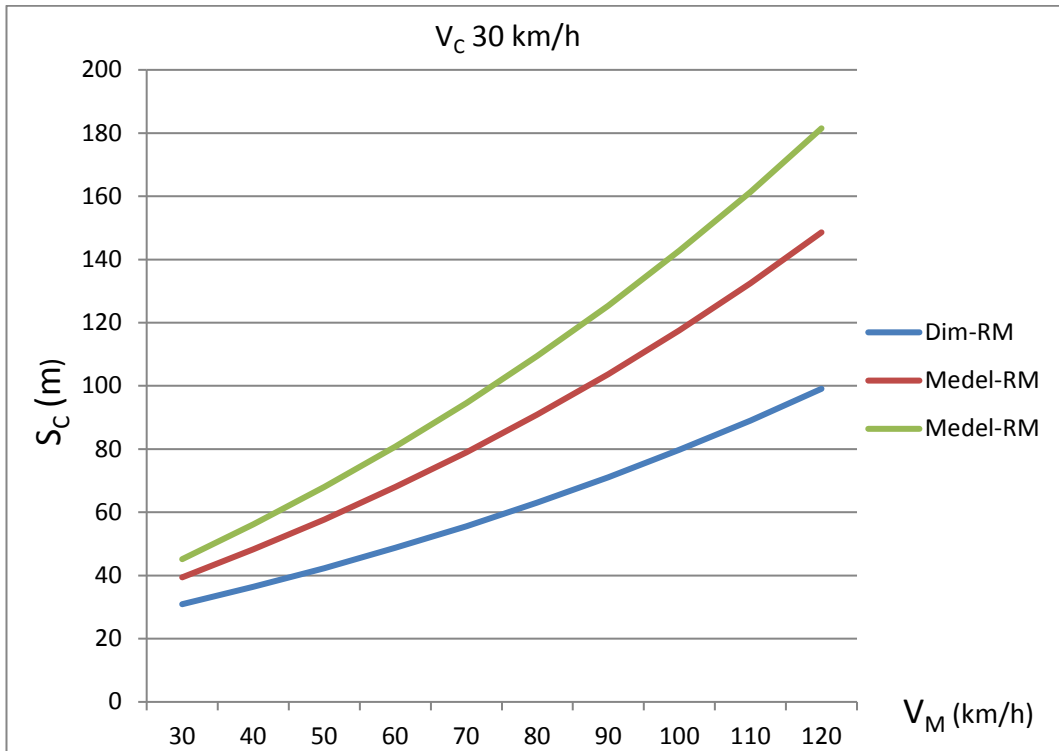
Figur 13. Sträcka som cyklar hinner passera under motorfordonens retardationstid från 70 km/h.

Figurerna visar att för motorfordonshastighet 50 km/h hinner en cykel i 20 km/h och 30 km/h 28, 38 och 45 respektive 42, 58 och 68 m. För 70 km/h hinner en cykel 37, 53 och 63 respektive 56, 79 och 95 m. Cykelns stoppsträcka är med 2 s reaktionstid och retardation på 2 m/s^2 19 respektive 34 m.

Nedan visas vilka sträckor en cykel hinner i 20 och 30 km/h för stoppsträckor enligt de tre retardationsklasserna för motorfordonshastigheter mellan 30-120 km/h

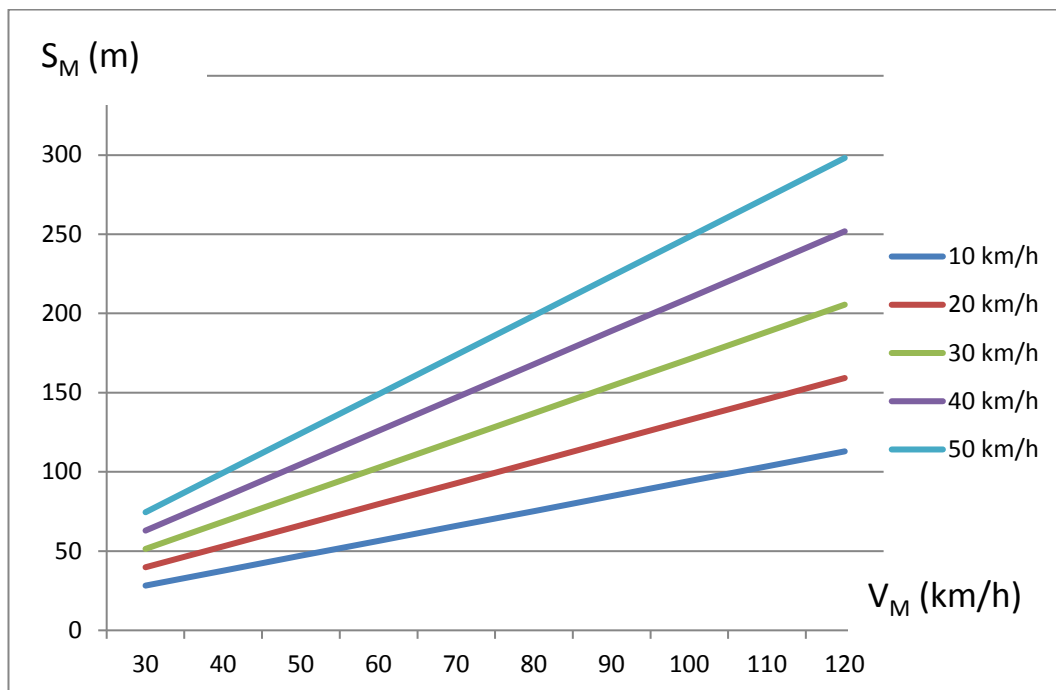


Figur 14. Sträcka som cykel hinner passera med hastighet 20 km/h.



Figur 15. Sträcka som cykel hinner passera med hastighet 30 km/h.

Graf nedan visar de sträckor motorfordon hinner för hastigheter mellan 30-120 km/h under den tid en cykel retarderar till 0 km/h från hastigheter mellan 10-50 km/h.

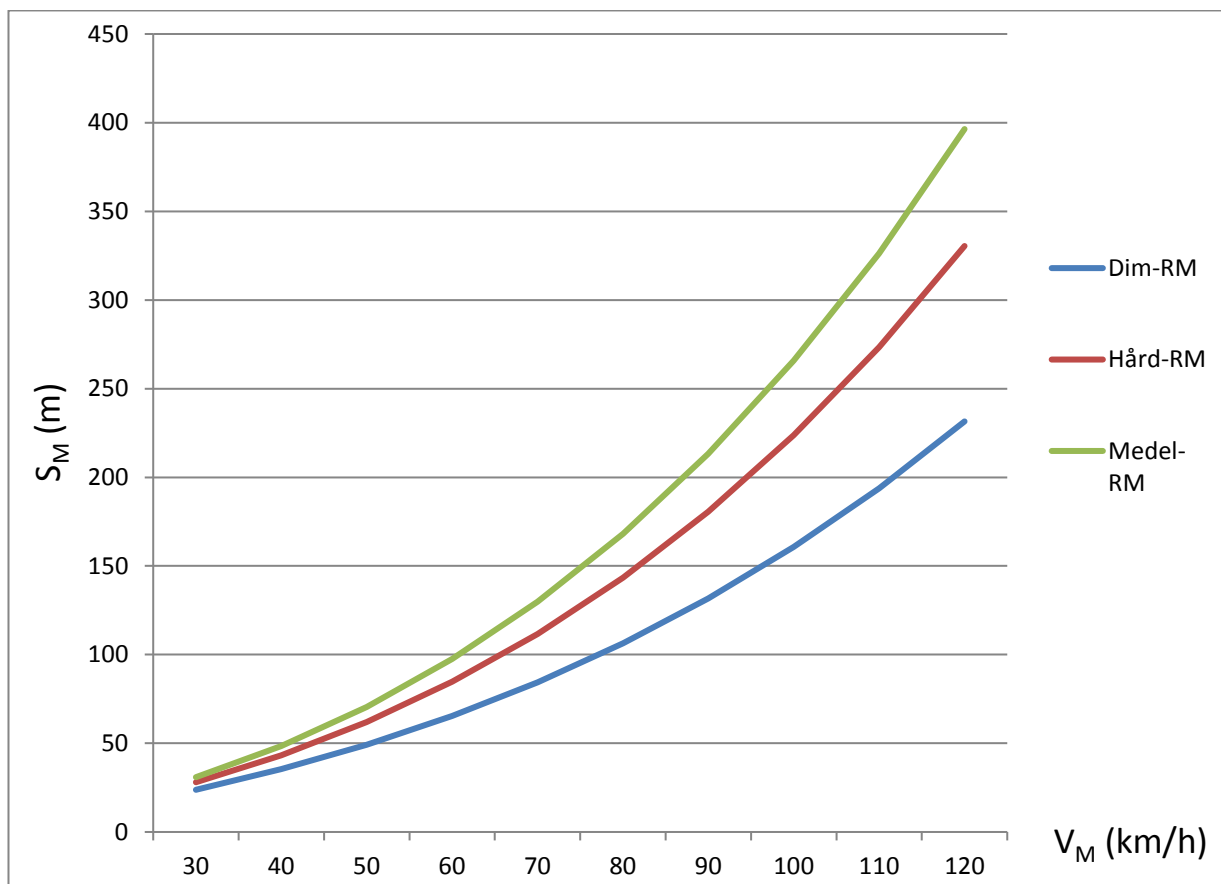


Figur 16. Färdsträcka för motorfordon under cyklars retardationstid.

I interaktionen mellan motorfordon och cyklar vid cykelpassager påverkas normalt bägge trafikantgruppernas beteende t.ex. i form av minskad hastighet eller stopp. Resonemang och figurer ovan representerar två "extremfall".

1. Motorfordon bromsar
Det definieras som att motorfordon bromsar medan cykel fortsätter oförändrat. Dimensionerande faktor är att motorfordon ska kunna stanna helt senast vid konfliktpunkt.
2. Cykel bromsar
Definieras som att cykel bromsar medan motorfordon fortsätter oförändrat. Dimensionerande faktor är att cykel ska kunna stanna helt senast vid konfliktpunkt.

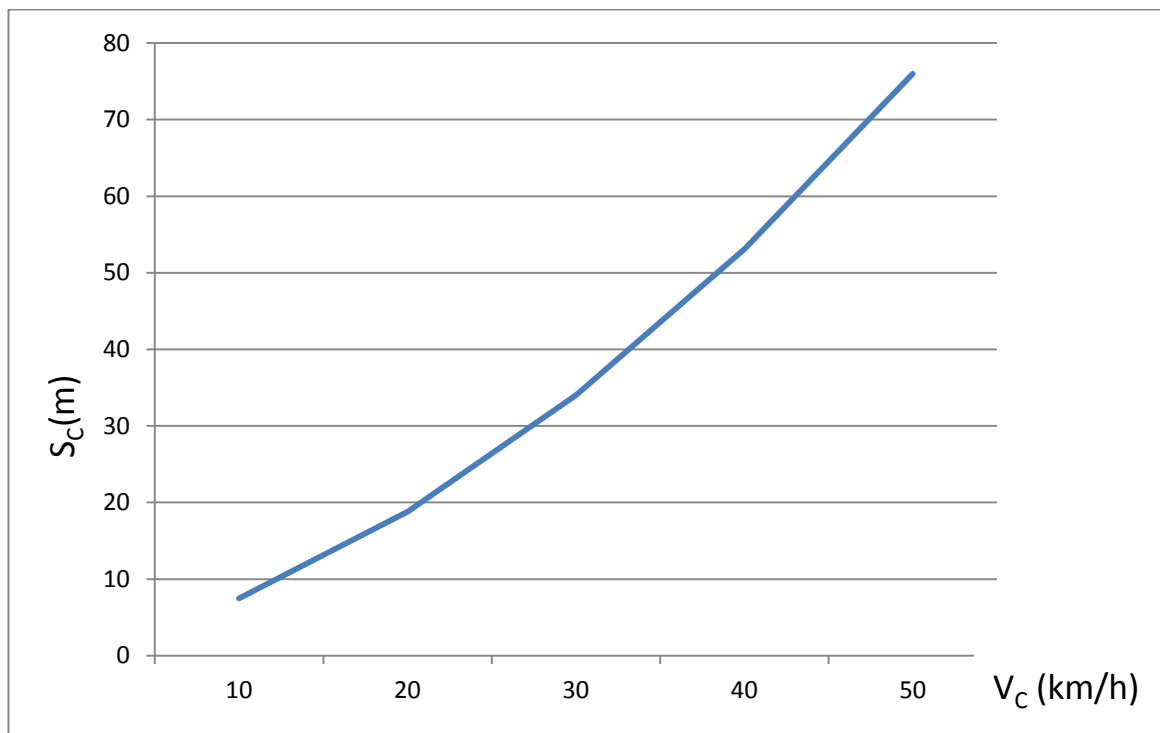
För fall 1 visas motorfordons stoppsträckor i figur nedan.



Figur 17. Motorfordons stoppträckor.

För 50 och 70 km/h är beroende på retardationsklass spannet mellan 49-71 m respektive 84-130 m. Detta innebär att dessa värden inte överskrider L_b enligt 2004:80. Dock påverkas L_c av principen att en fordonsförare ska kunna stanna innan cykel når konfliktpunkt om denne fortsätter i oförändrad hastighet. För cykelhastighet på 20 km/h blir färdsträckor enligt ovan 28-45 m respektive 42-68 m. Detta innebär att om en fordonsförare ska kunna stanna innan konfliktpunkt måste föraren ha upptäckt en cyklist på det avståndet (eller motsvarande tid). Dessa värden är betydligt större än angivna värden på L_c enligt ovan. Dock är L_b och L_c angivna enligt en annan princip att vid god standard ska en cykel kunna passera obehindrad om inga fordon finns i siktområdet d.v.s. L_b . Att L_c ska ha värden i storleksordningen som ovan och att överfarter ska dimensioneras utifrån att cyklars framfart inte påverkas alls är inte realistiskt men är intressant att studera som ett extremfall. I normal stadsbebyggelse är det inte möjligt med så långa sikt avstånd rätvinkligt mot fordonsvägen. Vidare är troligen siktspannet hos fordonsförare begränsat så att det endast ger begränsat mervärde med ett så långt L_c . Dock kan man arbeta med tidsvärden d.v.s. retardations- och färdtider och på sätt påverka hastigheten hos de bägge trafikantgrupperna.

För fall 2 visas cyklars stoppsträckor med 2 s reaktionstid och retardation på 2 m/s² visas i figurer nedan.



Figur 18. Cyklars retardationssträcka.

I detta fall blir cykelns retardationsträcka L_c. Sträckan är 19 m för cykelhastighet 20 km/h vilket motsvarar ungefär lägsta värde för L_c enligt god standard. L_b ska enligt god standard vara minst 140 m d.v.s. det tar 10 sekunder att för en bil att köra den sträckan. Stoptid för cykeln är 4,7 s och passeringstid för L_c och passage som är 8 m blir 4,9 s. För 30 km/h blir stoppsträckan 34 m.

Syftet med graferna ovan är att illustrera att en cyklist hinner normalt avverka en längre sträcka än L_c i 2004:80 under den tid ett motorfordon retarderar. Värdena baseras på att en cyklist oförändrat fortsätter sin färd och att motorfordon upptäcker cyklist och börjar retardera. Detta innebär sikttrianglar med en sida motsvarande fordonets stoppsträcka och en sida motsvarande den sträcka som cykeln som hinner passera under motorfordonets retardationstid. För dimensionerande retardation blir då med V_M 50 km/h och V_C 20 km/h L_B 49 m och L_C 28 m. För V_M 70 km/h blir det 84 m och 37 m. Vid mildare retardationer blir avstånden betydligt större, som längst blir L_c 63 m vid 70 km/h och medelretardation.

I Design Manual for Bicycle Traffic anges nedanstående.

Sträcka (att korsa) (m)	Tid (att korsa) (s)	Mötandesikt vid olika hastighet (V85)			
		30 km/h	50 km/h	70 km/h	80 km/h
4,0	4,2	45	100	180	205
5,0	4,5	45	105	185	210
6,0	4,9	50	110	190	220
7,0	5,1	50	115	200	225
8,0	5,5	55	120	205	235

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-6. Sikt i korsning enligt Design Manual for Bicycle Traffic

Förutsättningarna är att acceleration på 0,8 m/s², reaktionstid på 1 s och maximal hastighet som cyklisten korsar vägen med på 10 km/h. Förutom ankommande motorfordons hastighet och den tid en cyklist behöver för att korsa vägen påverkas sikten av den fördröjning som en cyklist får på grund av överordnat flöde. Den tiden varierar mellan 1 till 5 sekunder beroende på hastigheten hos de ankommande fordonen.

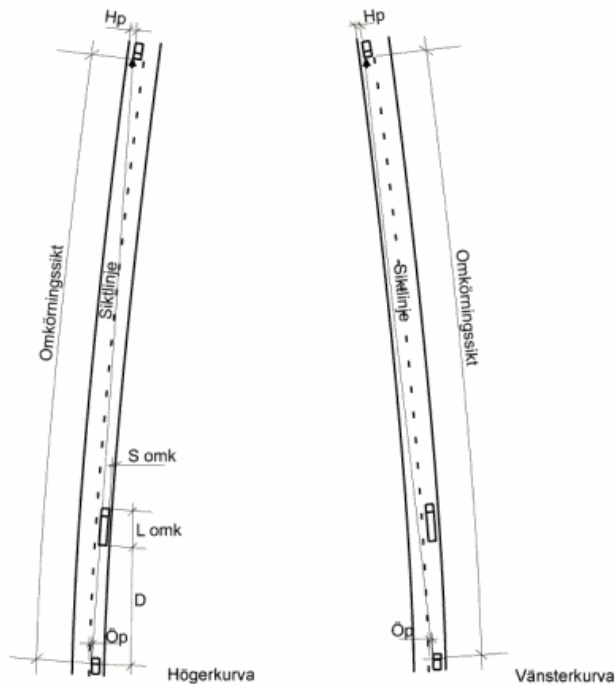
Omkörningssikt

I 2012:199 hanteras omkörningssikt för motorfordon och definieras som längsta vägsträcka på en tvåfältsväg inom vilket en personbilsförare i kö bakom ett köledande fordon kan se ett mötande fordon. Det finns krav på omkörningssikt för motorfordon i 2012:179 men inte cyklar. Det är önskvärt att riktlinjer tas fram även för denna parameter och motsvarande metodik som finns motorfordon bör kunna tillämpas i viss utsträckning.

Samma parametrar som antas påverka färdssikt kan vara relevanta för omkörningssikt

- Cykelbanans bredd
- Cykelbanans lutning
- Tvärfall
- Radier
- Beläggning
- Vägkonstruktioner som broar eller tunnlar
- Vägutrustning som räcken och vägmärken
- Vägmarkering
- Belysning
- Sidoområden t.ex. vegetation, öppna ytor eller fastigheter.

- Cykelnätets standard och klass t.ex. huvudstråk.
- Trafikriktningar
- Trafikflöde
- Trafikanttyper
- Fordonstyper och fördelning
- Korsningspunkter
- Drift och underhåll t.ex. uppläggning av snövallar eller vägbanans friktion.



Figur 3.1-8 Ögon- och hinderpunkter vid bestämning av omkörningssikt

Omkörningssträckor ska utformas med omkörningssikt enligt Tabell 3.1-5.

Tabell 3.1-5 Omkörningssikt

VR	Önskvärd minsta längd (m)	Godtagbar minsta längd (m) *)
100	900	> 550
80	800	> 450

*) Endast efter väghållarens godkännande

Från 3.1.5.1.8 Omkörningssikt, det skall finnas en VTI rapport? Se VU94. Flygande eller accelerande?

Slutsats

Sverige har i stort samma grundvärde för stoppsikt jämfört med internationella handböcker, delvis beroende på hur man tolkar begreppet sikt samt olika standardnivåer. Eventuellt kan man anse att svenska riktlinjer har något lägre krav på minsta godtagbar sikt jämfört med internationella handböcker.

Färdsikt och omkörningssikt bör också behandlas. Detta skulle ge betydande fördelar för cykeltrafik. Hastighet, lutningar, linjeföring, korsningsutformning, regleringsformer och omgivande trafik är exempel på parametrar som kan påverka dessa.

3.1.1 Fältmätning

För att utvärdera de värden som idag används vid dimensionering enligt det svenska regelverket har ett antal test i fält genomförts. Arbetet har behandlat grundvärden sikt, radie och lutning och utgångspunkt har varit de värden som finns i Sverige. Grundvärde för sikt kan till stor del återföras på stoppsträcka. Stoppsikt är enligt svenska riktlinjer den siktsträcka som erfordras för att fordonsförare skall kunna stanna sitt fordon före ett lågt hinder. Den siktsträcka som behövs kan antas vara lika med stoppsträckan som är lika med bromssträckan plus reaktionstiden. I denna utredning behandlas ej reaktionstiden, utan fokus har legat på att studera bromssträckan. Den kortaste stoppsträckan som kan uppnås antas vara det minsta möjliga värdet för stoppsträcka. Detta är den absolut kortaste siktsträckan som kan accepteras.

Enligt lagkrav skall en cykel kunna uppbringa en bromskraft som motsvarar en retardation om 3 m/s^2 , (TSFS 2009: 31 4§). Med detta värde som grund har via svenska riktlinjer en minsta stoppsträcka räknats fram för några olika hastigheter.

Själva testförloppet innebar att cyklarna accelererades till aktuell hastighet varvid inbromsning skedde från en given punkt. För att få fram ett dimensionerande värde genomfördes bromsförloppet med så kort stoppsträcka som möjligt. Förloppet repeterades ett antal gånger och ett medelvärde räknades fram. I Figur 19. Beräknade och uppmätta bromssträckor vid olika hastigheter. kan resultatet ses för de olika cykeltyperna.

Hastighet [km/h]	Bromssträcka enligt VGU [3 m/s^2]	Uppmätt bromssträcka, medelvärde [m]		
		Damcykel	Vikcykel	Hybridcykel
10	1,28	1,36	0,66	0,57
20	5,16	3,86	3,44	2,88
30	11,66	8,86	8,02	6,74
40	20,57	-	-	21,69

Figur 19. Beräknade och uppmätta bromssträckor vid olika hastigheter.

Resultatet av mätningarna visar att det över lag inte är problem att stanna cykeln på den teoretiskt framräknade minsta stoppsträckan. Oavsett bromssystem stannar cyklarna oftast på kortare sträckor än vad som räknats fram. Som undantag kan nämnas hybridens stoppsträcka från 40 km/h som överstiger det framräknade värdet med ca 1 m. I övrigt ses tydligt skillnaden i stoppsträcka mellan de olika cyklarna och dess olika utformning med olika bromssystem. Damcykeln med sin fotbroms har överlag längst stoppsträcka medan hybridcykeln med sina hydrauliska skivbromsar har den kortaste stoppsträckan.

4.1.1 Beräkningar sikt

För att räkna fram stoppsikt har följande antagande gjorts:

- Reaktionstid enligt nya 2012:199, angivet som 1,5-2,0 s eller 2,0 sekunder, (tabell 2.4-6).
- uppmätta bromssträckor, se bilaga "Sammanställning_mätningar"
- dimensionerande retardation 3 och 2 m/s², enligt 2012:199 (tabell 2.4-2).

Detta ger följande ingångsdata för reaktionstid:

Dim hast	Sträcka reaktion (m)	
	2 s	1,5 s
40	22,2	16,7
30	16,7	12,5
20	11,1	8,3

Tabell **Fel!** Ingen text med angivet format i dokumentet.-7. Reaktionstid

För dimensionerande retardation får följande:

Dim hast	Sträcka dim retardation (m)	
	3 m/s ²	2 m/s ²
40	20,6	30,6
30	11,7	17,4
20	5,2	7,7

Tabell **Fel!** Ingen text med angivet format i dokumentet.-8. Retardation.

Från fältmätningar fås följande längsta uppmätta stoppsträckan:

Dim hast	Uppmätt stoppsträcka (m)
40	22
30	9
20	4

Tabell **Fel!** Ingen text med angivet format i dokumentet.-9. Uppmätt stoppsträcka

Dessa ingångsdata ger följande spann (högsta-lägsta) värde för stopp-sträcka:

Dim hast (km/h)	Högsta (m)	Lägsta (m)	TRVK, önskvärd	TRVK, minsta
40	53	37	Saknas	Saknas
30	34	22	35	20
20	19	12	20	10

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-10. Stoppträckor.

En jämförelse mellan dessa värden samt gällande i 2012:179 ger att för "önskvärd minsta sikt" uppfyller man i princip idag jämfört med framräknade. För "Minsta godtagbara sikt" uppfyller inte dagens värde de lägsta framräknade och i fältstudier uppmätta, en förmodad anledning är att man tidigare räknat med 1 s i reaktionstid (2004:80). Grundvärden för "Minsta godtagbara sikt" bör korrigeras något.

5.1.1 Sammanfattning sikt

Utifrån fältförsök, beräkningar samt litteratur studie föreslås följande uppdatering av grundvärden i det svenska regelverket för stoppsikt. Utifrån beräknade värden på stoppsikt föreslås uppdaterade värden för "Minsta godtagbara sikt". En ny dimensionerande hastighet införes för sikt, 40 km/h. Då moderna cyklar har möjligheten till denna hastighet är det viktigt att tillgodose de krav de ställer på sikt. Det är dock ovanligt med dessa 40 km/h vid normala förhållanden om man inte ex. har medlut. Uppdatering är i fetstil och gamla värdet är inom parantes:

	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 40 km/tim	55	45
Dim hastighet 30 km/tim	35	25 (20)
Dim hastighet 20 km/tim	20	15 (10)

Tabell **Fel! Ingen text med angivet format i dokumentet.**-11. Föreslagen uppdatering av grundvärden för cyklisters stoppsikt.

*) Endast efter väghållarens godkännande

De föreslagna värdena är baserade på en reaktionstid på 2 s respektive 1,5 s för önskvärd och minsta, retardation är 2 m/s² och bromssträckor är uppmätta.

Hållbar Tillgänglig Cykling Energi

2017-02-16

Hållbar Tillgänglig Cykling

Datum
Uppdragsnummer 1320005507
Utgåva/Status

Svante Berg
Uppdragsledare

Handläggare

Granskare

Sammanfattning

Detta projekt är finansierat av Trafikverket forskning och utvecklings program. Resultat samt rekommendationer är projektets och behöver ej överensstämma med Trafikverkets.

Målet med detta projekt är att ta fram grundvärden samt rekommendationer för sluttning, stigning och energi för att åstadkomma bättre utformning för cykelinfrastruktur för projektering på "VGU"-nivå (Vägar och gators utformning). Syftet är att ge rekommendationer för ökad hållbar och tillgänglig cykling.

Projektet har följande frågeställningar för energi, hur mycket påverkar lutning, stigning etc energi för cyklister?

Projektet har genomförts främst med litteratur studier, fältmätningar och en modell-ansats. Arbetet har lett fram till förslag på utformning som hanteras av Trafikverket. Förslagen gäller främst:

- Lutning på cykelbanor, ändring av ledtexter
- Ändring av lägsta hastighet till 10 km/h för dimensionering vid lutning

Projektet har inte kunnat ge rekommendationer på en utformning för energi-åtgång på en sträcka då det saknas underlag främst för återhämtning och komfort-värden för cyklister.

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund	1
1.1	Lutning	1
1.1.1	VGU (TRVK samt TRVR)	1
1.1.2	Internationellt.....	3
2.	Energi cykel	4
3.	Modell för energi beräkning	6
3.1.1	Människan prestationsförmåga.....	7
3.1.2	Prestationsförmåga - Energi	8
3.1.3	Beräkning av lutning/längd VGU.....	9
3.1.4	Hur utforma för att minimera energi?	9
3.2	Sammanfattning	9
3.2.1	Fortsatt forskning.....	10

Bilagor

Bilaga Modeller Kreuzotter

Hållbar Tillgänglig Cykling

1. Bakgrund

Syftar med detta projekt är ta fram råd och krav inom utformning för ökad hållbar och tillgänglig cykling. I dagens utformningsdokument, VGU, finns kunskapsluckor för utformning med avseende på lutning, stigning och energi. Projektet skall ta fram rekommendationer för lutning, stigning och energi för att åstadkomma bättre utformning. Frågeställningar som hanteras är:

- Hur mycket påverkar lutning, stigning, stop, inbromsningar vid utfarter den totala energin för cyklister?
- Hur kan bör man utforma cykelinfrastruktur pga energi samt prestation?

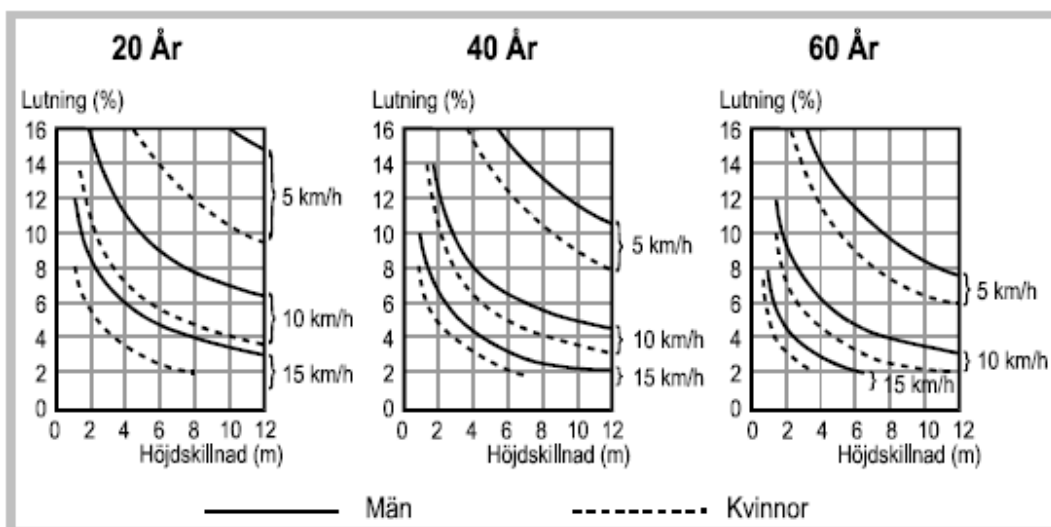
Normalt hanteras energi som lutning i utformning men även stopp samt radier påverkar energi på en sträcka. Fokus i denna rapport är dock på lutning.

1.1 Lutning

Lutning är en viktig aspekt vad gäller olika typer av cyklister och påverkar hastigheten kraftigt, både med- och mot-lut. Olika personer har olika fysiska förmåga och detta gäller framförallt i uppförsbackar. Nedan beskrivs hur det hanteras i VGU samt en jämförelse med internationella råd och riktlinjer.

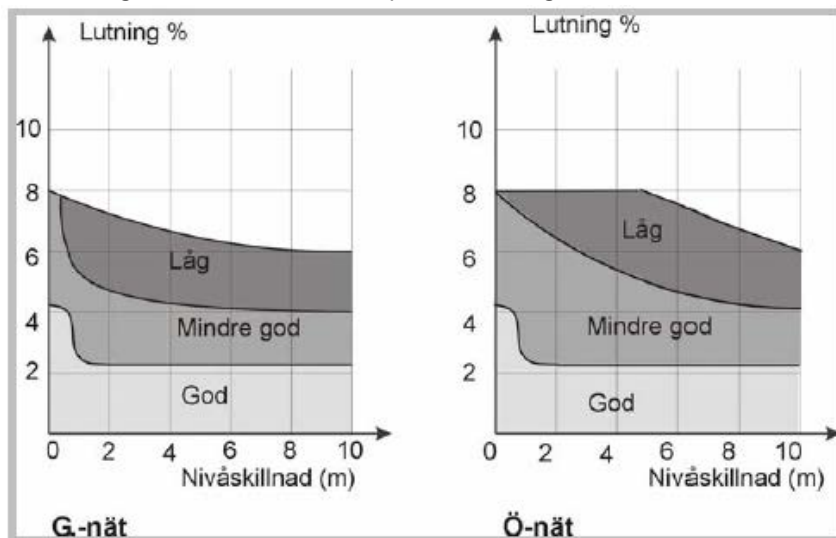
1.1.1 VGU (TRVK samt TRVR)

Lutning är en viktig aspekt vad gäller olika typer av cyklister. Olika personer har olika fysiska förmåga och detta gäller framförallt i uppförsbackar. VGU (2004) utgår ifrån äldre trafikanter vid dimensionering för lutningar. Gränsvärdet är 5 km/h för låg standard, i övrigt gäller grundvärden för lutningar enligt Figur 14.



Figur 1. Grundvärde lutningar - 60 år är dimensionerande enligt VGU (2004)

Enligt VGU (2004) bör gång- och cykelbanan inte ha större lutning än intilliggande körbana. Om så är fallet finns en stor risk att cyklisten istället väljer körbanan. Maxlutning definieras beroende på nättillhörighet, standard och nivåskillnad.



Figur 2. VGU definition av lutning

I nya VGU (2012:199) har i princip samma grundvärden använts. Det finns en tabell för lutningskvalitet, se fig 16, men ingen hänvisning.

Tabell 2.4-3 Lutningskvalitet på cykelförbindelse

Kvalitet	Lägsta	Önskvärd
	5	15
	(km/h)	
	10	20

Figur 3. Lutningskvalitet på cykelförbindelse

En kompletterande tabell för kvalitetsnivå ges av figur 17. Den kan tolkas som att "Önskvärd" kvalitet är >15km/h för lutning av cykelförbindelse vilket enligt figur 14 ger max 2% lutning och tot 4 m i höjdskillnad för cyklist på 60 år (kvinna).

Tabell 2.4-4 Kvalitetsnivå för lutning på GC-banor och -vägar

Kvalitetsnivå	Konsekvens
Önskvärd	flertalet klarar lutningen utan större problem.
Lägsta	-frisk gående kan behöva göra en kraftig ansträngning -för att köra barnvagn -rörelsehindrad gående kan behöva stanna och vila -rullstolsburna med nedsatt armstyrka kan behöva hjälp-för att klara lutningen. kan medföra krav på hjälpmedel, t.ex. ledstänger.

Tabell 3.2-7 Största lutning på cykelvägar

Nivåskillnad (m)	Önskvärd största lutning (%)	Största godtagbara lutning (%) *)
< 1	7	8
1 - 2	6	8
2 - 4	4	8
4 - 6	3	8
6 - 8	2,5	7
8 - 10	2	7

*) Endast efter väghållarens godkännande

Figur 4. Kvalitetsnivå för lutning på GC-banor och -vägar.

I TRVK kap 3.2.2.4 "Lutning på cykelvägar" ges en tabell med största lutning på cykelvägar.

Figur 5. Största lutning på cykelvägar (TRVK 2012: 179).

Tabell 3.2-7 stämmer inte helt med Figur 2.4-4 (nya VGU) om man anser att 60 år skall vara dimensionerande.

1.1.2

Internationellt

I olika regelverk samt handböcker redovisas riktlinjer för lutning samt sträcka eller nivåskillnad. Se sammanställning i tabell nedan:

Tabell Sammanställning av riktlinjer för lutning (källa DELRAPPORT: ÖVERSYN AV GRUNDVÄRDEN, SWECO, Ramböll 2012)

Handbok	Rekommendation
VGU	Varierande beroende på nivåskillnad. Max 8 % vid låg standard Max 4 % för god standard Se kap 1.1.1 VGU
Idékatalog for cykeltrafik	50 ‰ max 50 m 45 ‰ max 100 m 40 ‰ max 200 m 35 ‰ max 300 m 30 ‰ max 500 m
CROW	Större höjdskillnad än 5 m kräver möjlighet till vila efter 25 m.

Design Manual for Roads and Bridges	Max 3 %
Cycle Infrastructure Design	Max 3 % Upp till 5 % upp till 100 m
Manual for Streets	3-5 % upp till 100 m, max 7 % upp till 30 m
AASHTO/Maryland	Rekommenderat max 5 % 5-6 % max 240 m 7 % max 120 m 8 % max 90 m 9 % max 60 m 10 % max 30 m >11 % max 15 m
Highway Design Manual	Rekommenderat max 2 % Maximalt tillåtet 5 %
Sykelhåndboka	Max 10 % 0-35 m Max 7 % 35-100 m Max 5 % 100-200 m Max 3,5 % >200 m
RASt	50 km/h max 8 % 70 km/h max 6 %

De flesta internationella råd- och riktlinjer har ca 2-3% som "önskvärd största lutning", dessa är i paritet med VGU. Max lutning har ett större spann internationellt och är mellan 5 till 10%, VGU anger "största godtagbara lutning" till 8% som ligger inom det intervallet och sträckan alternativt nivåskillnaden.

Riktlinjerna gäller främst cykelvägar som är friliggande från övrig trafik, i många riktlinjer anges att anpassning till befintlig väg kan vara nödvändig, för Sverige är 10% största lutning för väg.

2. Energi cykel

Hur mycket energi som går åt vid cykling är en av de mest studerade disciplinerna när det gäller prestation. Mycket tack vare att det relativt enkelt att mäta jämfört med ex gång. Projektet har i fältmätningar samt befintliga modeller kunnat visa att empiri samt teori har stor överensstämmelse. Skillnader är främst i parametrar utanför systemets kontroll som vind och förluster i olika typer av cyklar.

De krafter som påverka färd med cykel är främst är:

- Gravitation (lutning)
- Luftmotstånd
- Rullmotstånd
- Förluster, friktion etc

I studerade modeller antas rull- samt luftmotstånd samt förluster konstant, dvs är med som schablonvärden men påverkar inte den totala energiåtgången. För de olika krafterna beräknas med följande villkor:

- Gravitation, konstant (9,81 m/s²), beräknas för lutning
- Luftmotstånd, vid 10, 20 samt 30 km/h
- Rullmotstånd

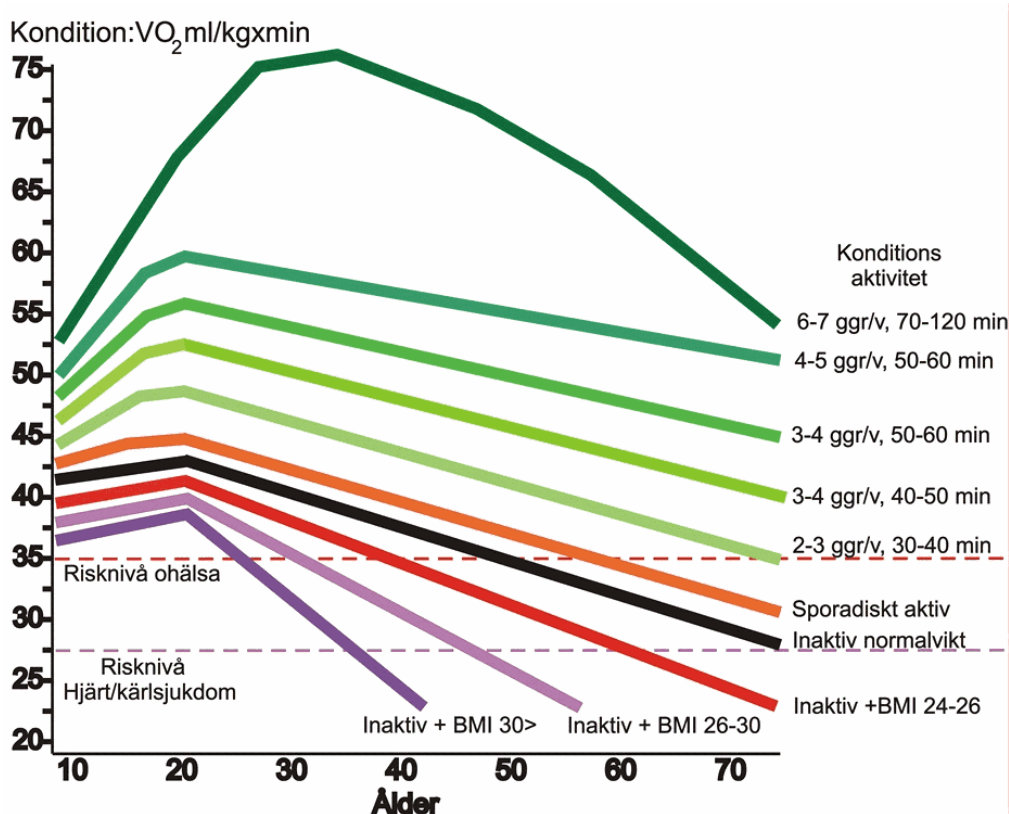
- Förluster, friktion etc

Det innebär att ur utformnings-perspektiv är det främst gravitationen via lutning som är påverkbar. Utifrån modellen kan man räkna ut energi-åtgång för sträcka beroende på längd samt lutning. Det finns specialfall där lutning (lutning samt längd på backe sätter en praktisk gräns för cykling, ca 10 km/h) pga syreupptagningsförmåga. För prestation är det främst syreupptagningsförmåga som påverkar prestation, dvs hur snabbt samt långt man kan cykla.

Komfortvariabler är inte med i denna modell. Syreupptagningsförmågan (förbränning) delas upp i 2 delar:

- Aerobt, när blir det "svettigt" där vältränade kan arbeta i "timmar".
- Anaerobt, under kort prestation, 2 "tidsintervall":
 1. 5-10 sekunder lagrad/ladda
 2. 3-4 minuter i blodet

Syreupptagningsförmågan under aerob förbränning "bestämmer" färdhastighet samt sträcka/tid. Syreupptagningsförmågan beror på ålder, kön och "motion", den är väl känd och exempel ges beroende på motion nedan:



3. Modell för energi beräkning

Det finns ett flertal modeller för att räkna ut effektbehov vid given hastighet. I projektet jämfördes 3 modeller, se Bilaga Modeller. Resultaten stämmer relativt väl mellan modellerna och Kreuzotter användes för vidare beräkningar främst för att den är bäst dokumenterad.

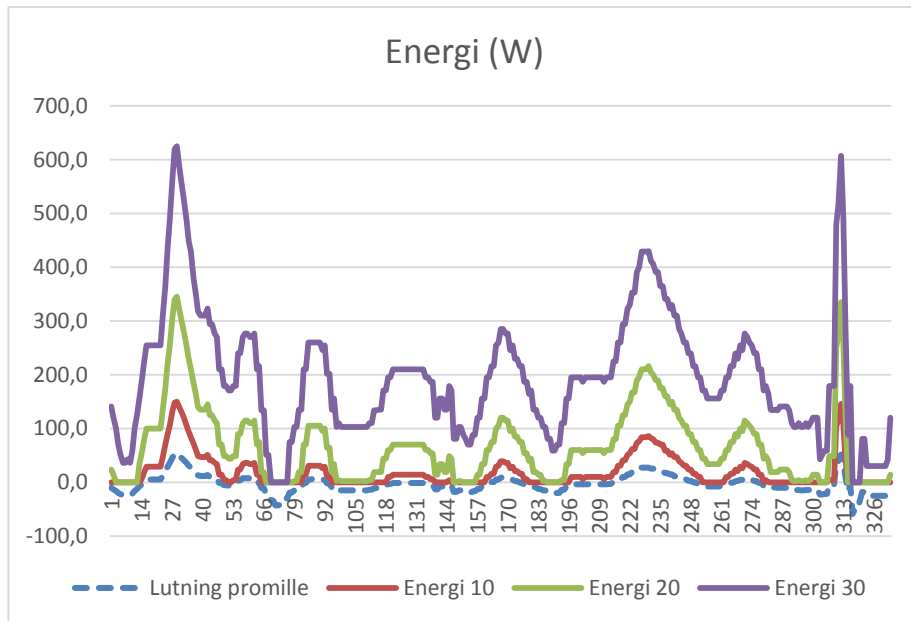
Dessa modeller är "statiska", dvs de kan ej beräkna totala energin för en sträcka med olika lutningar. Det är främst ingångshastigheten som saknas samt utrullningen. För att beräkna sträckans energi behöves en modell med människans arbetsförmåga i relation till beteende pga geometri, jämför VTIs VETO-modell.

För att jämföra modell med "verklighet" genomfördes en mätserie med cykel utrustad med effektmätare på en sträcka mellan Falun-Grycksbo på ca 3 km. Dessa uppmätta värden jämföres med modellerade. Resultaten är samstämmiga med en total differens på knappt 10% som får anses god med tanke på att luftmotstånd (vind) samt utrullning ("vilosträckor") ej kända utan approximerade.

Tabell: Jämförelse mellan modell samt uppmätta värden i fält.

	Lutning %	Energi (W)
Modell (20 km/h)	-0,3	66,6
Uppmätt (20,2 km/h)	-0,5	74
Diff		10%
Modell (30 km/h)	-0,3	194,7
Uppmätt (30,2 km/h)	-0,6	211
Diff		8%

Energi över sträckan (uppmätt) ses i figur nedan.



3.1.1 Människan prestationsförmåga

Sambandet mellan prestation och effektbehov beror på individens syreupptagningsförmåga och effektbehov för lutning/sträcka.

Pedalfrekvensen (kadens) ger effekt (watt)

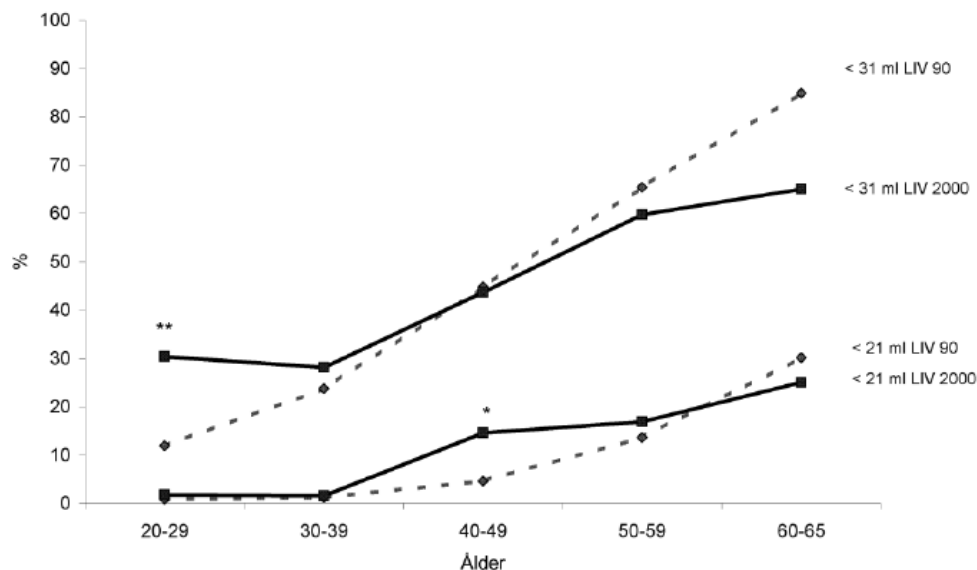
- Syreupptagningsförmåga, ämnesomsättning
- Kadens/watt

I Sverige finns det sammanställningar av människors hälsa, dessa undersökningar sammanställs och publiceras, LIV 90 samt 2000 (2013 är under publikation).

Definitionen av prestation är där:

”För att klara av att gå snabbt (5 km/tim) i 10 min utan att bli så trött att man måste avbryta, krävs en maximal syreupptagning på minst 21 ml/kg*min (se punkt 5.6). För att klara av att jogga (8 km/tim) krävs minst 31 ml/kg*min.” i både LIV 90 samt 2000 är har ca 90% större än 21 ml under 59 år och 80% upp till 65 år, se figur

”



Figur. Andelen kvinnor med maximal syreupptagning < 21 samt 31 ml i LIV 90 respektive LIV 2000. (Källa LIV 2000).

I utformning av cykelinfrastruktur har av tradition en kvinna på ca 60 års valt med ca 20 ml/kg*min

3.1.2 Prestationsförmåga - Energi

Det finns väl beskrivet människans prestationsförmåga på cykel samt modeller för energi-åtgång givet främst en viss lutning och hastighet. Det som saknas för att göra en modell för "hela resan" är:

- Återhämtning, hur påverkar lutning och möjlighet till utrullning "hela resan"?
- Komfort, "hur långt är man beredd o cykla" utifrån ansträngning?

När det gäller komfort finns visst underlag i den s.k. Borg skattningsskala där man får skatta sin ansträngning utifrån belastning (energi), denna studie görs i praktiken på konditions cykel. En viktig aspekt är den värmeutveckling som sker när man börjar rör på sig. Värmeutvecklingen kan vara en delförklaring att man nationellt och internationellt ser restider/sträckor 3-5 km samt 12-20 minuter.

Återhämtning är ej studerat för "vanliga" cyklister men i litteratur finns tumregler som 1/4 (dvs 1 del "vila" per 4 "delar" prestation). Källhänvisning och publicerade studier saknas för återhämtning.

3.1.3 Beräkning av lutning/längd VGU

De värden som finns i dagens VGU har ej kunnat härledas till ngn rapport. Tidigare studier har visat på liknande värden. Beräkning av lutning/längd beror på

- Sträcka samt Vin – Vut

Beroende på syreupptagningsförmåga fås olika värden på den maximala lutningens längd. Med urvalet friska och otränade män samt kvinnor ges syreupptagningsförmågan av tabell nedan:

Tabell Exempel på maximala lutnings längd (m) beroende på lutning samt personkategori. Lägsta hastighet 10 km/h, ingångshastighet 15 km/h. VGU gränsvärden omräknat till meter. (Källa Bulletin 65 Ljungberg)

	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	12%	14%
Man 20 år 10 km/h	5100	2350	1100	550	220	150	100	50	30	20
Kvinna 60 år 10 km/h	790	230	120	70	45	30	20	15	-	-
VGU (önskvärd)	500	200	100		33	14				
VGU (största)						143	75			

Det kan noteras att praktiskt vid nybyggnation kan detta ge orimliga värden som ex 143 m på "största" för 7% (i princip ger detta max 6%).

3.1.4 Hur utforma för att minimera energi?

Väghållare måste beakta kostnader för åtgärd samt krav på tillgänglighet, komfort etc. I optimering av geometrin för att minimera energin för cykling bör man ta hänsyn till följande:

- Undvika lutning vid dålig sikt, måste ha överblick så man kan förbereda sig samt ha rätt hastighetsanspråk
- Undvika radier under i samband med motlut
- Undvika stopp
- Nivåskillnad under 2m bör tas på "kort" sträcka.
- Klungbildning farligare i backar pga siktsträckor.

Då ingen modell för att beräkna energi och prestationsförmåga finnes har det inte gått beräkna "optimala" utformningar för lutning på en "hel" sträcka.

3.2 Sammanfattning

Hur mycket energi som behöves för att cykla påverkar hur, vem och vart man kan cykla. Utifrån vägutformning är det främst lutning, förändring lägesenergin, som väghållaren kan påverka rörelse energin.

Sammanfattningsvis saknas det en heltäckande modell för utformning av en väglinje för cykling. Projektet har inte inom sin tidsram eller budget kunna ta fram en sådan men det finns delvis underlag för en sådan modell.

Utifrån omvärldsstudier, modeller och empiri ses inga förändringar av de rekommendationer som idag finns i VGU för lutning. Rekommendationerna i VGU står sig internationellt och är jämförbara. Allmänna texter som är "rådgivande" ges med hänvisning till TRVR (VGU):

TRVR kap 3.2 Linjeföring för gångvägar och cykelvägar

- "Vid större motlut bör man planera sträckor för återhämtning"
- "Stopp bör undvikas"
- "Vid motlut bör omkörningsikt eftersträvas"

TRVR kap 3.2.2.4 Lutning på cykelvägar

- Ändring av lägsta hastighet -> 10 km/h
- Ingen förändring på "önskvärd"
- Orimligt på "största"? (i princip max 6%)

Förslaget har bearbetats och införts med följande text:

" Cykelvägar bör inte anläggas med större lutning än 3%

Total stigning (höjdskillnad) bör beräknas för sträckan framförallt för pendlingsstråk då den är viktig för referenshastighet samt sträckans krav på prestation.

Medlut innebär möjlighet till högre hastigheter för cyklande, vilket leder till att stoppsträckor, cykelbanebredd samt separering från fotgängare etc måste ses över.

Kommentar: Längre medlut med måttlig lutning 1-2 % ger högre hastighet. Exvis ökar hastighet

från ca 20 km/h till 25 km/h vid 1% samt från 20 km/h till 30 km/h vid 3% lutning vid samma effektuttag/prestation.

"

3.2.1 Fortsatt forskning

Det som saknas är en modell för ett beräkna total energi-åtgång för en sträcka och koppling till upplevd ansträngning. Kopplingen mellan Borg-testet och hur man bör utforma geometrin bör undersökas vidare.

PM Modeller för beräkning av cykelenergi

Tre olika modeller från energiberäkningar har jämförts. De tre modellerna är Kreuzotters modell, Analytic Cycling och PowerCalc. Nivån på hur avancerat modellerna räknar är skiljer sig där Kreuzotters modell och PowerCalc är det mest avancerade. Matematiskt består de tre modellerna, med några undantag, i princip av tre delar; en del för att beräkna luftmotståndet, en del för att beräkna rullmotstånd och en del för att beräkna effekten av lutning och gravitationen

Begrepp

Modellerna som används till att beräkna energiåtgången för cykling innehåller en del olika begrepp. Här följer en förklaring av några av dem.

Frontarea (Frontal Area) är den area som cyklisten har framåt och därmed också påverkas av luftmotståndet. Ju mindre frontarea cyklisten har desto mindre blir luftmotståndet. En tävlingscyklist har betydligt mindre frontarea än en vardagscyklist som cyklar upprätt. Frontarean är dock svår att mäta. I Bicycling Science av David Gordon Wilson (2004) finns värden på frontarean. För en vanlig cyklist i upprätt position är frontarean $0,55 \text{ m}^2$. Även Cycling science av Max Glaskin skriver att frontarea för en pendlingscyklist är ca $0,55 \text{ m}^2$.

Luftmotståndskoefficient (Drag coefficient) är en koefficient som används för att kvantifiera motståndet för ett objekt som färdas i exempelvis luft eller vatten. Luftmotståndskoefficienten är dimensionslös. För cyklister varierar värdet beroende på position, för en tävlingscyklist kan ?? användas och till en vardagscyklist som cyklar upprätt kan 1,15 användas (Wilson 2004).

Koefficient för rullmotstånd (Rolling Resistance Coefficient) används för att räkna fram rullmotståndet för cyklisten. Koefficienten varierar beroende på vilken vägtyp och cykel/däcktyp som används i beräkningen. Analytic Cycling använder 0,004 för asfalterad väg.

Kreuzotter

Webbsidan har utvecklats av Walter Zorn i Tyskland.

Racing Bicycles		Recumbents			
<input type="radio"/> Roadster	hands on the tops (top of handlebar)	<input type="radio"/> LongWheelBase	under seat steering, commuting equipped	The comma as well as the point may be used as decimal point.	
<input type="radio"/> MTB unsuspended	hands on the drops (bottom of handlebar)	<input type="radio"/> ShortWheelBase	under seat steering, commuting equipped	Rider's Height	172 cm
<input type="radio"/> Tandem with racing bars read...	<input type="radio"/> Triathlon Bicycle	<input type="radio"/> ShortWheelBase	above seat steering, racing equipped	Rider's Weight	71,3 kg
<input type="radio"/> Superman Position (Racing Bicycle- 1h Record)	<input type="radio"/> Lowracer	<input type="radio"/> Lowracer	Kreuzotter race	Bicycle Weight	9,5 kg
<input type="radio"/> Streamlined Lowracer White Hawk (1h World Record)	<input type="radio"/> Lowracer with streamlining tailbox	<input type="radio"/> Kreuzotter race		Air Temperature	20 °C
<input type="radio"/> Streamlined Trike Quest	<input type="radio"/> Streamlined Lowracer White Hawk (1h World Record)	<input type="radio"/> Streamlined Lowracer White Hawk (1h World Record)		Height above SeaLevel	350 m
		<input type="radio"/> Streamlined Trike Quest		Slope of Road	0 %
				uphill positive, downhill negative values	
				Wind Speed	0 km/h
				headwind positive, tailwind negative values	
				Pedaling Cadence	90 /min
"Change" the sort of tires? (Recumbents: calculation is based on 20inch front wheels.)		Front Wheel Tire	Rear Wheel Tire		
		narrow racing tire (high pressure)	narrow racing tire (high pressure)		
The input field of the variable to be calculated must be empty. The result will appear in that field. With both fields filled, the variable evaluated previously will be calculated again (facilitates quick comparisons).					
Power	160 Watts	Calculate	(Diagram)	Speed	km/h
Notes:					
Further results: Effective Drag Area $C_d * A$ m ² Rolling Resistance Coeff. C_r					
In case you enter (before clicking the "Calculate"-Button):					
either the TripDistance km m or the TripDuration h min sek,					
the amount of Calories Burnt by the Rider = kcal (assumed efficiency: 22 percent) will be calculated.					
Besides, the program will evaluate the variable whose fields are empty (Trip Distance or Trip Duration, respectively).					

Modellen har flera olika parametrar som användaren kan bestämma. Det första steget är att välja vilken typ av cykel som ska användas till beräkningen. Nästa steg är att mata in cyklistens längd och vikt, cykelns vikt, lufttemperaturen, höjd över havet, vägens lutning, vindhastighet, pedalfrekvens. Beroende på den valda cykeln kan också olika typer av däck användas i beräkningen. Resultatet från modellen är energi i watt och hastighet i km/h.

För energiberäkningen i modellen används följande ekvation i modellen.

$$P = C_m * V * \left(C_d * A * \frac{\rho}{2} * (V + W)^2 + F_{rg} + V * C_{rvn} \right)$$

Där

C_m står för

V står för hastighet

Den första delen av ekvationen beräknar luftmotståndet:

$$P = C_d * A * \frac{\rho}{2} * (V + W)^2$$

C_d : luftmotståndskoefficient

A : för frontarea

ρ : luftens densitet

W : vindhastigheten

V : cykelns hastighet

I Kreuzotters modell används inte bestämda värden på frontarea utan den beräknas utifrån cyklistens längd och vikt, och vilken typ av cykel som valts.

$$Frontal\ area = \sin(\lambda) * \left(\sqrt{\frac{rel * h * m}{\rho}} - \frac{m}{h + \rho} \right) + \frac{m}{h + \rho}$$

Där

m : cyklistens vikt

ρ : luftens densitet (konstant)

$$\rho = \rho_0 * \frac{373}{T} * e^{(-\rho_0 * g * \frac{H_m}{P_0})}$$

Där ρ_0 är luftens densitet vid havsnivån vid 0° C

T är temperaturen i Kelvin

H_m är höjd över havet

P_0 är lufttrycket vid havsnivån vid 0° C

h : Cyklistens längd

w : bredd

d : "längd"

rel : relationen w/d

λ : "medelvinkel" av överkropp, armar oh ben. Detta värde ändras beroende på vilken cykel som används i beräkningarna.

Den andra delen av ekvationen (F_{rg}) beräknar rullmotståndet och kraften från gravitationen vid lutning. F_{rg} beräknas med följande formel:

$$F_{rg} = g * (m_{bike} + m_{rider}) * (C_r * \cos(\beta) + \sin(\beta))$$

Där g är gravitationen (9,81)

M_{bike} : är cykelns vikt

M_{rider} : är cyklistens vikt

C_r : rullmotståndskoefficient

β : arctan(lutningen i procent/100)

Den tredje delen av ekvationen beräknas genom att hastigheten multipliceras med C_{rvn} .

C_{rvn} är en koefficient för dynamiskt rullmotstånd som normaliserats mot vägens lutning,

$$C_{rvn} = C_{rv} * \cos(\beta).$$

Analytic cycling

Modellen som finns på analytic cycling's hemsida liknar kreuzotter, men lite mindre komplex.

Här kan användaren mata in värden på frontarea, luftmotståndskoefficient, densiteten på luft, cyklisten och cykelns vikt, lutning och hastighet. Även pedalfrekvens, pedallängd och "pedaling range" kan användas men påverkar inte energiberäkningen.

Till beräkningen används följande formel:

$$\begin{aligned} P &= (F_w + F_{rl} + F_{sl}) V_{mps} \\ &= V_{mps} \left(\frac{1}{2} A * C_w * \rho * V_{mps}^2 + W_{kg} \right. \\ &\quad \left. * 9,8 * C_{rr} + W_{kg} * 9,8 * GradHill \right) \end{aligned}$$

Den första delen av ekvationen (F_w) beräknar luftmotståndet.

$$F_w = \frac{1}{2} A * C_w * \rho * V_{mps}^2$$

Där

A: effektiv frontarea,

C_w : luftmotståndskoefficient,

ρ : luftens densitet

V_{mps} : för hastigheten.

Den andra delen av ekvationen (F_{rl}) beräknar Rullmotståndet:

$$F_{rl} = W_{kg} * 9,8 * C_{rr}$$

Där

W_{kg} : vikten på cyklistens och cykeln tillsammans

C_{rr} : rullmotståndskoefficient

Den tredje delen av ekvationen beräknar kraften från gravitationen:

$$F_{sl} = W_{kg} * 9,8 * GradHill$$

Där

W_{kg} : vikten på cyklistens och cykeln tillsammans och

$GradHill$: vägens lutning (decimalt)

Power, Speed, Force Calculation

Effective Frontal Area (0.4 to 0.7 is typical).

m²

Drag Coefficient (Use default value).

Air Density (or Air Density from Temperature, Barometric Pressure, and altitude).

kg/m³

Sea Level 1.226

1500 Meters 1.056

3000 Meters 0.905

Weight of Rider and Bike.

kg

Coefficient of Rolling Resistance.

Wooden Track 0.001

Smooth Concrete 0.002

Asphalt Road 0.004

Rough but Paved Road 0.008

Slope.

Rise/Run (decimal)

Speed.

m/s

Pedal Cadence.

rev/min

Crank Length.

mm

Effective Pedaling Range.

degrees

© 2001 [Tom Compton](#)

PowerCalc

Programmet har utvecklats av Machinehead Software i Storbritannien. Modellen kan ta hänsyn till ett stort antal parametrar för beräkning av energiåtgång

The screenshot shows the PowerCalc software interface with the following sections and values:

- File Graph Tools Help (F1)**
- Buttons:** Load, Save, Print, Show Graph, Calculate, Exit
- Bike Classification:**
 - Drag Coefficient: 1.2
 - Frontal Area: 0.55 m²
 - Rolling Friction Coefficient: 0.0044
 - Weight of Bike + Rider: 75 kg
 - Transmission Efficiency: 98.5 %
 - Gradient: 0 %
- Atmospheric Conditions:**
 - Temp: 59.0 F / 15 Deg C
 - Pressure: 29.9 inch / 760 mm Hg
 - Air Density: 1.226 kg/m⁻³
- Kingcycle:** 47.9 Watts, 0.064 hp
- Power Losses:**
 - Wind Resistance: 12.0 watts, 0.016 hp
 - Rolling Resistance: 13.5 watts, 0.0181 hp
 - Gravity: 0.0 watts, 0.000 hp
 - Transmission: 0.4 watts, 0.001 hp
- Power Required @ 9.32 mph:**
 - @ R-Wheel: 25.5 watts, 0.034 hp
 - @ Pedals: 25.8 watts, 0.035 hp
- Road Speed:** 9.32 mph / 15.00 kmh
- Wind Speed:** 0 mph / 0.00 kmh
- Wind Angle:** 0 deg
- Energy Required:**
 - Calculate by: Method 2 (selected)
 - Base Load: 1.4 kcal/min
 - 3.0 kcal/min
 - 12.6 kJ/min
 - 19.38 kcal/mile
 - 50.41 kJ/km
- Time:** 0 h 1 m 0 s
- Distance:** 0.16 miles / 0.25 km
- Temperature:** 10°C

Bike classification: Här anges värden på luftmotståndskoefficienten, fontarean, koefficient för rullmotstånd, vikten på cykeln och cyklisten. Här kan också effektiviteten läggas till för att kunna hantera energi förluster.

Atmospheric Conditions: Här anges värden på temperatur, lufttryck och luftens densitet.

Power Losses:

Wind resistance, Rolling Resistance, Gravity, Transmission

Road Speed: Här anges värden på hastigheten, kan anges både som mp/h och km/h.

Wind speed: Här anges vindhastigheten och vindens vinkel

Formler:

Kraften som krävs för att övervinns luftmotståndet:

$$P = vr * \left(\frac{CD * r * v^2 * a}{2} \right)$$

Där:

vr =cykelns hastighet

CD = luftmotståndskoefficient

v = vindhastighet relativt till cykeln

a = frontarea

Kraft som krävs för att övervinna rullmotståndet:

$$P = CR * L * v$$

Där

CR =koefficient för rullmotstånd

L =(cyklistens och cykelns vikt) *9,8

v =cykelns hastighet (m/s)

Kraft som krävs för att övervinna gravitationen:

$$P = L * v * \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{H}{100} \right) \right)$$

Där:

L =(cyklistens och cykelns vikt) *9,8

v =cykelns hastighet

H =lutningen i procent

Dokumentation av modellen innehåller ingen information om hur de olika delarna hänger ihop.

Jämförelse

Det tre modellerna är i grunden lika och alla innehåller tre centrala delar: Luftmotstånd, rullmotstånd och gravitationen. Dessa delar beräknas sedan lite olika från modell till modell.

Analytic cyclings modell är den enklaste modellen med minst antal parametrar.

Kreuzotters modell är mer komplex och har fler parametrar som inte finns i de andra modellerna:

Höjd över havet

Koefficient för hastighetsberoende dynamiskt rullmotstånd.

Koefficient för dynamiskt rullmotstånd

Koefficient för energiförluster på grund av energiöverföring och däckslirning

Kreuzotter och PowerCalc innehåller några parametrar som inte finns i Analytic cycling:

Vindhastighet

Lufttemperatur

I Kreuzotters modell beräknas luftens densitet utifrån höjd över havet och temperatur. Även i PowerCalc kan luftens densitet beräknas utifrån temperaturen.

I Kreuzotters modell beräknas frontarean utifrån storlek på cyklisten och vald cykel, jämfört med PowerCalc och Analytic cycling där frontarean anges direkt som indata. Detta gör det svårare att följa beräkningen.

Det skiljer också lite på hur kraften som krävs för att övervinna luftmotståndet beräknas.

För att undersöka om det finns några skillnader i resultatet från modellerna har samma indata använts till båda.

	Indata Kreuzotter	Indata Analytic cycling	PowerCalc
Vald cykel	Roadster	-	-
Cykelns vikt, Stadscykel	18	18	18
Cyklisten vikt	80	80	80
Cyklistens längd	185	-	-
Hastighet	15 km/h	4,2 m/s	15
Lutning	0%	0	0
Höjd över havet	0	0	0
Lufttemperatur	15 grader	-	15
Luftens densitet	-	1,226	1,226
Frontarea	-	0,55	0,55
Koefficient för luftmotstånd	-	1,15	1,15
Koefficient för rullmotstånd	0,005	0,005	0,005

Vindhastighet	0	-	0
Pedalkadens	70	70	-
Resultat	58 w	48,9 w	48,8 w

En del av skillnaden kan förklaras genom skillnad i luftmotståndsarea, där $C_d \cdot A$ i Kreuzottermodellen blir 0,7722 jämfört med Analytic cycling där motsvarande blir 0,6325. När frontarean i Analytic cycling anpassas så att $C_d \cdot A$ ska bli 0,7722 blir A 0,67m². Den totala energiåtgången blir då 55,2 watt, vilket är närmare de 58 watt som resultat blev med Kreuzotter.

	Indata Kreuzotter	Indata Analytic cycling	PowerCalc
Vald cykel	Roadster	-	-
Cykelns vikt, Stadscykel	18	18	18
Cyklisten vikt	80	80	80
Cyklistens längd	185	-	-
Hastighet	15 km/h	4,2 m/s (15,12 km/h)	15
Lutning	0%	0	0
Höjd över havet	0	0	0
Lufttemperatur	15 grader	-	15
Luftens densitet	-	1,226	1,226
Frontarea	-	0,67	0,67
Koefficient för luftmotstånd	-	1,15	1,15
Koefficient för rullmotstånd	0,005	0,005	0,005
Vindhastighet	0	-	0
Pedalkadens	70	70	-
Resultat	58 w	55,2	54,2

Hållbar tillgänglig cykling

Workshop:

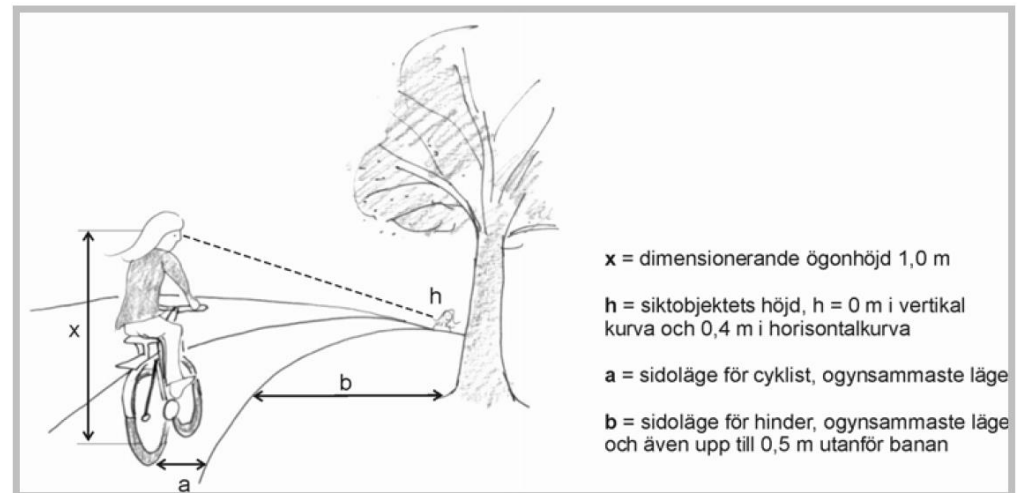
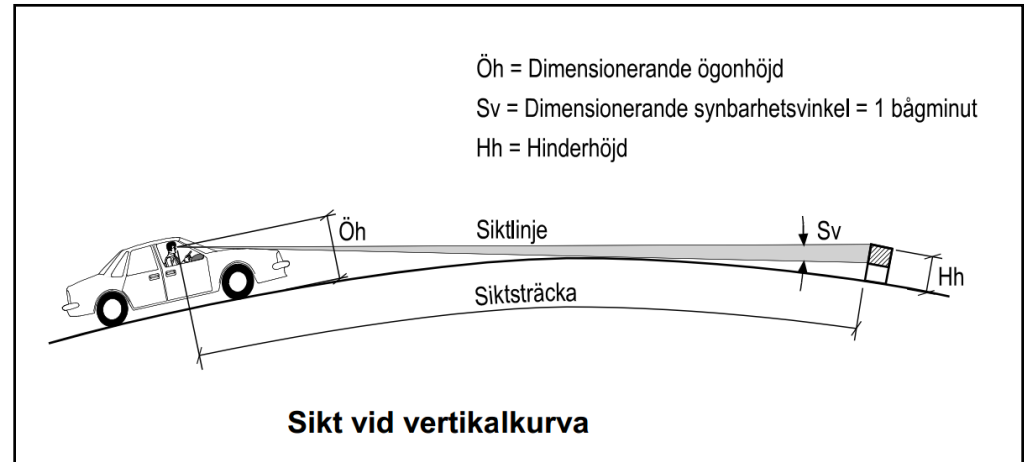
GRUNDVÄRDEN SIKT

Syfte - 2 delar, sikt - energi

- Projektet syftar till råd och krav inom utformning för ökad hållbar och tillgänglig cykling. I dagens utformningsdokument, VGU, finns kunskapsluckor för utformning med avseende på sikt, lutning, stigning och energi.
- Projektet skall ta fram rekommendationer för sikt, lutning, stigning och energi för att åstadkomma bättre utformning.

Vad skall vägutformaren ha SIKT till?

- VR, referenshastighet (skyltad hastighet)
- VU, utformningshastighet (85-percentilen)
- Ger "minimielement":
 - Horisontalkurvor
 - Vertikalkurvor



Olika sorters SIKT

- Stoppsikt – siktsträcka som krävs för att fordonsförare kan stanna sitt fordon före ett hinder. Reaktionssträcka + bromssträcka
- Färdsikt – siktsträcka som krävs för att en fordonsförare kan hålla önskad hastighet på ett trafiksäkert och komfortabelt sätt enligt vad i övrigt rådande förhållanden medger.
- Omkörningssikt – den siktsträcka som krävs för att ett fordon ska kunna genomföra en omkörning
- Sikt i korsningar – avser sikt i korsningar och normalt brukar en yta och inte sträcka användas för att definiera detta mått.
-

Vad skall cyklisten ha SIKT till?

?

Vad har sikt för betydelse?

Olyckstyp	Olycksgr...	STRADA_...	STRADA_Mon...	STRADA_Mon...	STRADA_Hour	STRADA_...	Veckodag
C	10	2008	2	1	4	1	må
G4	7	2009	5	2	7	2	ti
G3	1	2010	2	3	8	6	on
G5	1	2011	4	4	10	8	to
A		2012	6	5	11	9	fr
F				6	12	15	lö
G0				7	14	0	sö
G1				8	15		
G6				9	16		
K				10	18		
S				11	21		
U				12			
VO							

Huvudgrupp	Undergrupp	Vägmständighe...	Olycksplats
annat	skymd sikt 19	Annat 60.0%	Stora Varysgatan cirkulatic 1
Beteende hos trafikanter	Fel på cykeln	Ej relevant för skadehändel: 20.0%	Krombyvägen 1
Cyklad omkull	Cyklst som kört på fotgängare	Hal pga vatten 13.3%	Nordlindsväg i höjd med pr 1
Cyklisten i interaktion med cykeln	Halka	Ojämnt, Hål och gropar, Lös 6.7%	Rudbecksgatan-Bellevuevi 1
Cyklstens beteende och tillstånd	Ej följt trafikregler	Annat, Ej relevant för skadehändelsei	Södra Förstadsгатan Malm 1
DoU	<Tom>	Hal pga annat	Cykelöverfart Poppelgatana 1
okänt förlopp	Cyklad in i bildörr	Hal pga annat, Löst grus, Annat	Mellanhedsgatan 26 Malmi 1
Samspel med övriga trafikanter	Parkerad bil	Hal doa annat. Ojämnt. Hål och gropar	MALMÖ FINLANDSGATAN 1
Sjukdom	Prejad/trängd/klämd/knuffad		Kvartettgatana Malmö 1
Vägutformning	Väjt för andra trafikanter		Möllevångstorget 1
	Ojämnt		Malmö, cykelstig Vattenvei 1
	Tillfälligt föremål		
	Påkörd av bil		
	Trottoarkant/kantsten		
	Inbromsning		
	Fast föremål		
	Av-/påstigning		
	Distraction/lek/telefon		
	Alkohol		
	Fastnat i cykeln		
	Bländad av solen		
	Räls/spår		
	Blåst		

Cykel i konflikt...	Attribut till p...	Olycksväg/-ga...	sum([Ant polisrapporter])
pb	Cykelfält 1	John Ericssons väg 2	Väghållare 9
cy	Cykelöverfart 1	Nydalavägen 2	Kommunal 3
fotgängare	Cykelfält, Bro	561/Krombyvägen 1	Kommunal, Ko... 1
mo	Cykelfält, Tunnel	848/Vattenverksvägen 1	Statlig 1
buss	Cykelöverfart, Cykelfält		- 4

ISS-inter...	sum([Ant poli...]	sum([Ant sju...]
1 - 3	12	16
4 - 8	3	12
9 - 15	1	0
16 -	1	1

Karta

Karta flöde

Stoppsikt

- Stoppsikt
 - Längden på sträckan avgörs av fordonsföraren reaktionstid och fordonets bromsförmåga. Stoppsträckan kan då delas in en reaktionssträcka och en bromssträcka.
 - Reaktionstid enligt 2012:199

Beslut	Trafikmiljö	Reaktionstid (S)
Stanna/kör i korsning	Landsbygd	2,0 eller mer
	Tätort	1,5-2,0

Stoppsikt

- Stoppsikt
 - Retardation enligt 2012:199

STANDARD	RETARDATION (m/s²)	ANM.
God	0-2,0	Mjuk bromsning.
Mindre god	2,0-3,0	Relativt hård bromsning, kräver sandad vinterväg.
Låg	>3,0	Hård bromsning, ej möjlig vid vinterväglag.

Stopsikt

- Stopsikt
 - Stopsikt enligt 2012:179

Tabell 3.2-2 Stopsikt för cykel

Stopsikt (m)	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 30 km/tim	35	20
Dim hastighet 20 km/tim	20	10

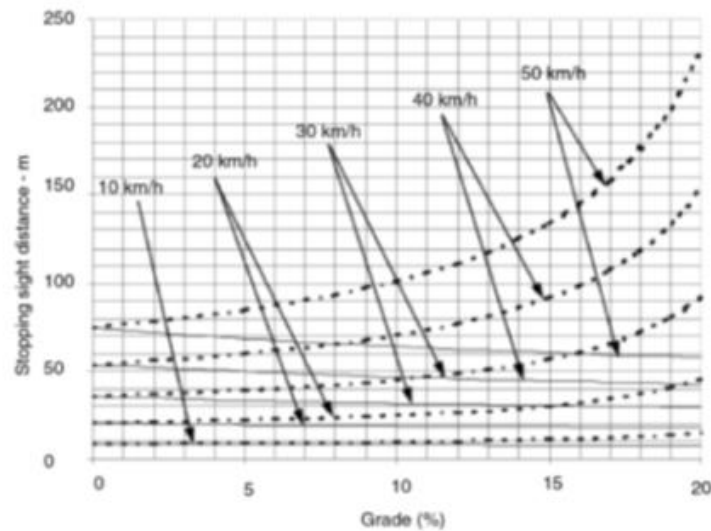
*) Endast efter väghållarens godkännande

Stoppsikt i utlandet

Publikation	Hastighet (km/h)	Stoppsikt (m)	Kommentar
<u>Byernes trafikarealer: forudsætninger for den geometriske udformning.</u> (<u>Vejdirektoratet</u> , 2000, Danmark)	10	8	Korsning med väjningsplikt Korsning utan väjningsplikt
	25	26	
<u>Design Manual for Bicycle Traffic</u> (<u>CROW</u> , 2007, <u>Nederländerna</u>)	20 30	21 40	2 s reaktionstid och retardation på 1,5 m/s ² .
<u>Design Manual for Roads and Bridges</u> (Nationella riktlinjer i Storbritannien, 2005)	10 30	10 30	
<u>Cycle Infrastructure Design</u> (<u>Department for Transport</u> , 2008, USA)	20 30	15 25	<u>Pendlingssträcka</u> <u>Lokal sträcka</u>

Stoppsikt i utlandet

Guide for the Development of Bicycle Facilities (American Association of the State Highway and Transport Officials (AASHTO), 1999, USA)



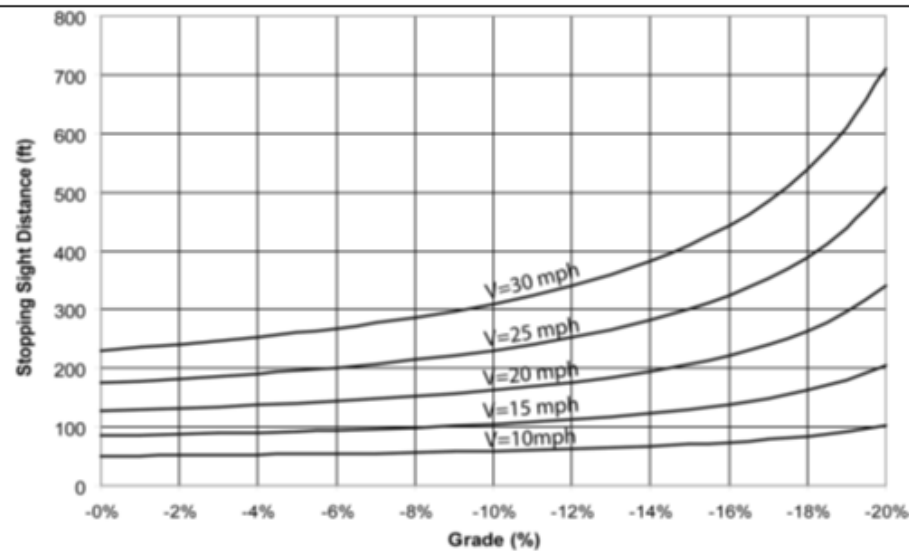
$$S = \frac{V^2}{254(f \pm G)} + \frac{V}{1.4}$$

Descend
Ascend ———

Where: S = stopping sight distance (m)
V = velocity (km/h)
f = coefficient of friction (use 0.25)
G = grade (m/m) (rise/run)

Stoppsikt i utlandet

Highway Design Manual (HDM)
(CALTRANS, 2009, USA)



Sykelhåndboka: utforming
av sykkelanlegg (Statens
Vegvesen, 2002, Norge)

20
40

Gäller vid < 3 % lutning
Gäller vid > 5 % lutning och vid
nedförsbackar.

Richtlinien für die Anlage von
Stadtstraßen (Forschungsgesellschaft für
Straßen- und Verkehrswesen
(FGSV) 2006, Tyskland)

30
40

22
33

Linjeföring finns endast
rekommenderat för motortrafik men
gäller även för cykeltrafik. 0 %
lutning för bägge.

Fältmätning - bromssträcka

- Enligt lagkrav skall en cykel kunna uppbringa en bromskraft som motsvarar en retardation om 3 m/s^2 , (TSFS 2009:31 4 §). Med detta värde som grund har via svenska riktlinjer en minsta stoppsträcka räknats fram för några olika hastigheter samt mätningar av uppmätta bromssträckor.

Hastighet [km/h]	Bromssträcka enligt VGU [3 m/s^2]	Uppmätt bromssträcka, medelvärde [m]		
		Damcykel	Vikcykel	Hybridcykel
10	1,28	1,36	0,66	0,57
20	5,16	3,86	3,44	2,88
30	11,66	8,86	8,02	6,74
40	20,57	-	-	21,69

- Resultatet av mätningarna visar att det över lag inte är problem att stanna cykeln på den teoretiskt framräknade minsta stoppsträckan.



Fältmätning - stoppsikt

- För att räkna fram stoppsikt har följande antagande gjorts:
 Reaktionsid enligt nya 2012:199, angivet som 1,5-2,0 s eller 2,0 sekunder, (tabell 2.4-6), uppmätta bromssträckor och dimensionerande retardation 3 och 2 m/s², enligt 2012:199 (tabell 2.4-2).

Dim hast	Sträcka reaktion (m)		Dim hast	Sträcka dim retardation (m)		Dim hast	Uppmätt stoppsträcka (m)
	2 s	1,5 s		3 m/s ²	2 m/s ²		
40	22,2	16,7	40	20,6	30,6	40	22
30	16,7	12,5	30	11,7	17,4	30	9
20	11,1	8,3	20	5,2	7,7	20	4

Fältsmätning - stoppsikt

- Dessa ingångsdata ger följande spann (högsta-lägsta) värde för stoppssträcka:

<u>Dim</u> hast (km/h)	Högsta (m)	Lägsta (m)	TRVK, önskvärd	TRVK, minsta
40	53	37	Saknas	Saknas
30	34	22	35	20
20	19	12	20	10

Stoppsikt - förslag

- Utifrån litteraturstudie samt fältstudier har förslag på nytt material gällande grundvärden för stoppsikt för cykel tagits fram som kan införas i "Krav för Vägars och gators utformning" (2012:179). Det är förändring av gällande grundvärden samt texttillägg som föreslås.

	Önskvärd minsta sikt (m)	Minsta godtagbara sikt *) (m)
Dim hastighet 40 km/tim	55	45
Dim hastighet 30 km/tim	35	25 (20)
Dim hastighet 20 km/tim	20	15 (10)

*) Endast efter väghållarens godkännande.

Uppdatering är i fetstil och gamla värdet är inom parantes. De föreslagna värdena är baserade på en reaktionstid på 2 s respektive 1,5 s för önskvärd och minsta, retardation är 2 m/s^2 och bromssträckor är uppmätta.

Färdsikt

- Färdsikt för cyklister hanteras sparsamt i den inventerade litteraturen.
- Färdsikt kan definieras:
 - sikt en cyklist bör ha för att kunna färdas på ett säkert och komfortabelt sätt och att sikten inte påverkar valet av hastighet eller annat körbeteende när cyklisten inte påverkas av "något". Bör gälla för sträckor utan anslutningar där konflikter kan ske.
- Det är endast Nederländska handboken Design Manual for Bicycle Traffic som behandlar färdsikt. För färdsikt står att en cyklist bör ha en tillräcklig överblick över vägen, cykelbanan och korsningspunkter för att kunna färdas på ett säkert och komfortabelt sätt. Man använder begreppet komfortsikt och sätter det till den sträcka som man färdas under 8 till 10 sekunder. Vidare sätts minsta färdsikt till den sträcka som motsvarar 4 till 5 sekunder.

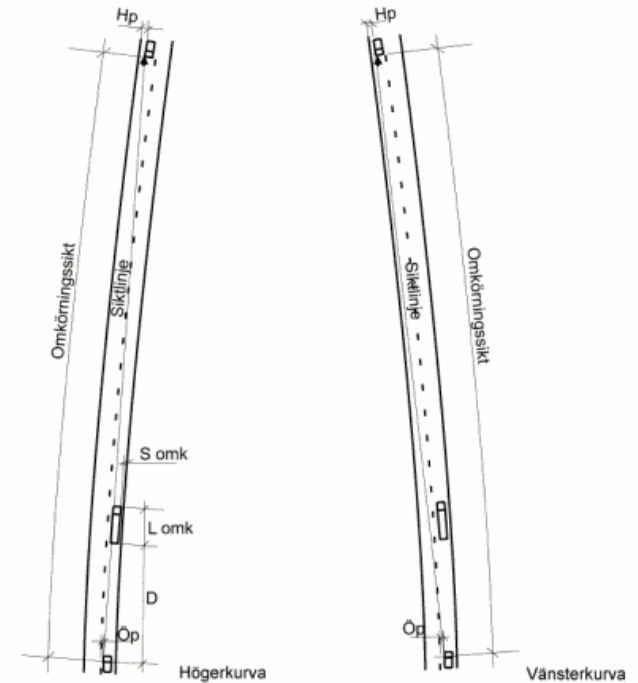
Dimensionerade hastighet/ färdsikt	Huvudcykelnät	Övrigt cykelnät
	30 km/h	20 km/h
8-10 sekunder	67-83 m	44-56 m
4-5 sekunder	35-42 m	22-30 m

Färdsikt

- Vad skall man ha färdsikt till?
 - Var skall man dimensionera för färdsikt
 - Vad påverkar färdsikt?
- Cykelbanans bredd
 - Cykelbanans lutning
 - Tvärfall
 - Radier
 - Beläggning
 - Vägkonstruktioner som broar eller tunnlar
 - Vägutrustning som räcken och vägmärken
 - Vägmarking
 - Belysning
 - Sidoområden t.ex. vegetation, öppna ytor eller fastigheter.
 - Cykelnätets standard och klass t.ex. huvudstråk.
 - Regleringsformer
 - Trafikriktningar
 - Trafikflöde
 - Trafikanttyper
 - Fordonstyper och fördelning
 - Korsningspunkter
 - Drift och underhåll t.ex. uppläggning av snövallar eller vägbansans friktion.

Omkörningssikt (fordon)

- I 2012:199 hanteras omkörningssikt för motorfordon och definieras som längsta vägsträcka på en tvåfältsväg inom vilket en personbilsförare i kö bakom ett köledande fordon kan se ett mötande fordon. Det finns krav på omkörningssikt för motorfordon i 2012:179 men inte cyklar.
- Cykel?



Figur 3.1-8 Ögon- och hinderpunkter vid bestämning av omkörningssikt

Omkörningssträckor ska utformas med omkörningssikt enligt Tabell 3.1-5.

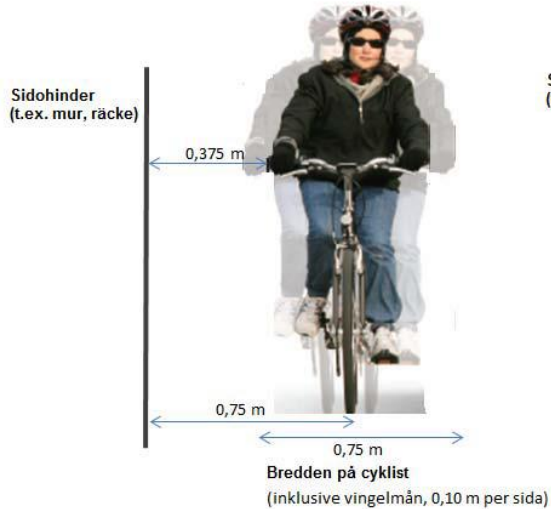
Tabell 3.1-5 Omkörningssikt

VR	Önskvärd minsta längd (m)	Godtagbar minsta längd (m) *)
100	900	> 550
80	800	> 450

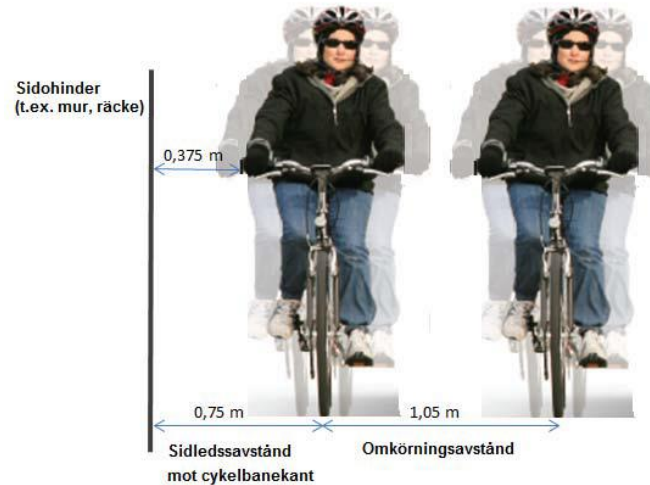
*) Endast efter väghållarens godkännande

Hållbar cykelinfrastruktur, Trafikverket (SWECO, Ramböll, MOVEA)

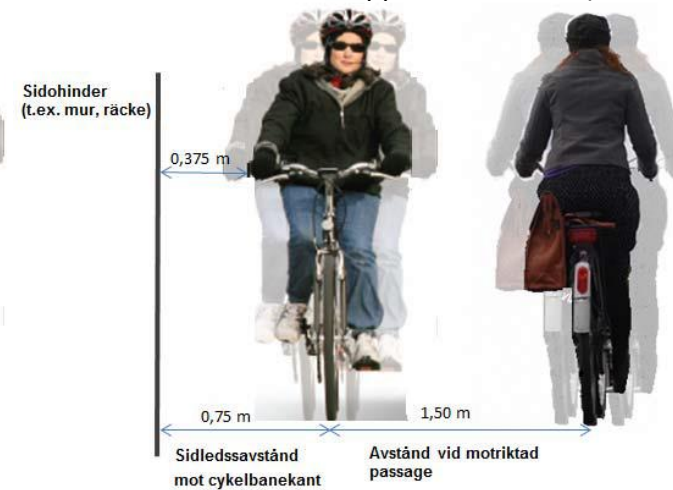
Avstånd i sidled mellan cyklist och cykelbanekant med sidohinder enligt studieresultat.



Avstånd i sidled mot cykelbanekant samt mot omkörande cyklist.



Avstånd i sidled mot cykelbanekant samt mot motriktade cyklister (minst 1,35 meter men helst upp till 1,70 meter).



Sammanfattning över rekommenderade avståndsvärden från studien.

	Uppmätt mellan	Rekommenderade avstånd	Enligt VGU
Sidledsavstånd mot cykelbanekant med sidohinder	cykelhjul och cykelbanekant	0,75 m	
	cyklist och cykelbanekant	0,40 m	> 0,20 m
Sidledsavstånd mot cykelbanekant utan sidohinder	cykelhjul och cykelbanekant	0,45 m	
	cyklist och cykelbanekant	0,10 m	> 0,20 m
Avstånd mellan cyklister vid omkörning	cykelhjulen (omkörande och omkörde)	1,05 m	
	cyklister (omkörande och omkörde)	0,30 m	
	cykelhjulen (mötande i varje riktning)	1,50 m	
Avstånd mellan cyklister vid omkörning	cyklister (mötande i varje riktning)	0,75 m	Uk A = 0,75 Uk B = 0,30

Uk = Utrymmesklass

Tolkning av resultat för VGU

	Standard	Flödesförhållanden (cyklar/timme/riktn)	Omkörnings- möjligheter	Rekommenderad cykelbanebredd från studien (meter)			Riktlinjer för bredd enligt VGU (meter)
				sidohinder på båda kanter	sidohinder på en kant	utan sidohinder	
Enkelriktad cykelbana	Låg	<360	Nej	1,50 m	1,25 m	1,00 m	Uk A = 2,45 m Uk B = 1,80 m (flöde ej specificerat)
	Medelhög - Hög	360 till 1440	Ja	2,50 m	2,25 m	2,00 m	
Dubbelriktad cykelbana	Låg - Medelhög	<360 per riktning. (Kan vara högre i en av riktningarna)	Begränsad (en riktning åt gången)	3,00 m	2,70 m	2,40 m	Uk A = 2,45 m Uk B = 1,80 m (flöde ej specificerat)
	Medelhög - Hög	Högt i den ena riktningen (upp till 1440) och lägre i den andra (<360). Alt. medelhöga (cirka 720) i båda riktningar	Ja (en riktning åt gången)	4,00 m	3,70 m	3,30 m	
	Hög	Upp till 1440 i båda riktningar	Ja (både riktningar samtidigt)	5,10 m	4,80 m	4,50 m	

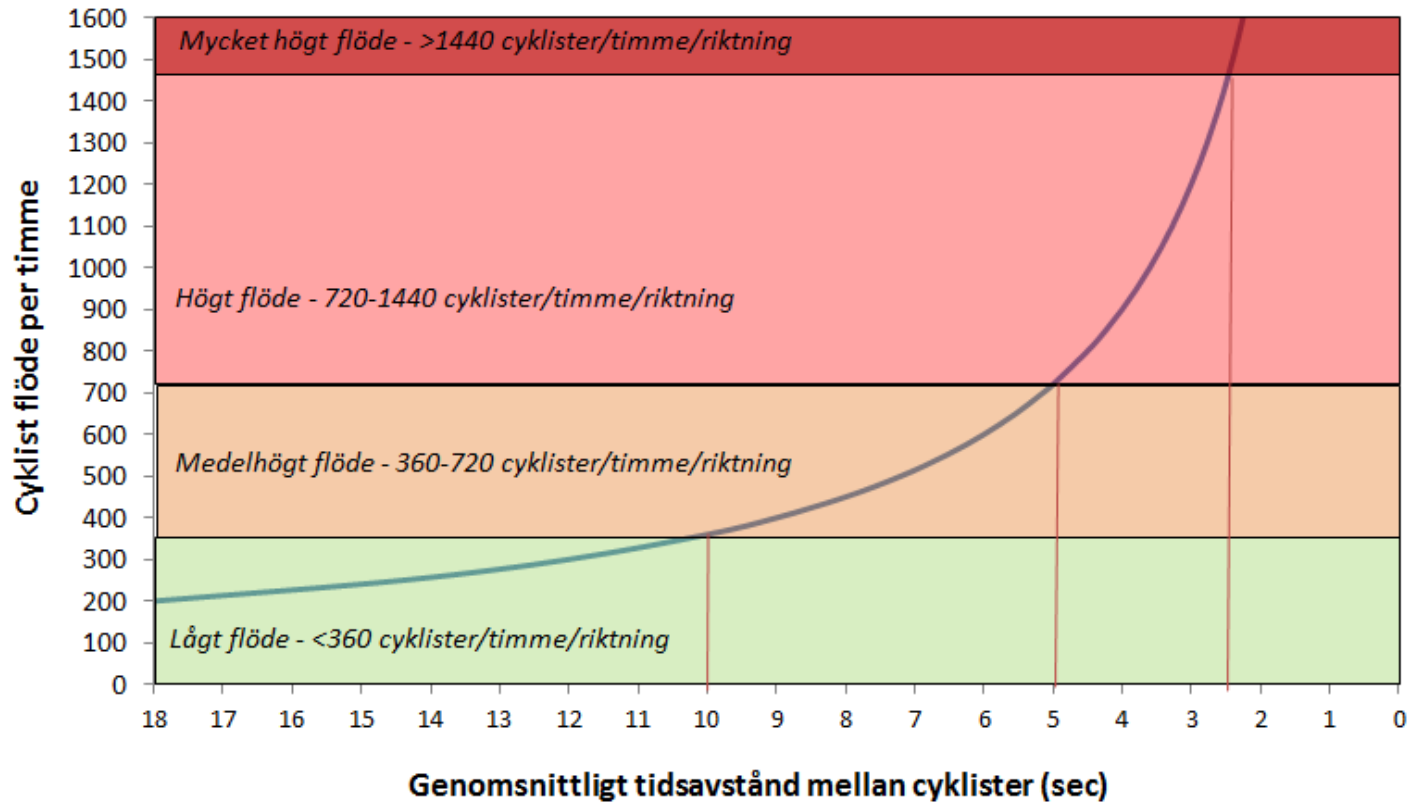
Uk = Utrymmesklass

Sammanfattning över rekommenderade cykelbanebredder från studien.

METKAP, Kapacitetsmanual

Cykeltrafikanläggningar (ej publ)

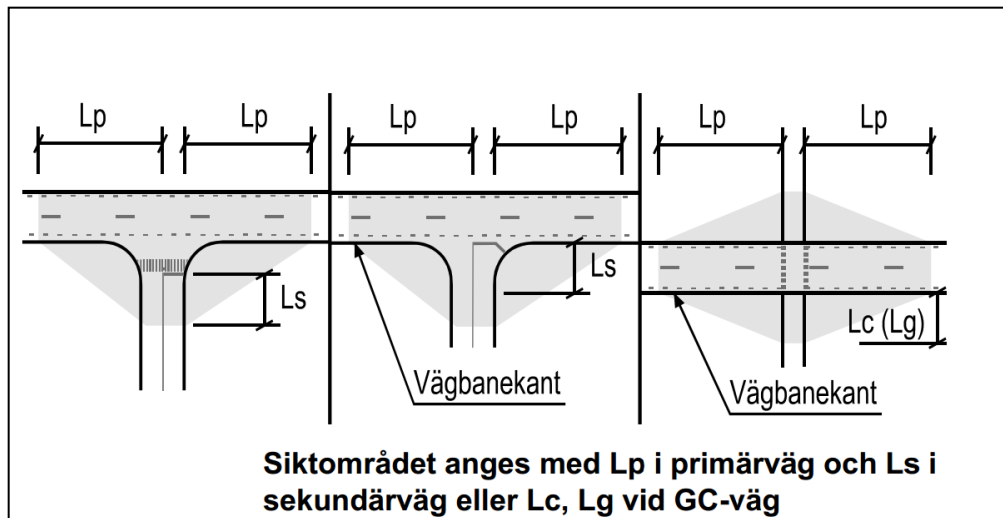
Kategorisering av cykelflöde (dimensionerande hastighet 22 km/h)



Definition av flödeskategorier utifrån genomsnittliga tidsavstånd mellan cyklister, inbromsningsförmåga, reaktionstid och dimensionerande hastighet.

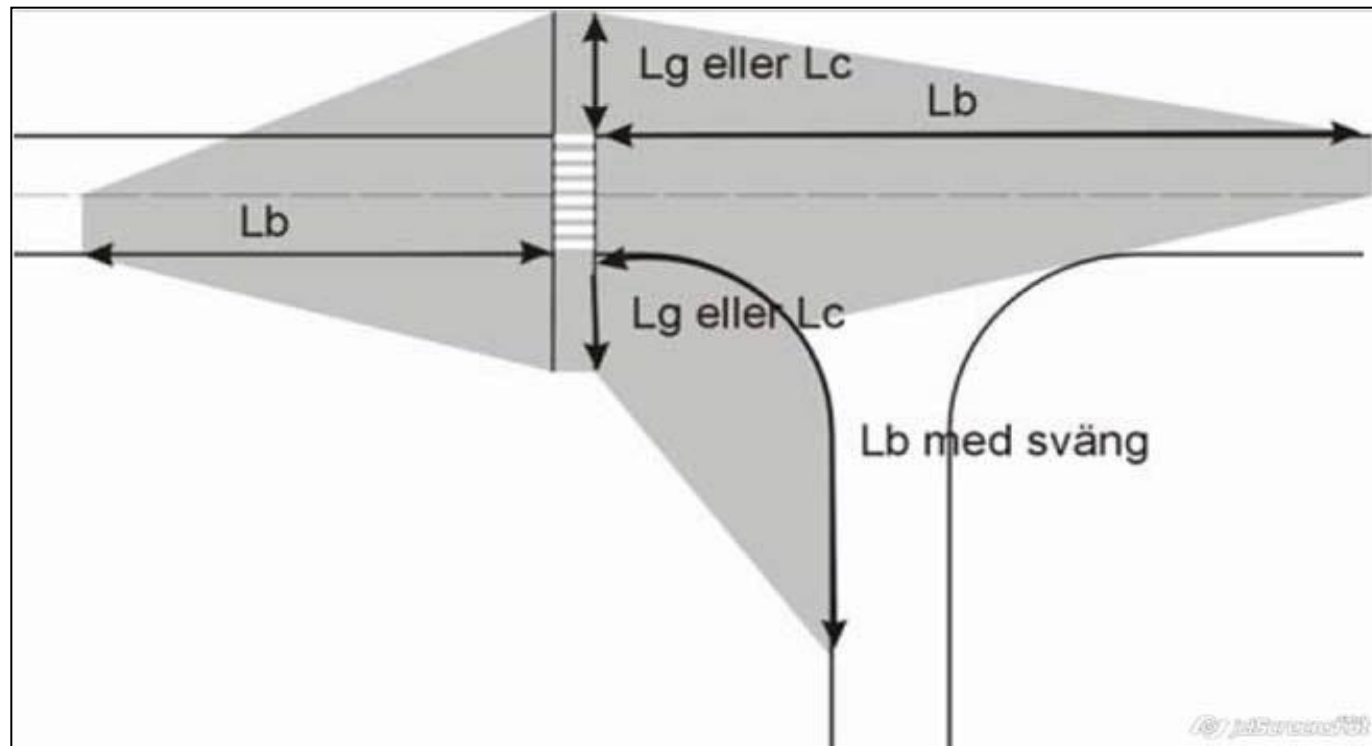
Sikt i korsningar

- Siktområden i korsningar (2012:199).



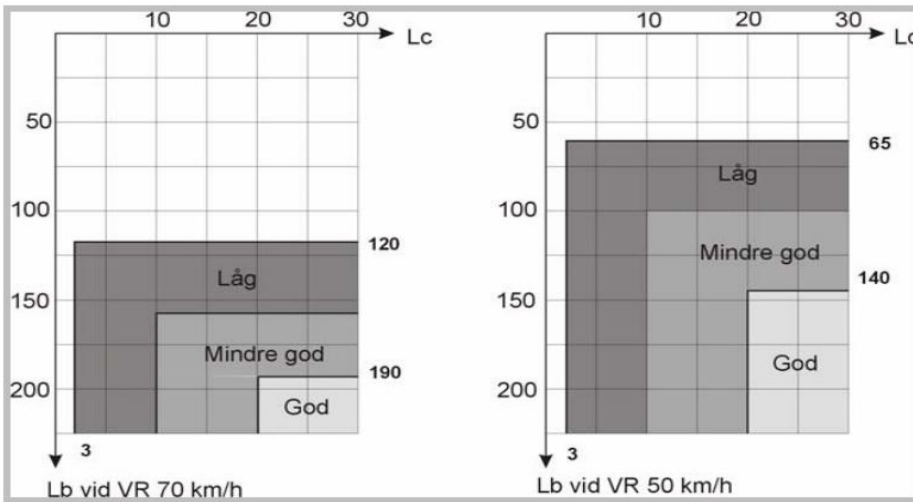
Sikt i korsningar

- L_c och L_b som är stoppsikt för cyklande respektive bilar enligt 2004:80.



Sikt i korsningar

- I 2004:80 anges längder på L_c och L_b för olika standarder.



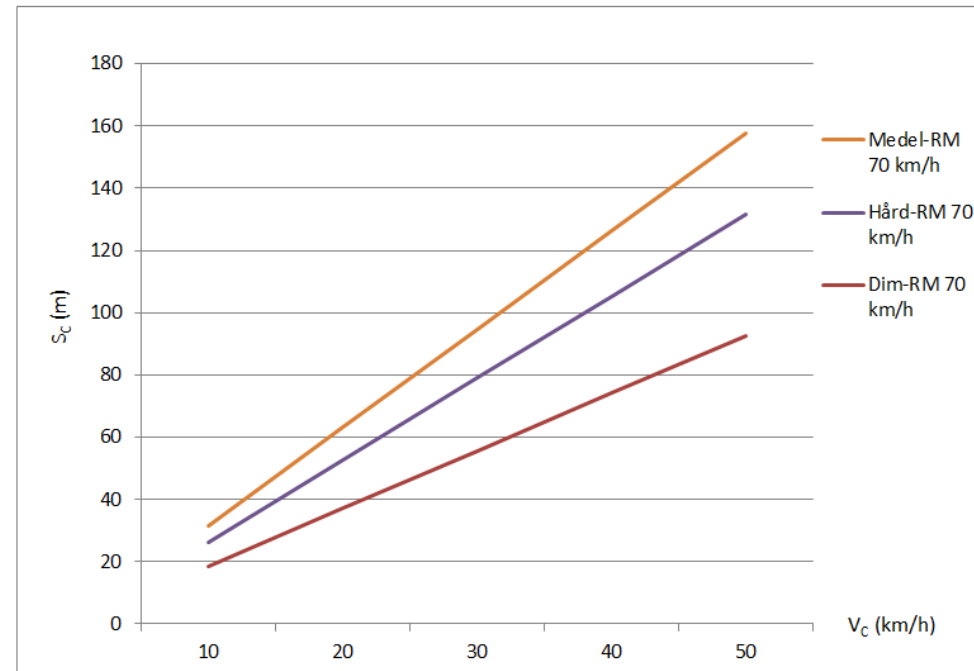
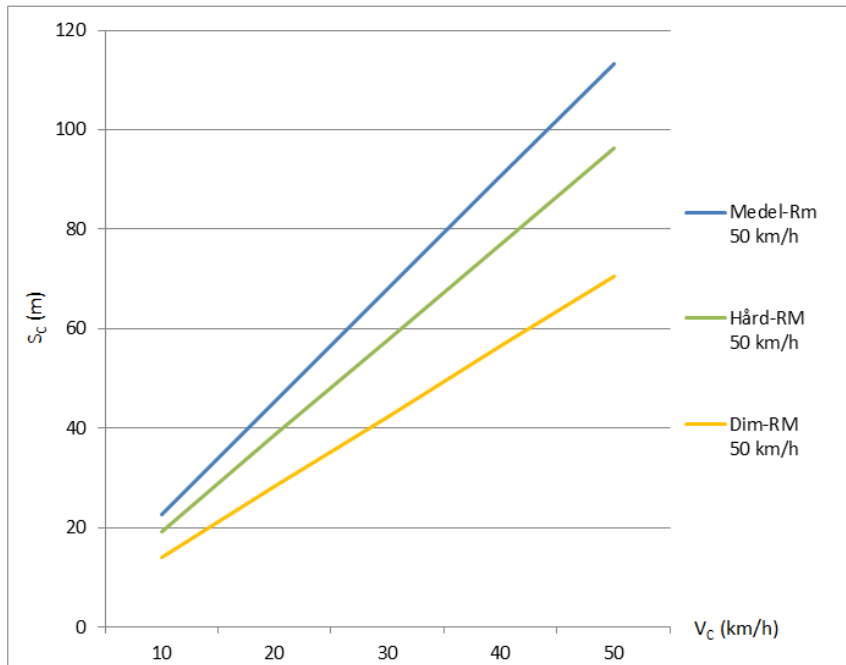
- God standard innebär att cyklister kan färdas i en hastighet på 20 km/h och fatta beslut om att stanna eller köra med 2 s reaktionstid och bekväm bromsning och hinna passera om inga bilar finns i siktområdet. Mindre god standard innebär samma villkor fast med färdhastighet 10 km/h och vid låg standard måste cyklisten stanna.

Sikt i korsningar

- Värderna för L_c och L_b är inte självklara.
- Finns två extremfall
 1. Motorfordon bromsar medan cykel fortsätter oförändrat
 2. Cykel bromsar med motorfordon fortsätter oförändrat

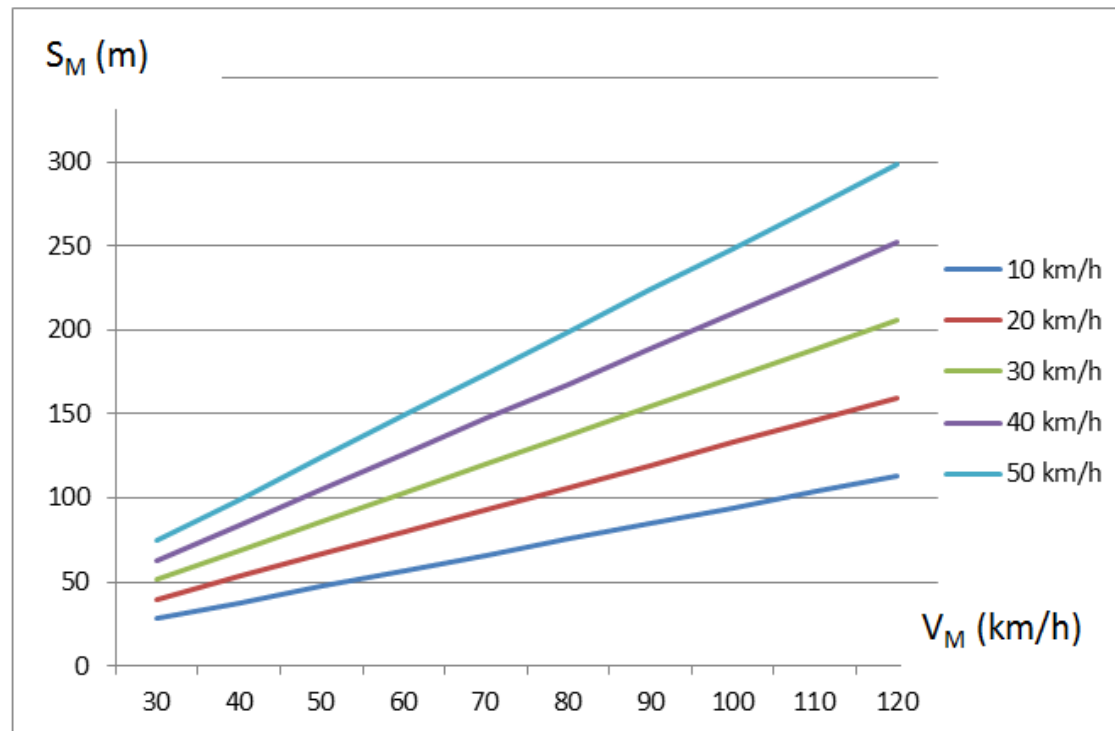
Sikt i korsningar - räkneexempel

- Motorfordon bromsar medan cykel fortsätter oförändrat
- Nedan visas sträcka som cyklar hinner passera under motorfordonens retardationstid från 50 och 70 km/h.



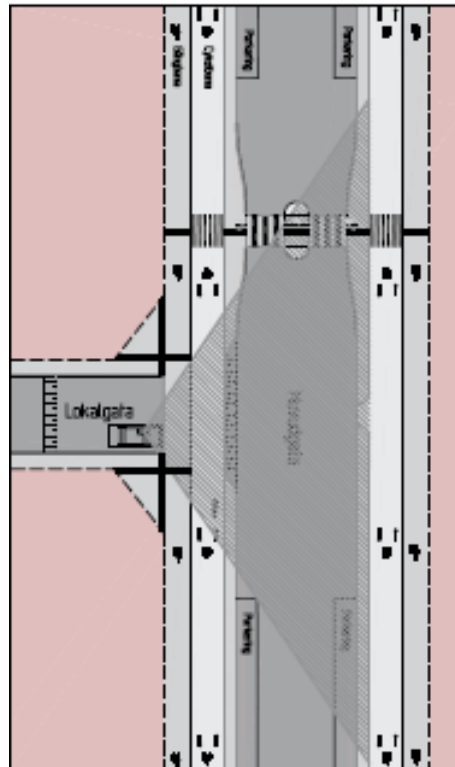
Sikt i korsningar - räkneexempel

- Cykel bromsar medan motorfordon fortsätter oförändrat
- Nedan visas de sträckor motorfordon hinner för hastigheter mellan 30-120 km/h under den tid en cykel retarderar till 0 km/h från hastigheter mellan 10-50 km/h.



Sikt i korsningar

- I "Cykeln i staden - Utformning av cykelstråk i Stockholms stad" (Trafikkontoret Stockholms stad 2009) rekommenderas också att sikttrianglar används i korsningar med 10 m sidor i trianglarna.



Sikt i korsningar

- Design Manual for Bicycle Traffic (CROW)

Sträcka (att korsa) (m)	Tid (att korsa) (s)	Mötandesikt vid olika hastighet (V85)			
		30 km/h	50 km/h	70 km/h	80 km/h
4,0	4,2	45	100	180	205
5,0	4,5	45	105	185	210
6,0	4,9	50	110	190	220
7,0	5,1	50	115	200	225
8,0	5,5	55	120	205	235

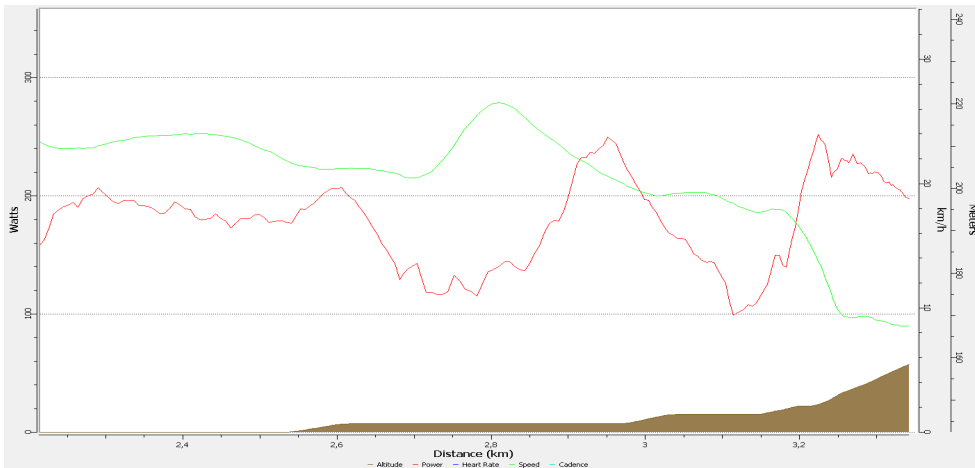
- Förutsättningarna är att acceleration på $0,8 \text{ m/s}^2$, reaktionstid på 1 s och maximal hastighet som cyklisten korsar vägen med på 10 km/h. Förutom ankommande motorfordons hastighet och den tid en cyklist behöver för att korsa vägen påverkas sikten av den fördröjning som en cyklist får på grund av överordnat flöde. Den tiden varierar mellan 1 till 5 sekunder beroende på hastigheten hos de ankommande fordonen.

Fortsättning

- Fältmätning – våren 2015
- Förslag på värden/modell sikt för cykel – juni 2015



Hållbar Cykling – Energi

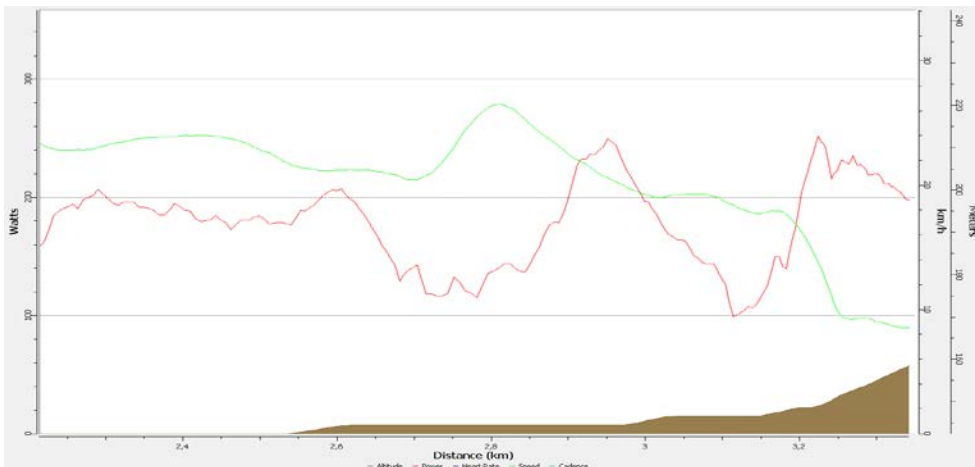
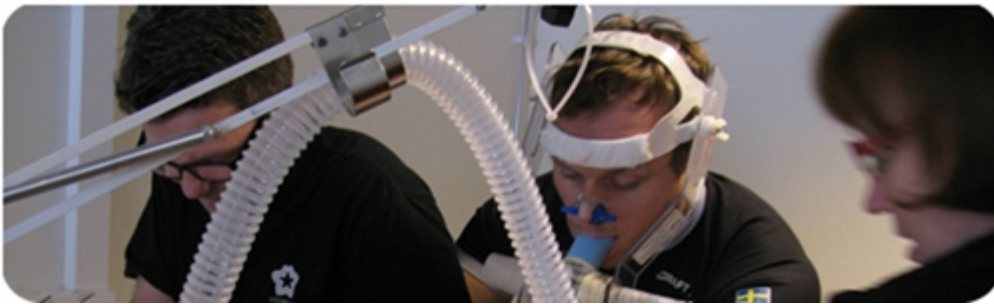


TACK!

Hållbar tillgänglig cykling

Workshop:

GRUNDVÄRDEN ENERGI



2 delar, Sikt och energi

- Syftar till ta fram råd och krav inom utformning för ökad hållbar och tillgänglig cykling.
- I dagens utformningsdokument, VGU, finns kunskapsluckor för utformning med avseende på sikt, lutning, stigning och energi.
- Projektet skall ta fram rekommendationer för sikt, lutning, stigning och energi för att åstadkomma bättre utformning.

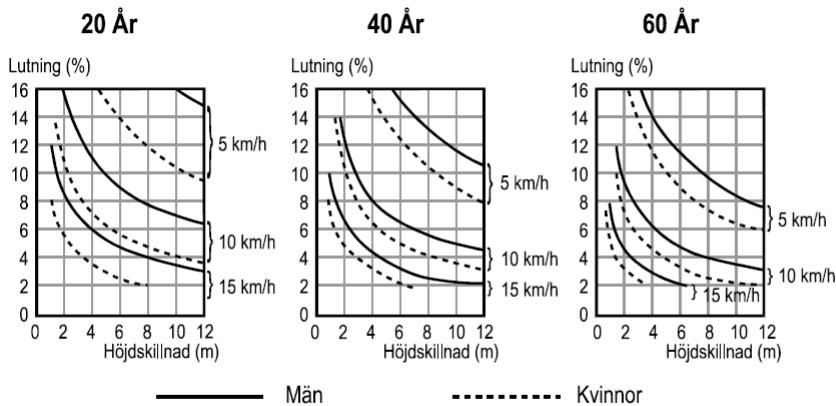
Frågeställningar - Energi

- Hur mycket påverkar lutning, stigning, omvägar till tunnlar, stop, inbromsningar vid utfarter den totala restiden samt energi för cyklister?
- Hur påverkar det utformning av cykelinfrastruktur?
- Grundvärden?



VGU Grundvärden, TRVK 2.4.2.2 Lutningar

- Prestationsförmågan är grundvärden för att dimensionera lutningar på GC-banor och -vägar.



Figur 2.4-4 Prestationsförmåga för olika ålderskategorier och kön vid cykling vid olika lutningar och nivåskillnader

- Som grundvärde för att beskriva lutningars kvalitetsnivå för cyklister har valts äldre cyklisters förmåga att hålla en viss hastighet. Gränsvärdet för lägsta godtagbara standard, 5 km/h, motsvarar normal gånghastighet för en gående utan funktionshinder.

Tabell 2.4-3 Lutningskvalitet på cykelförbindelse

Kvalitet	Lägsta	Önskvärd
(km/h)	5	15

*Kommentar: 5 km/h "vingligt",
cykel instabil under 10 km/h*

Vad skall vägutformaren ha ENERGI till?

- Linjeföring för gångvägar och cykelvägar (kap 3.2 TRVKK)
 - Gång- och cykelvägar ska ha en medveten linjeföring som anpassar sig efter landskapet eller till närliggande väg.
- Horisontalkurvor, "komfort+sikt", betydelse för energi?
- Vertikalkurvor, 2 tabeller (3.2-4 och 3.2-5), "stoppsikt är dimensionerande" samt "sikten inte är dimensionerande"

Tabell 3.2-3 Minsta radiestorlek på horisontalkurvor

Horisontalradie (m)	Önskvärd minsta horisontalradie	Minsta godtagbara horisontalradie *)
Dim hastighet 30 km/tim	40	20
Dim hastighet 20 km/tim	20	10

*) Endast efter vägghållarens godkännande

Tabell 3.2-4 Minsta radiestorlekar på långa konvexa vertikalkurvor

Konvex vertikalradie (m)	Önskvärd minsta radie	Minsta godtagbara radie *)
Dim hastighet 30 km/tim	600	200
Dim hastighet 20 km/tim	200	

*) Endast efter vägghållarens godkännande

Tabell 3.2-5 Minsta radiestorlekar på konkava och korta konvexa vertikalkurvor

Konkav vertikalradie (m)	Önskvärd minsta radie	Minsta godtagbara radie *)
Dim hastighet 30 km/tim	140	70
Dim hastighet 20 km/tim	60	30

*) Endast efter vägghållarens godkännande

Forts.....

- 3.2.2.4 Lutning på cykelvägar
 - "Absolut" nivåskillnad
 - Max lutning 8%
 - Motorfordon 10%

Tabell 3.2-7 Största lutning på cykelvägar

Nivåskillnad (m)	Önskvärd största lutning (%)	Största godtagbara lutning (%) *)
< 1	7	8
1 - 2	6	8
2 - 4	4	8
4 - 6	3	8
6 - 8	2,5	7
8 - 10	2	7

*) Endast efter väghållarens godkännande

Tabell 3.2-9 Tvärfall på cykelvägar på raksträcka

Tvärfall
0,5 % – 2,5 %

(Jmf Gång vs Cykel)

Tabell 3.2-6 Största lutning på gångvägar/-ytor

Nivåskillnad / Lutning	Gångväg/-yta som dimensioneras för rullstol	Övriga ytor	
		Önskvärd största lutning	Största godtagbara lutning *)
< 1 m	≤ 2 %	5 %	8 %
1 – 2 m	≤ 2 %	5 %	7,5 %
2 – 4 m	≤ 2 %	4,5 %	7 %
4 – 6 m	≤ 2 %	4 %	6,5 %
6 – 8 m	≤ 2 %	4 %	6 %
8 – 10 m	≤ 2 %	4 %	6 %

*) Endast efter väghållarens godkännande

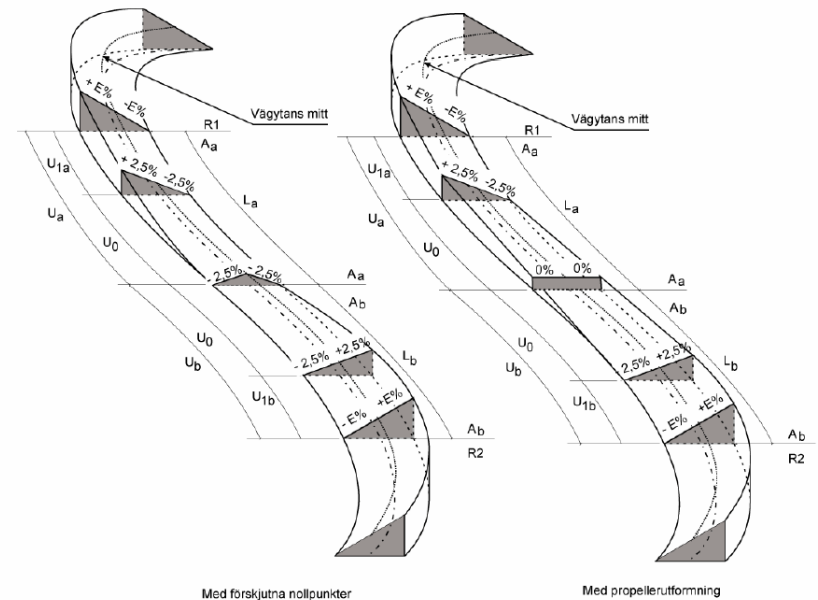
Tabell 3.2-7 Största lutning på cykelvägar

Nivåskillnad (m)	Önskvärd största lutning (%)	Största godtagbara lutning (%) *)
< 1	7	8
1 - 2	6	8
2 - 4	4	8
4 - 6	3	8
6 - 8	2,5	7
8 - 10	2	7

*) Endast efter väghållarens godkännande

TRVKR (VGU Råd)

- TRVKR 3.2 Linjeföring för gångvägar och cykelvägar
- "Cykelvägar som tillhör huvudnät bör dimensioneras för 30 km/tim. Lokalnät bör dimensioneras för 20 km/tim.
- Vid val av linjeföring för gång- och cykelvägar bör man ta ställning till, utifrån hur landskapet ser ut, om den ska följa intilliggande väg eller om den ska få en egen friliggande linjeföring. Gång- och cykelvägen måste dock alltid samspela med huvudvägens linjeföring. Gång- och cykelvägens linjeföring bör vad gäller lutningar, färdlängd mm inte vara sämre än huvudvägens."



Internationellt



Idékatalog for cykeltrafik

- 50 ‰ max 50 m
- 45 ‰ max 100 m
- 40 ‰ max 200 m
- 35 ‰ max 300 m
- 30 ‰ max 500 m



CROW (backe/krön vid broar etc.)



- Större höjdskillnad än 5 m kräver möjlighet till vila efter 25 m.
- Roos formel, längd = $10 \times \text{nivå}^2$



Sykkelhåndboka

- Max 10 % 0-35 m
- Max 7 % 35-100 m
- Max 5 % 100-200 m
- Max 3,5 % >200 m



AASHTO/Maryland

- Max 10 % 0-35 m
- Max 7 % 35-100 m
- Max 5 % 100-200 m
- Max 3,5 % >200 m

"Roos formel", längd = $10 * \text{nivå}^2$



Nivåskillnad (m)	VGU Önskvärd (%)	VGU Längd (m)	Roos formel, faktor 10 (m)	faktor 5 (m)
1	7	14	10	5
2	6	33	40	20
4	4	100	160	80
6	3	200	360	180
8	2,5	320	640	320
10	2	500	1000	500



Beräkna "lutning"

Lutning funktion av arbetsförmågan samt effektbehovet för cykling

- Effektbehov
 - I princip samma underlag (formler etc) i världen
 - "samsyn" på lutning (längd, lutning, nivåskillnad)
 - "mekanistisk syn"
- Arbetsförmåga
 - Varierar pga kön, ålder etc
 - Vem är dimensionerande?
 - Fokus på "backar", lutning

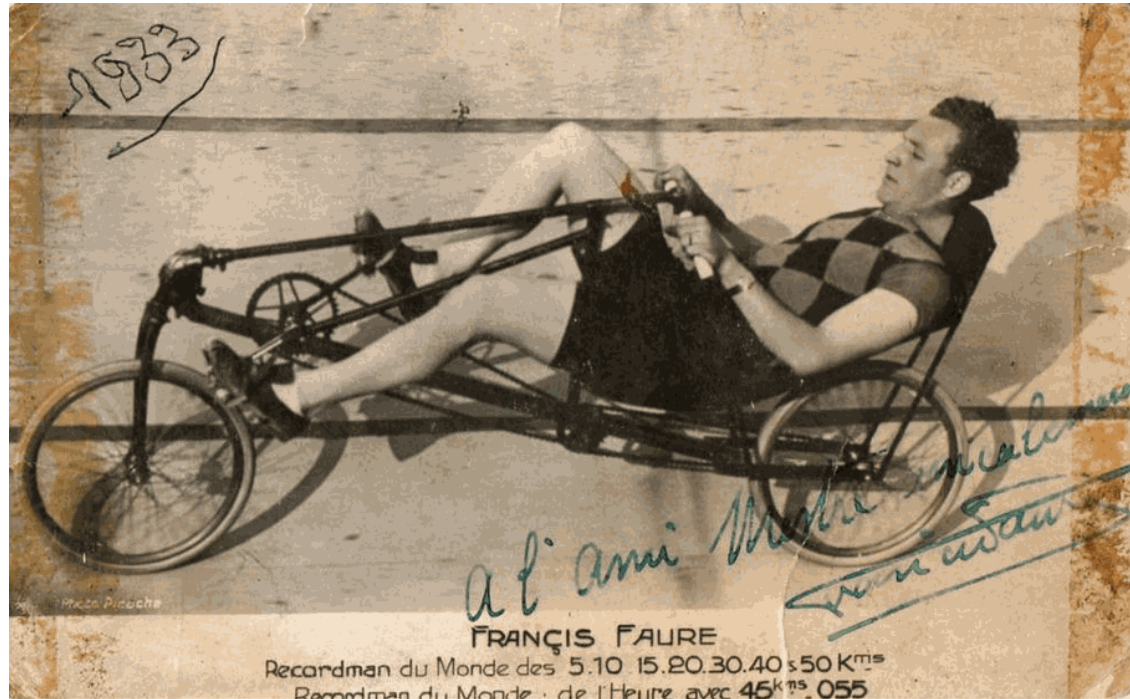
Energi – cykel

- Faktorer:
 - Hastighet
 - Massa
 - Lutning (lägesenergi)
 - Luftmotstånd
 - Rullmotstånd

Kommentar: i utformningsråd endast som lutning



Vad har betydelse?



Modeller - cykelenergi

Racing Bicycles

Roadster hands on the tops (top of handlebar)

MTB hands on the drops (bottom of handlebar)

Tandem with racing bars [read...](#)

Triathlon Bicycle

Superman Position (Racing Bicycle-1h Record)

Recumbents

LongWheelBase under seat steering, commuting equipped

ShortWheelBase under seat steering, commuting equipped

ShortWheelBase above seat steering, racing equipped

Lowracer above seat steering Kreuzotter race

Lowracer with streamlining tailbox Kreuzotter race

Streamlined Lowracer White Hawk (1h World Record)

Streamlined Trike Quest

Front Wheel Tire narrow racing tire (high pressure)

"Change" the sort of tires? (Recumbents: calculation is based on 20inch front wheels.)

The input field of the variable to be calculated must be empty. With both fields filled, the variable evaluated previously will be calculated.

Power Watts

Further results: Effective Drag Area $C_d \cdot A$ m^2

In case you enter (before clicking the "Calculate" button) either the TripDistance km m or the TripDistance km m the amount of Calories Burnt by the Rider = kcal (Besides, the program will evaluate the variable whose fields are empty)

The comma as well as the point may be used as decimal point.

Rider's Height cm

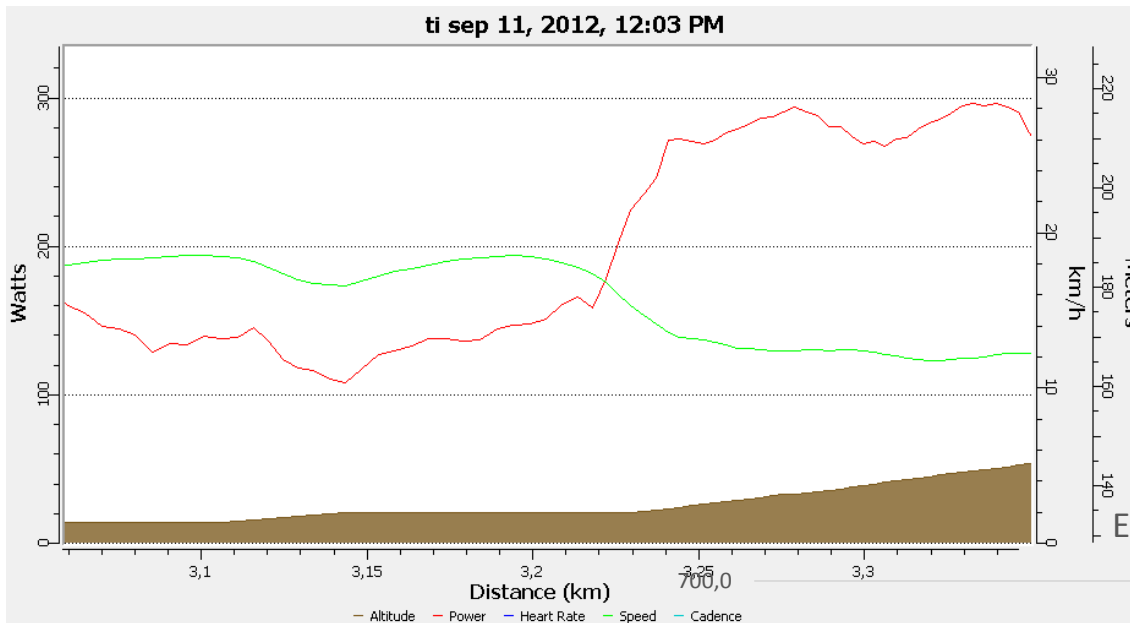
Rider's Weight kg

Bicycle Weight kg

Air Temperature ° C

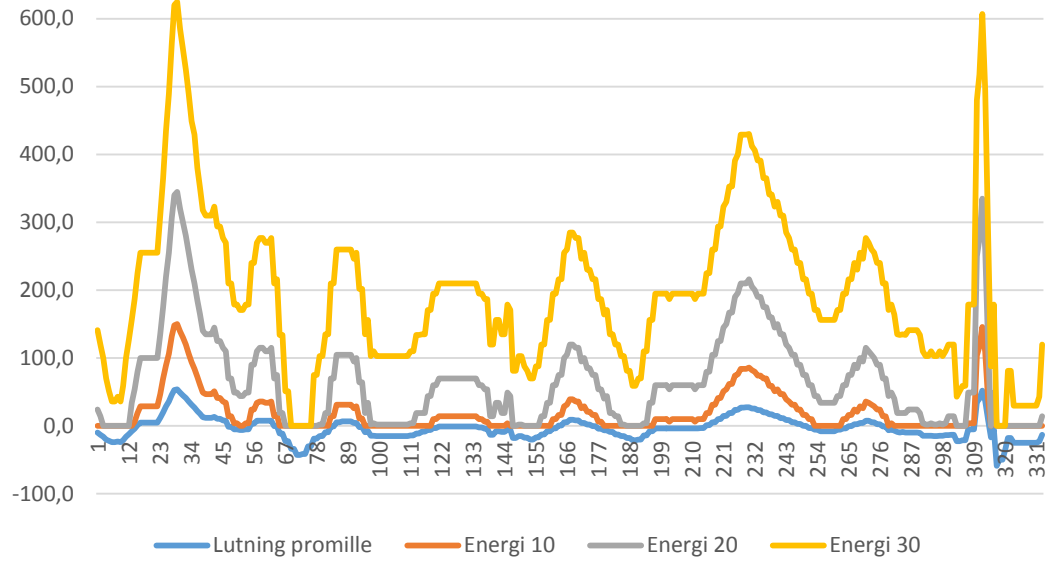
	Kreuzotter	Analytic cycling	PowerCalc
Vald cykel	Roadster	-	-
Cykelns vikt, Stadscykel	18	18	18
Cyklisten vikt	80	80	80
Cyklistens längd	185	-	-
Hastighet	15 km/h	4,2 m/s	15
Lutning	0%	0	0
Höjd över havet	0	0	0
Lufttemperatur	15 grader	-	15
Luftens densitet	-	1,226	1,226
Frontarea	-	0,67	0,67
Koefficient för luftmotstånd	-	1,15	1,15
Koefficient för rullmotstånd	0,005	0,005	0,005
Vindhastighet	0	-	0
Pedalkadens	70	70	-
Resultat	58 w	55,2	54,2

Modell vs Empiri



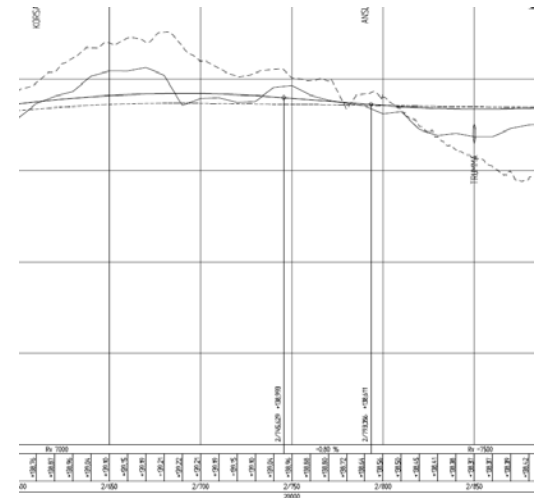
Energi (W)

$$P = C_m * V * \left(C_d * A * \frac{\rho}{2} * (V + W)^2 + F_{rg} + V * C_{rvn} \right)$$



Ex Grycksbo (ca 3 km)

	Lutning %	Energi (W)
Modell (20 km/h)	-0,3	66,6
Uppmätt (20,2 km/h)	-0,5	74
Diff		10%
Modell (30 km/h)	-0,3	194,7
Uppmätt (30,2 km/h)	-0,6	211
Diff		8%



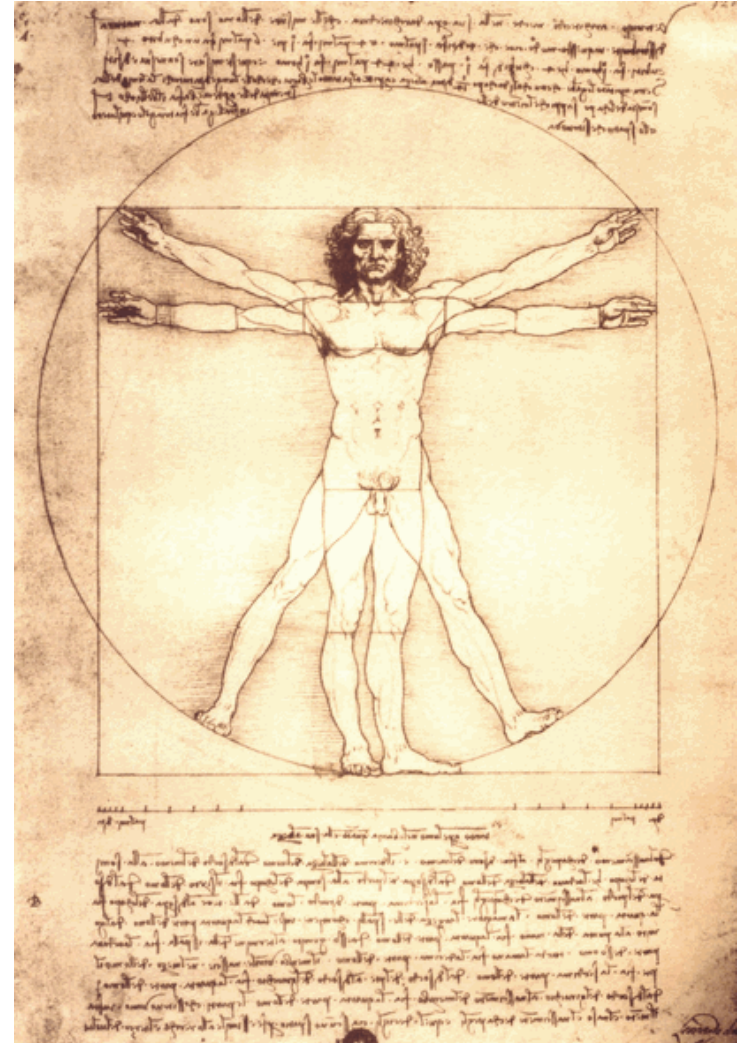
Kommentar: väl överensstämmelse modell – mätning.
Skillnad beror förmodligen främst på luftmotstånd
samt "vilo-sträckorna" där modellen ger 0.



Arbetskapacitet – motorn i systemet

Faktorer som påverkar

- Syreupptagningsförmåga (ml O₂/min)
 - Kondition
 - Ålder/kön
 - Övrigt (diet, värme, etc)
- Upplevd ansträngning, "svettfri cykling"
 - Psykologi



Hur fungerar motorn i människan?

Muskler pumpar mha fosfor-joner (ATP).
2 sorters förbränning (princip):

1. Anaerob (syrefri)

1. 5-10 sekunder lagrad/ladda
2. 3-4 minuter i blodet

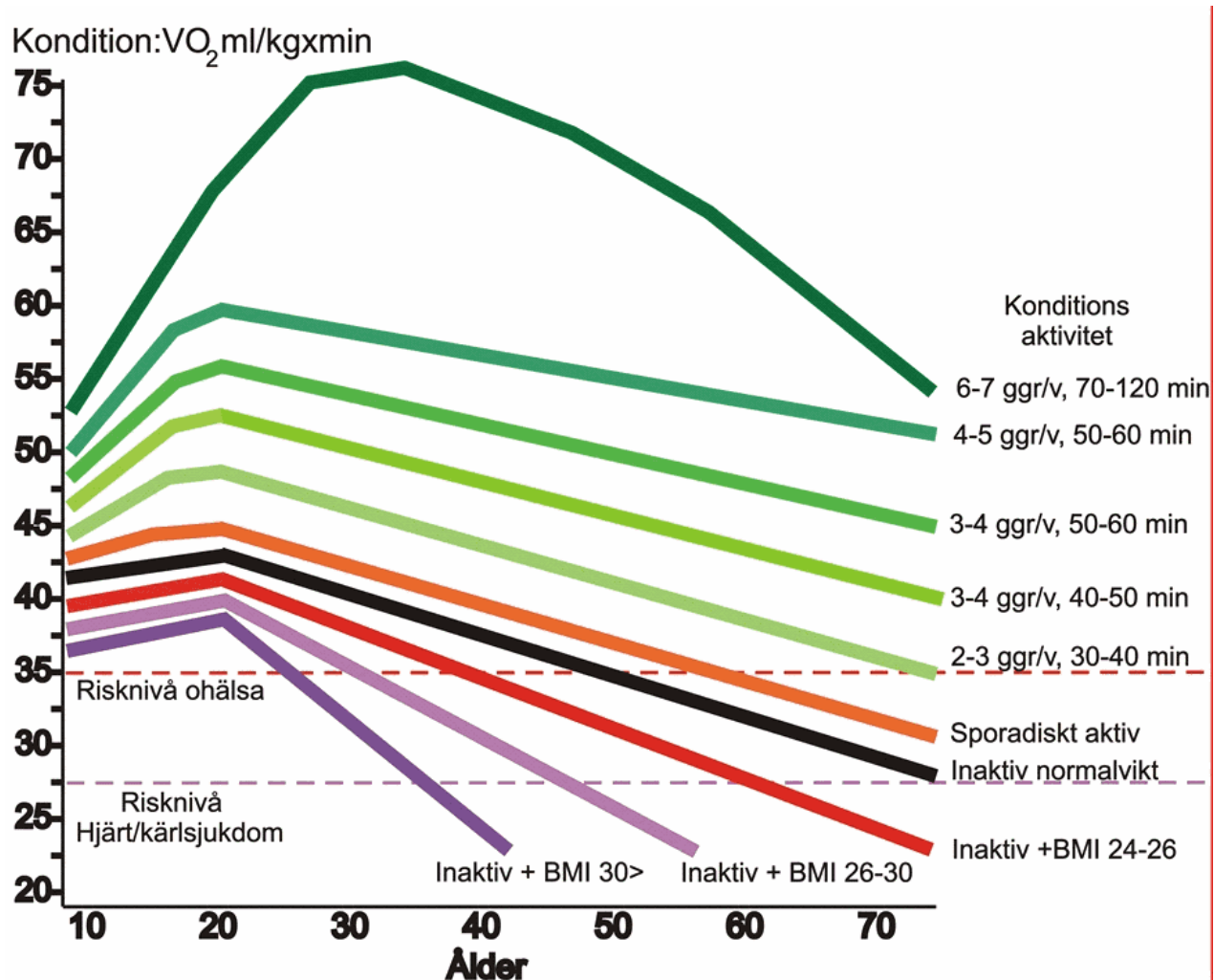
2. Aerob (syre)

1. "timmar" (ex "tränad" gör av med ca 50% ATP på 6h)

Momentant tillgängligt ATP ca 250 gram (AA batteri),
men totalt ca 50-100% av kroppsvikt/dygn



Syreupptagningsförmåga – ålder (exempel)



Vem är dimensionerande?

Exempel på maximal lutnings längd (m) beroende på lutning (%) samt personkategori. Lägsta hastighet 5 och 10 km/h, ingångshastighet 15 km/h. VGU gränsvärden omräknat till meter.

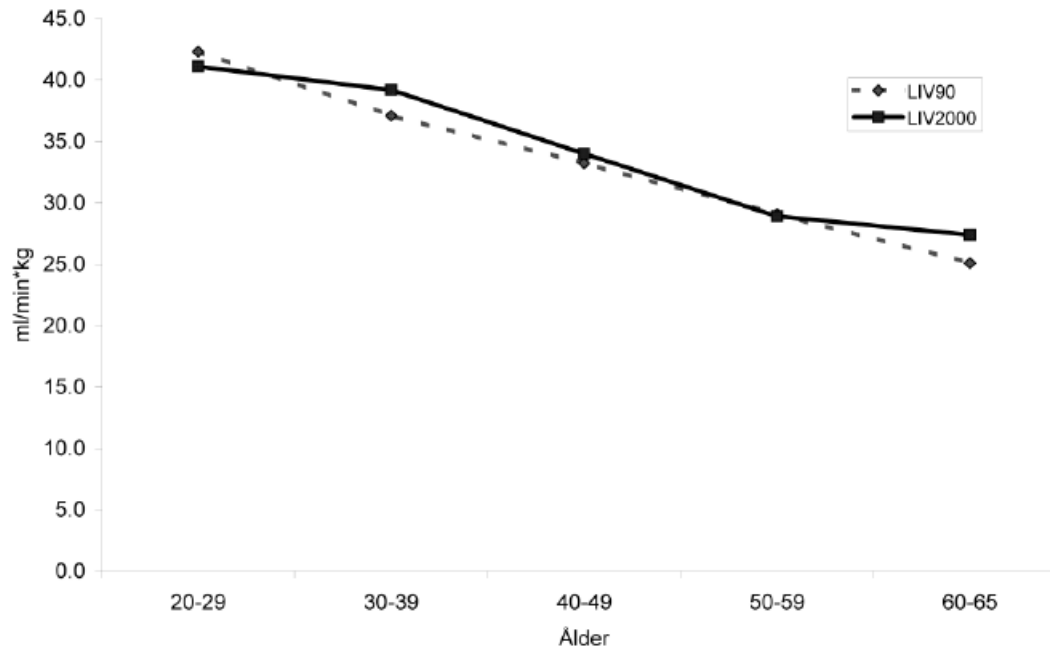
	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	12%	14%
Man 20 år, 10 5 km/h	5100	2350	1100	550	220	150	100	50	30	20
	7500	5450	3800	2650	1800	1200	840	400	140	90
Kvinna 60 år, 10 5 km/h	790	230	120	70	45	30	20	15	-	-
	2500	1400	750	400	250	120	85	50	30	20
VGU (önskvärd)	500	200	100		33	14				
VGU (största)						143	75			

Ändring av lägsta hastighet -> 10 km/h, rimligt?

- Ingen förändring på "önskvärd"
- Orimligt på "största"? (i princip max 6%)
 - 7% ger 2 m nivå
 - 8 % ger 1,6 m nivå

Population, förändring LIV 90 till 2000

7.3.1 VO₂max



Figur 7.3. Medelvärde för maximal syreupptagning (ml/kg*min) för kvinnor LIV 90 respektive LIV 2000.

Modeller för människan?

- Konditionstester –Åstrands Cykelergometertest



RAMBOLL

- Upplevd fysisk ansträngning - Borg skattningsskala

	<u>Skattning</u>	<u>Kommentar:</u>
6	Ingen ansträngning alls	Vila
7	Extremt lätt	
8		
9	Mycket lätt	Som en kortare promenad i lugn takt.
10		
11	Ganska lätt	
12		
13	Något ansträngande	Du kan fortsätta utan större besvär och kan föra ett samtal.
14		
15	Ansträngande	Du är trött men kan ändå fortsätta och har svårt att föra ett samtal.
16		
17	Mycket ansträngande	Du kan fortsätta men måste ta i mycket kraftigt och känner dig mycket trött.
18		
19	Extremt ansträngande	För de flesta människor motsvarar detta den allra största ansträngning de någonsin upplevt
20		

Ingen modell för "hela resan"

- Saknar underlag
 - Återhämtning
 - Borg skattningsskala
 - Komfort -> Värme etc.
 - Varför 3-5 km?
 - 12-20 minuter
- Behöver modell
 - Typ VETO (SEMLA-projektet)
- "Undvika" blir allmän rekommendation
 - Självklart men liten kunskap



Förslag VGU

- 3.2.2.4 Lutning på cykelvägar
- Ändring av lägsta hastighet -> 10 km/h
- Ingen förändring på "önskvärd"
- Orimligt på "största"? (i princip max 6%)
 - 7% ger 2 m nivå
 - 8 % ger 1,6 m nivå



Lutning (nya textförslag VGU)

- **Motlut**

Cykelvägar bör inte anläggas med större lutning än 3%

Kommentar: Total stigning (höjdskillnad) bör beräknas för sträckan framförallt för pendlingsstråk då den är viktig för referenshastighet samt sträckans krav på prestation.

GCM-handboken rekommenderar en maximal lutning på 2 %.

- **Medlut**

Medlut innebär möjlighet till högre hastigheter för cyklist, vilket leder till att stoppsträckor, cykelbanebredd samt separering från fotgängare etc måste ses över.

Kommentar: Längre medlut med måttlig lutning 1-2 % ger högre hastighet. Exvis ökar hastighet från ca 20 km/h till 25 km/h vid 1% samt från 20 km/h till 30 km/h vid 3% lutning vid samma effektuttag/prestation.

VGU forts

- TRVKR 3.2 Linjeföring för gångvägar och cykelvägar
 - "Vid större motlut bör man planera sträckor för återhämtning"
 - "Stopp bör undvikas"
 - "Vid motlut bör omkörningsikt eftersträvas"
 - Tumregel? ... $\frac{1}{4}$
- "Vilplan bör övervägas vid större nivåskillnader"
 - Förslag 5—6 m (6-7%)



Fortsatt forskning

- Utformning bro/tunnel
- Koppling Åstrand - Borg
- Återhämtning, $\frac{1}{4}$ regeln?
- "hela resan"
 - VETO-modell

