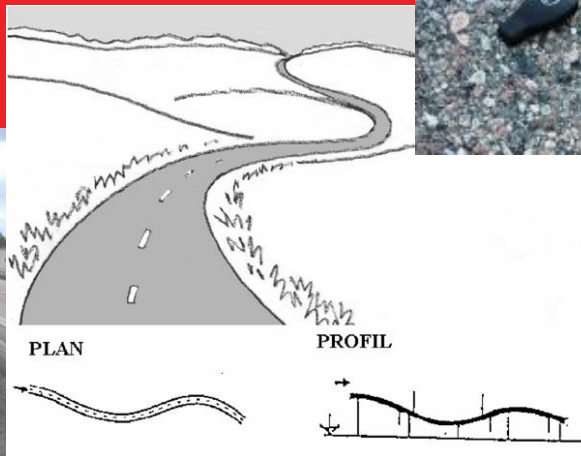


Vägkonstruktion och underhåll

-Vägprofiler, textur, friktion och säkerhet



Civ Ing Johan Granlund



Chef Vägteknik Vectura & Testförare Nokian Tyres

Vectura
Transportarkitekten

KTH Anläggningskonstruktion 2013-02-12

UNIVERSUM[®]
TOPP 20
SVERIGES BÄSTA
ARBETSGIVARE 2012

Halkrisk där resulterande lutning är för låg

Skevningsövergångar är "hotspots"



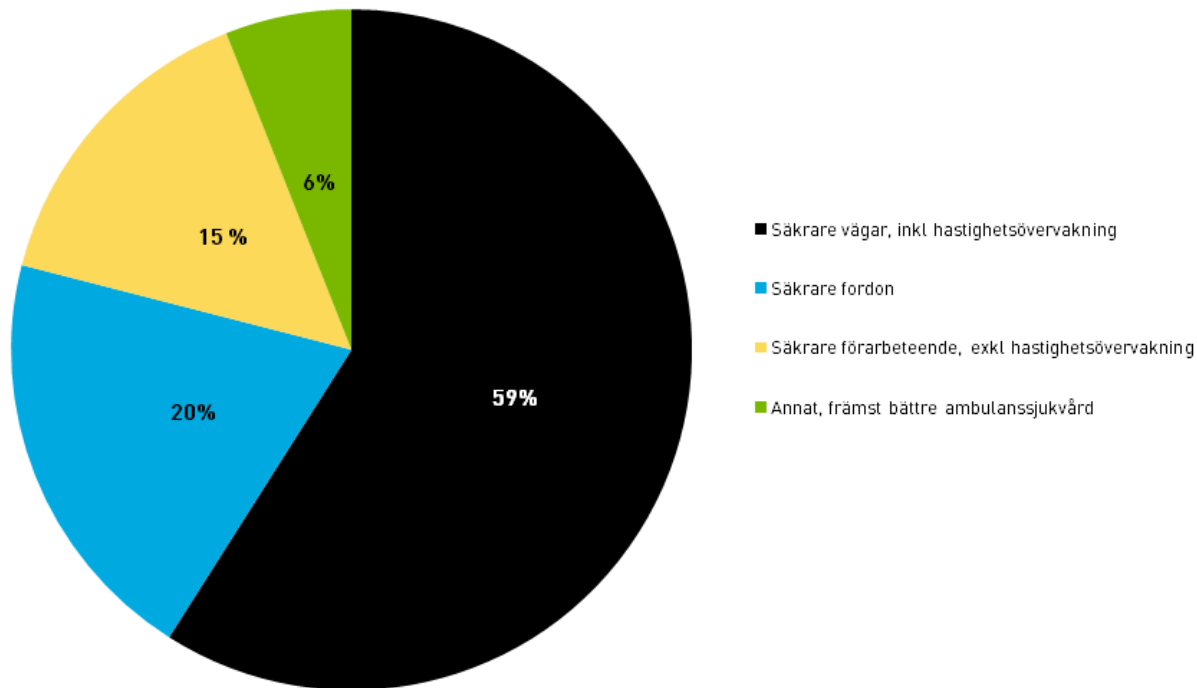
Mötande lastbil bromsar vid ingång av uppbankad ytterkurva.

Där är vattenfilmen oväntat tjock, pga att vägbanan är horisontell ($d < 0.5 \%$).



Förväntad olycksreduktion

Uppdelat mellan policyområden



I stora drag



Vectura betyder transport.

Vägens form och skick laserskannas noggrant i normal trafikhastighet.

Vägens linjeföring avgör sidkrafterna.

Även vägens skick påverkar olycksrisken.

Vägojämnhet och textur; ytegenskap eller vägskada?

Vägojämnheter ger dåligt väggrepp och hög olycksrisk.

Bilars fjädringssystem isolerar alla ojämnheter. Eller?

Fläckvis lappning kan ge farlig Split friction.

Viss textur dämpar trafikbuller, annan skapar buller.

Vägfriktion – hur mycket behövs egentligen?

CAD-projektering av geometrisk vägbanereparation.

Entreprenadkontroll på flygfält resp väg.

Vectura = transport



Kontor på 40 orter, från Kiruna till Köpenhamn.

1300 konsulter.

Bildades år 2009.

Rötter från år 1841.

Marknadsledande rådgivare inom transportinfrastruktur och rörelseplanering.

Regeringen förbereder privatisering av Vectura.



VECTURA ÄR LATIN FÖR "TRANSPORT"

Vectura
Transportarkitekten

Behörig vägytemätare

Mätresultat kan påverka bonus/avdrag, budgetfördelning och väganslag.
Mätning utförs av oberoende tredjepart.

Endast av Trafikverket godkänd kombination av leverantör & utrustning.
Spårbar mätning enligt Metodbeskrivning 121 & 122.

Resultat positioneras med satellitstöd.

Linjeföring, lutning, ojämnheter samt ytskick.

Högupplösta stillbilder av vägmiljö resp. vägyta.

Laser- och tröghetsteknik.

Noggrannhet: Bråkdelar av mm.

Rötter i GM's forskning på 1960-talet.

Lasermätbilar i kommersiell drift sedan ca 25 år på vägar och flygfält.

Ett komplett Profilografsystem kostar ca 5 MSEK i inköp.

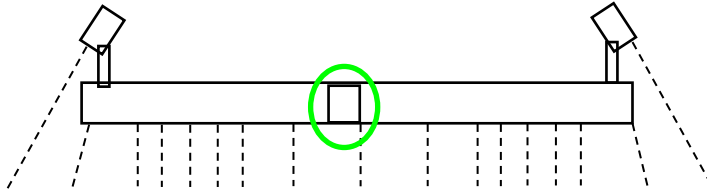


Foto: David Nimmersjö

Vägytemätning

Mäter i normal trafikhastighet:

- Rullad längd på vänster odrevet hjul.
- Avstånd till vägbanan i 17 sidolägen, 16 000 ggr/sek; ca 0.5 - 1 ggr/mm.



- Mätbalkens rörelser.



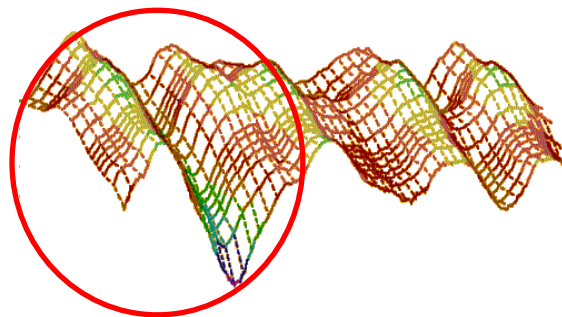
Foto: Mats Landerberg

Vägytemätning (forts)

Genom att kombinera data från lasrar, tröghetsenhet osv, fås en noggrann bild av körfältets "topografiska form".

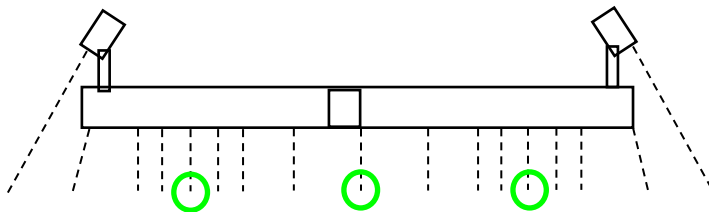


Foto: Mats Landerberg



I 70 km/tim mäts 3.2 m x 20 m väglängd på ca 1 sekund.
Under denna sekund görs 400 000 laseravläsningar, vilket efter filtrering ger 8 000 lagrade mätvärden.

Mäter vägytans textur i landsvägsfart

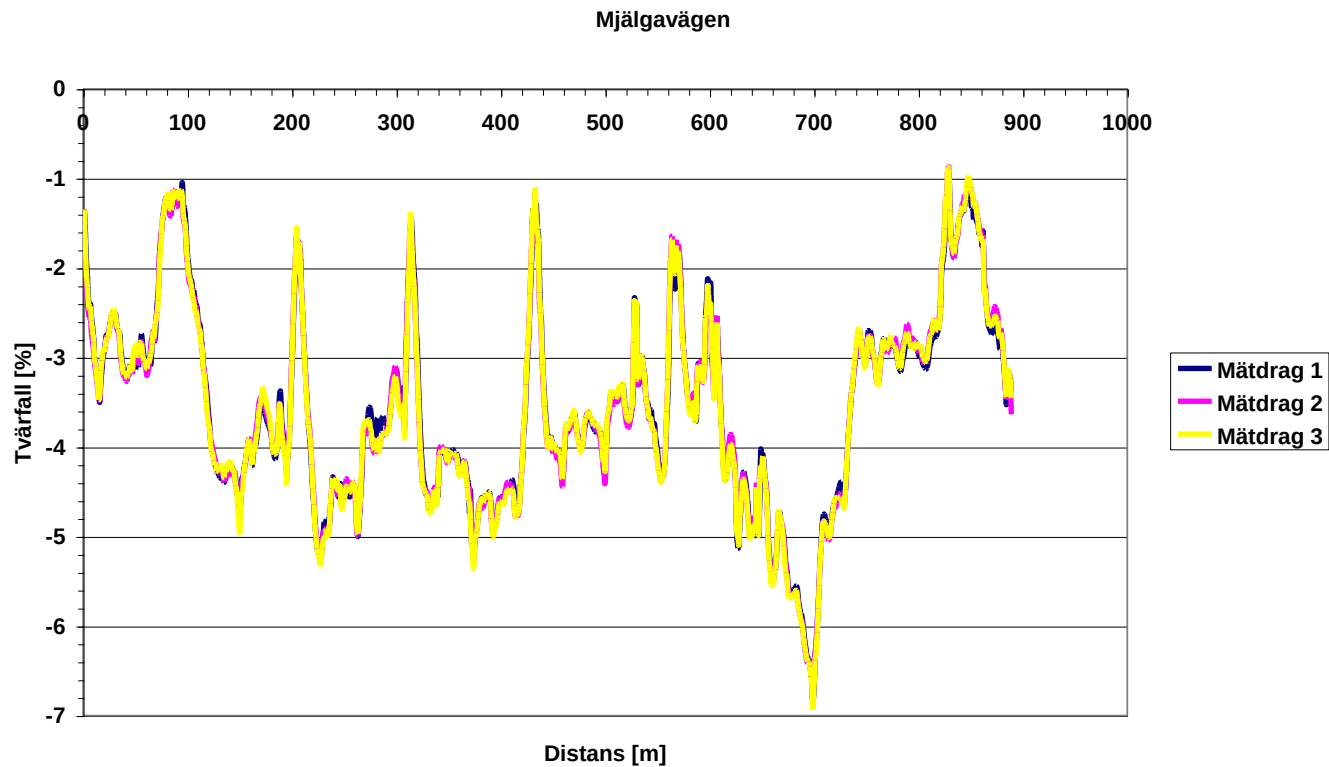


Vägytans textur (skrovlighet) påverkar väggrepp, rullmotstånd, buller, väghållbarhet m m.

Textur mäts i **båda hjulspår**, samt **mellan hjulspåren**.

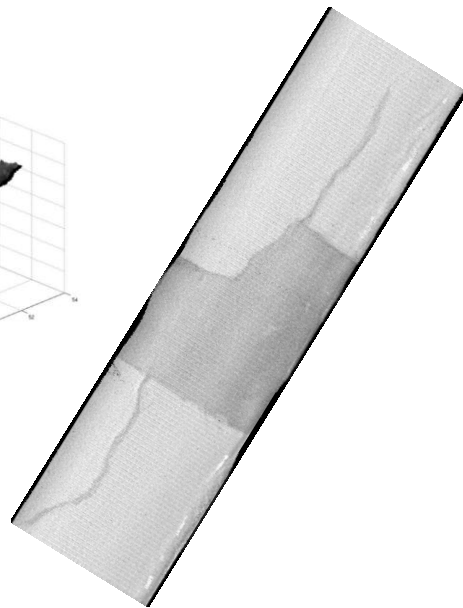
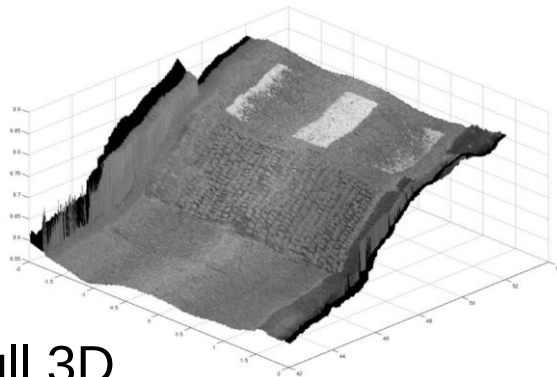
Texturmätning sker 64 000 ggr/sek; ca 3 ggr/mm i 90 km/tim.

Utmärkt repeterbarhet



Vägytemätning med Sveplaserbil

Norges landsvägar mäts sedan 2007 med ViaPPS sveplaser (15 st system).



Vägbana och sidoområde avbildas i full 3D.
Linjeföring, lutning, ojämnhet och ytans skick.
Frihöjd i tunnlar och under broar.
Högupplösta stillbilder.
Retroreflektion.

SVEPLASERN MÄTER MER ÄN BELÄGGNINGEN, MEN INTE FULLT LIKA NOGGRANT SOM PROFILOGRAFERNA

Ytterkurvor farligare än innerkurvor

-5 ggr fler dödliga singelolyckor!

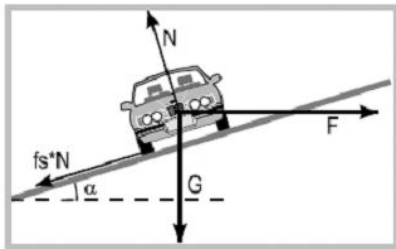


Två nyckelfaktorer:

- Dåligt uppbankad skevning => hög sidkraft
- Ofta dålig avrinning i skevningsövergång

Stabil kurvtagning

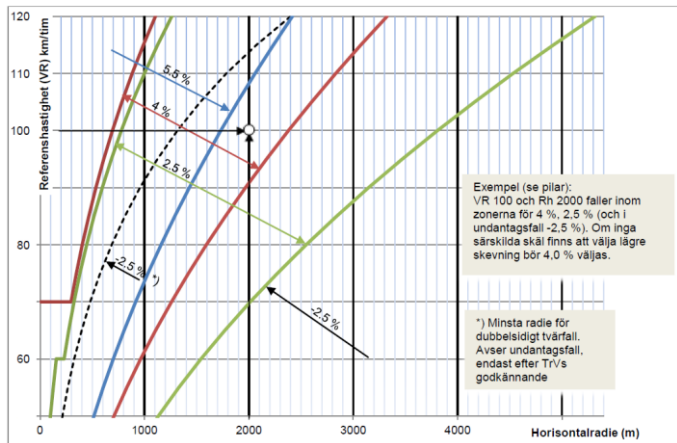
med tillpassad kurvatur, skevning och friktion



Vägnormen VGU föreskriver skevning enligt formel

$$\tan(\alpha) + f_s \approx \frac{v^2}{R \cdot g}$$

där $\tan(\alpha)$ = skevning (tvärfall i kurva),
 v = skyltad hastighet [m/s], R = kurvradie [m],
 $g = 9.82 \text{ m/s}^2$ och f_s = sidofriktion däck/väg



VGU anger godtagbara skevningsvärden (+/- 2.5 %, 4.0 % eller 5.5 %) vid nybyggnad beräknat utifrån dimensionerande sidofriktion.

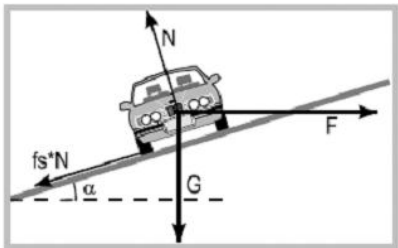
I många länder beräknas för radie & fart optimal skevning; t ex 3.8 % eller 4.7 %. Vid vägunderhåll är det mycket sällsynt att VGU's ineffektiva skevningskrav följs.

EXEMPEL BEFINTLIG 110 KM/TIM KURVA MED R1500 OCH SKEVNING 4.6 – 4.9 %.

VAD VORE NYTTAN/KOSTNADEN FÖR ATT ÄNDRA TILL EXAKT 4.0 ELLER 5.5% SKEVNING?

SLUTSATS: VGU = INEFFEKTIVT REGELVERK!

Varför halkar lastbil & buss så ofta?



Jämvikt mellan pådrivande och mothållande krafter.
Efter förkortning gäller vid små vinklar α :

$$\frac{v^2}{R \cdot g} \approx \tan(\alpha) + f_s$$

VGU utgår från sidofriktion f_s för personbil. Den tillgängliga friktionen f_s är då satt till 0.10 @ 100 km/t och 0.20 @ 40 km/t.

Problem: Långa fordon är av naturen understyrda!

Vid stort rattutslag mäts sidofriktion för lastbilsdäck på is ned till 0.05, dvs mycket långt under VGU ansats! Insättning av $f_s = 0.05$ visar att stor skevning är trafiksäkrast vid landsvägsfarter i tvära kurvor.

Verkligt utfall: 5 % färre lastbilsolyckor för varje %-enhet ökad skevning.

OFTA ÄR "RÄTT" KURVDOSERING = MAXIMALT TILLÅTEN SKEVNING

Lastbil och buss är extra känsliga för sidkrafter



Photo: Volvo Trucks

Vältolycka är den olyckstyp där flest lastbils- och bussåkande skadas.

Olycksstatistik visar att fordon med hög tyngdpunkt är känsligare för feldoserade kurvor.

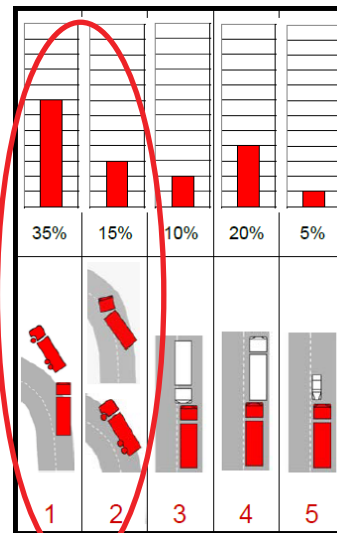
Typiskt antal vältolyckor med lastbil:

- Sverige: 650 per år (>200 000 Skr)
- Norge: 200 per år (>300 000 Nkr)
- Finland: 200 per år

Video: Klicka [här](#).

Källor: Försäkringsbolagen IF & LF

Olyckor med svårt skadade eller dödade lastbilsåkande



Datakälla: Volvos haverikommission

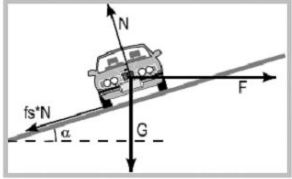
LITEN TUVA STJÄLPER OFTA HÖGT LASS...

YOUTUBE: «FOREBYGGENDE PROGRAM MOT VELT MED TUNGE KJØRETØY»

Värdera olycksrisk i befintlig kurva



Beräkna behovet av sidofriktion med formeln för balanserad sidkraft.



Behov av sidofriktion:
$$f_s \approx \frac{v^2}{R \cdot g} - \tan(\alpha)$$



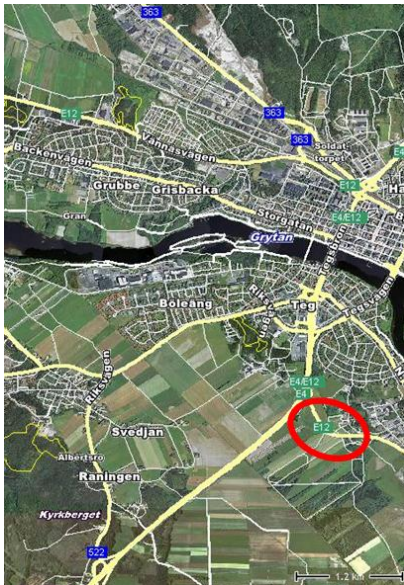
Mätdata för kurvradie R och skevning $\tan(\alpha)$ hämtas från Profilograf laserbil.



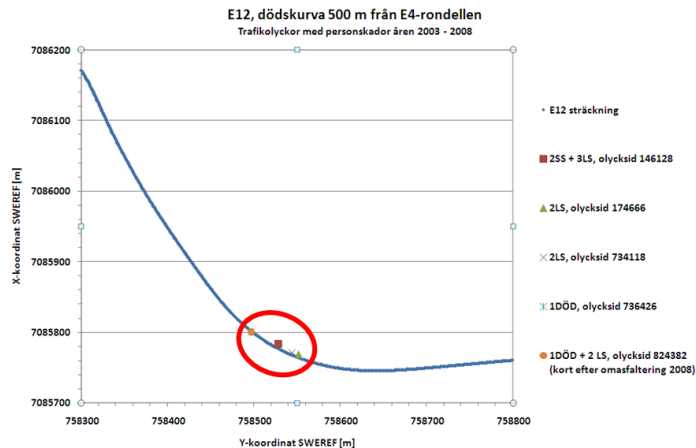
Hastighet räknas om till enheten [m/s].

Ex. 80 km/tim = $80 / 3.6 = 22$ m/s

Dödskurva på E12: 5 olyckor inom 45 m



Feldoserade kurvor är
onormalt olycksdrabbade.

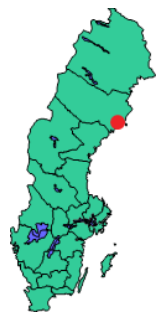


KURVAN >100 GGR HÖGRE OLYCKSFREKVENNS ÄN E12 I MEDELTAL

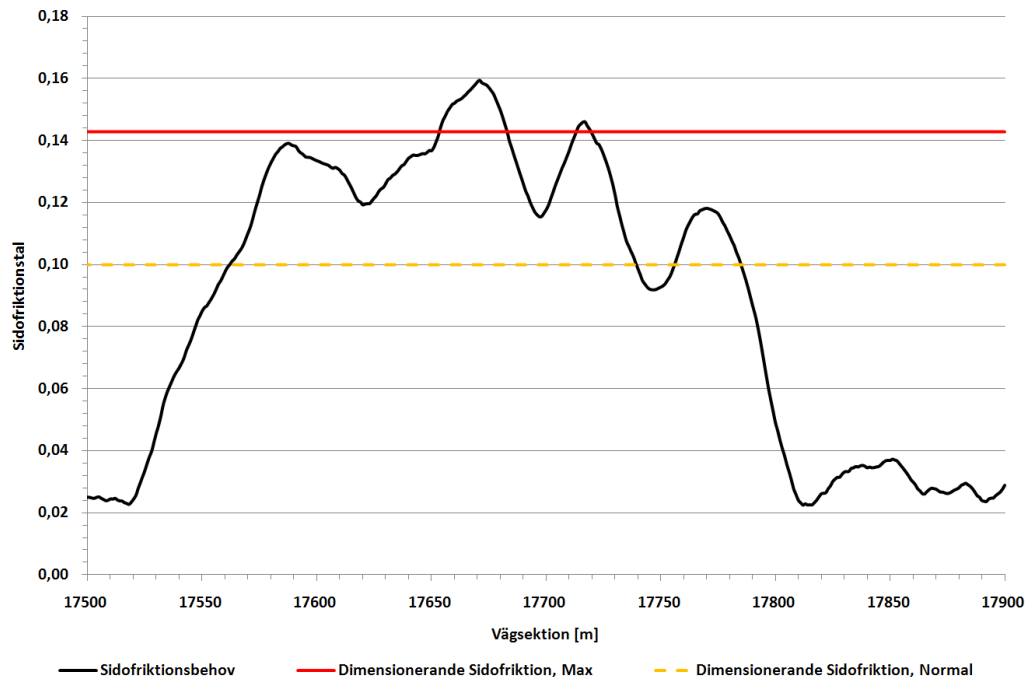
Dödskurvan på E12 (forts)



Friktionsbehovet överstiger vägnormens gräns.

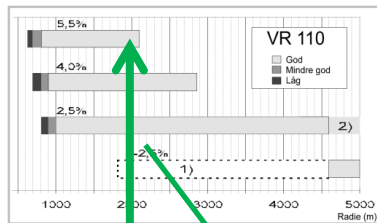
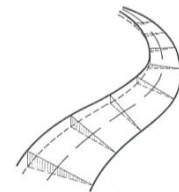


$$f_s = \frac{v^2}{R \cdot g} - \tan(\alpha)$$



EFFEKTIV METOD FÖR ATT ANALYSERA HELA VÄGNÄTET!

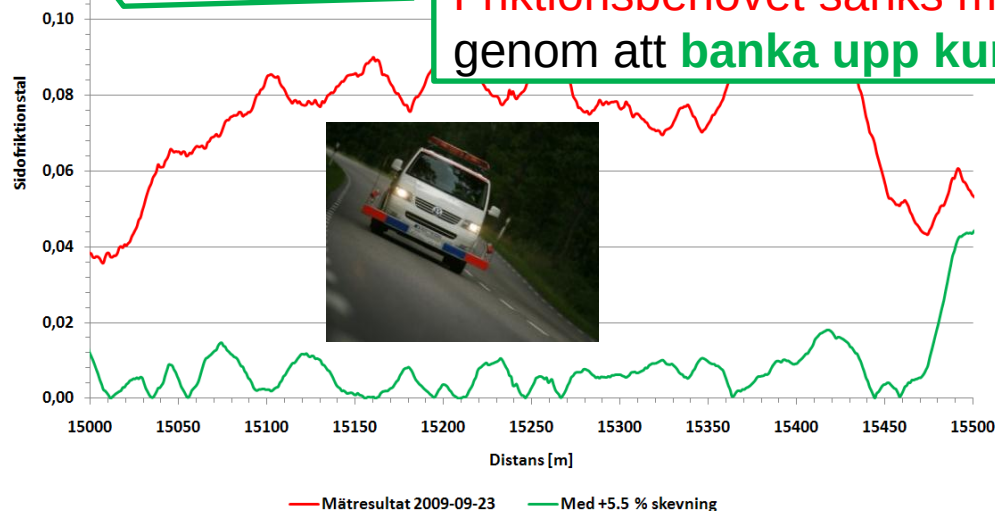
Skevning ger 80 % lägre friktionsbehov



E4 Hälsingekusten
Nödvändig sidofriktion pga fart, radie och tvärfall

Exempel:

Tvärfall **-3.49 %** i vänsterkurva med radie 2000 m.
Friktionsbehovet sänks med över **80 %**,
genom att **banka upp kurvan till +5.5 %**.



Utan lutning bildas djupa pölar



Vattenpöl > > bil



Vattenpölar bildas där resulterande lutning är $< 0.5\%$. Pölar och isfläckar ökar halkrisken.

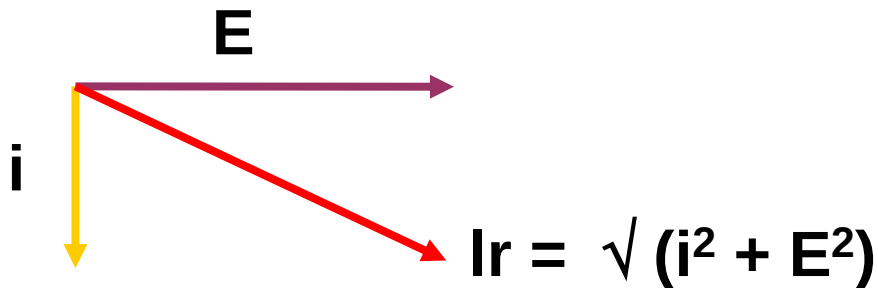


VATTENPLANINGSHASTIGHETEN ÄR OFTA MINDRE ÄN 50 % I PÖLARNÄN ÄN PÅ VÄGEN I ÖVRIGT

Ofta för liten snedlutning vid ytterkurvor



Resultande lutning (l_r) är resultant till tvärfall (E) och längslutning (i).



Gränsvärde $l_r > 0.5 \%$ enligt vägregelverk världen över.
Risk där E byter riktning, passerar 0% (noll) och byter tecken.
Detta inträffar vid **in- och utgång av uppbankade ytterkurvor**.

Otillräcklig lutning före dödsravinen

Tredje lastbilsolyckan på samma plats.

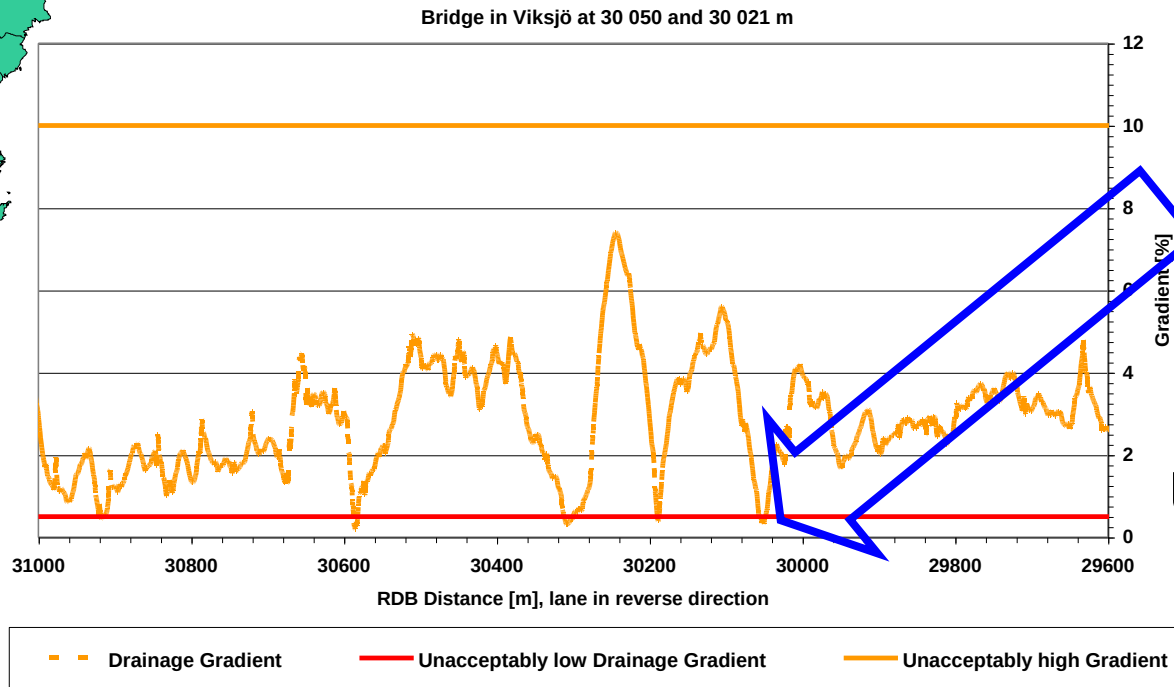
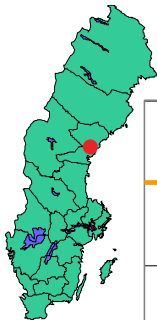


Foto: Höga Kustens Räddningstjänst

Utgång av ytterkurva.



VÄGHÅLLARENS PRESSINFORMATÖR EFTER DEN TREDJE LASTBILSOLYCKAN I DÖDSRAVINEN PÅ VÄG 331:

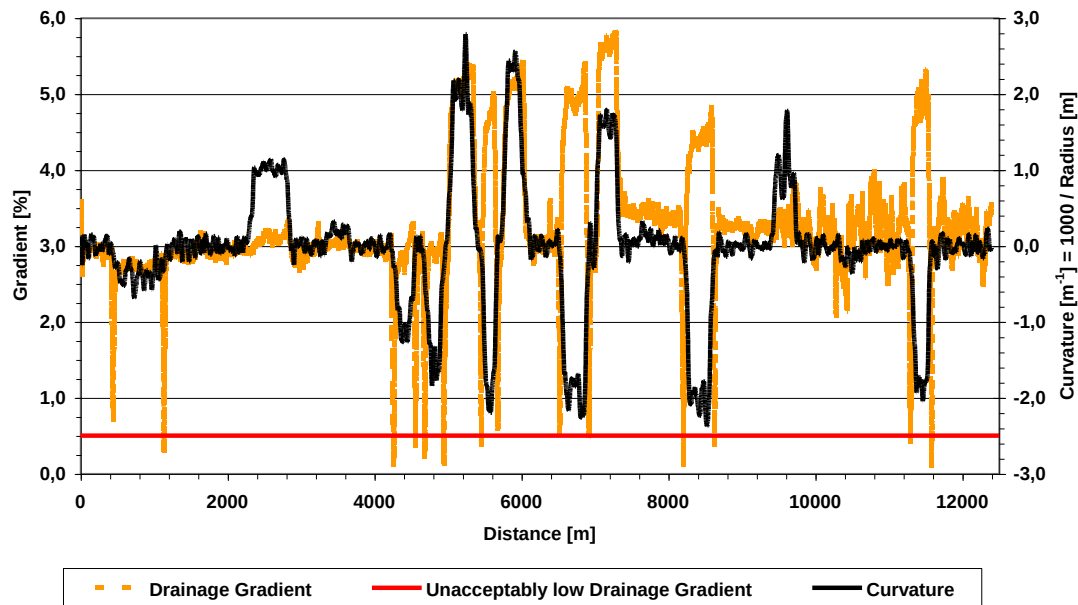
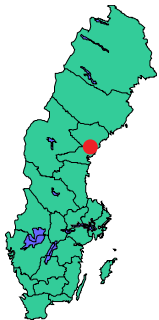
-DEN HÄR VÄGEN STICKER INTE UT I STATISTIKEN PÅ NÅGOT VIS.

DET ÅRET SKEDDE 43 % AV DÖDSOLYCKORNA PÅ VÄSTERNORRLANDS VÄGAR PÅ JUST VÄG 331.

Låg snedlutning även på nya vägar!



Nya Rv 90: 12 farliga platser inom 12.3 km.



Samtliga farliga platser är vid in- eller utgång av ytterkurva.



FARLIGT DÅLIG AVRINNING HITTAS OFTA I "MJUKA" SKEVNINGSÖVERGÅNGAR PÅ NYA MOTORVÄGAR

Vägytans skick påverkar olycksrisken



		Kriterie										
		Väghållbarhet	Vinterdrift	Buller	Smuts	Framkomlighet	Säkerhet	Komfort	Slitage och skador			
									Fordon	Däck	Gods	Drivmedel
Vägegenskap	Bärighet	3				3						
	Ytans styvhet			1								2
	Ojämnhet i längdled	3	2	2	1	3	3	3	3	2	3	3
	Megatextur	2	2	3	1	2	2	3	3	2	3	3
	Makrotextur	2	2	3	1		2	1	1	3		3
	Tvårfall	2			1	1	2	1	1	1		1
	Kantdeformation	3	2	1		3	3	3	2	1	2	1
	Spårdjup	3	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1
	Pölbildning	1	1	1	3	2	3	2				1
	Friktion		3	1		3	3	2		3		3
Retroreflektion					2	2	2					

[Efter VTI Notat 21, 1993.]

Betydelse	
Stor	3
	2
	1
Liten	0

MÅNGA VÄGHÅLLARE FOKUSERAR PÅ SPÄRIG ASFALT. VARFÖR?

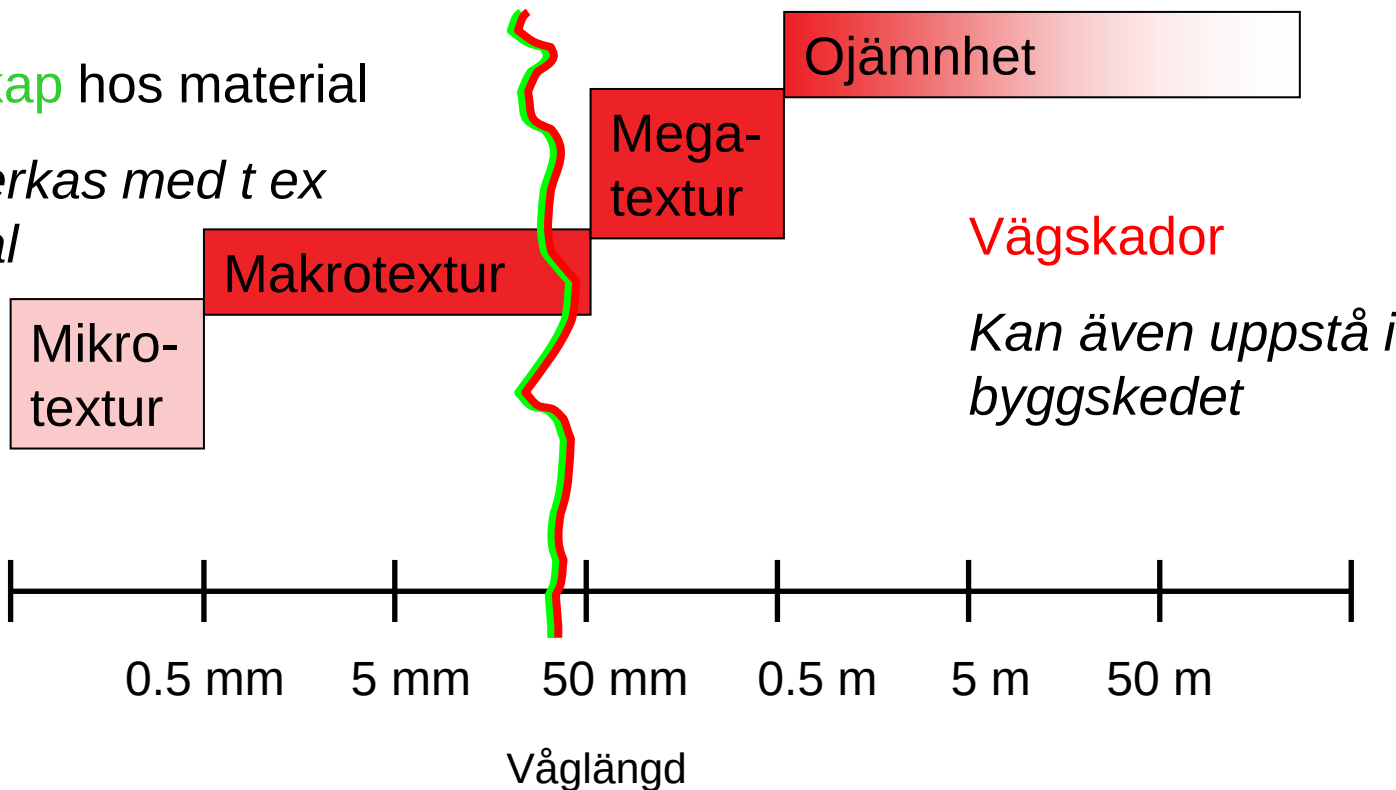
OJÄMNHET I LÄNGDLED, KANTDEFORMATION, PÖLBILDNING OCH MEGATEXTUR ÄR VÄRDA HÖGRE PRIORITET!

Egenskap eller vägskada?



Ytegenskap hos material

Kan påverkas med t ex maskinval



LAGOM MED "KORTVÄGIG" MAKROTEXTUR ÄR NYTTIGT.

"LÅNGVÄGIG" MAKROTEXTUR ÄR VÄGSKADOR SOM SKAPAR BULLER M M.

MAKROTEXTURMÄTTET "MPD" BLANDAR TYVÄRR BRA OCH DÅLIG MAKROTEXTUR. VAD ÄR DÅ "BRA" MPD?

Vad är vägojämnheter?



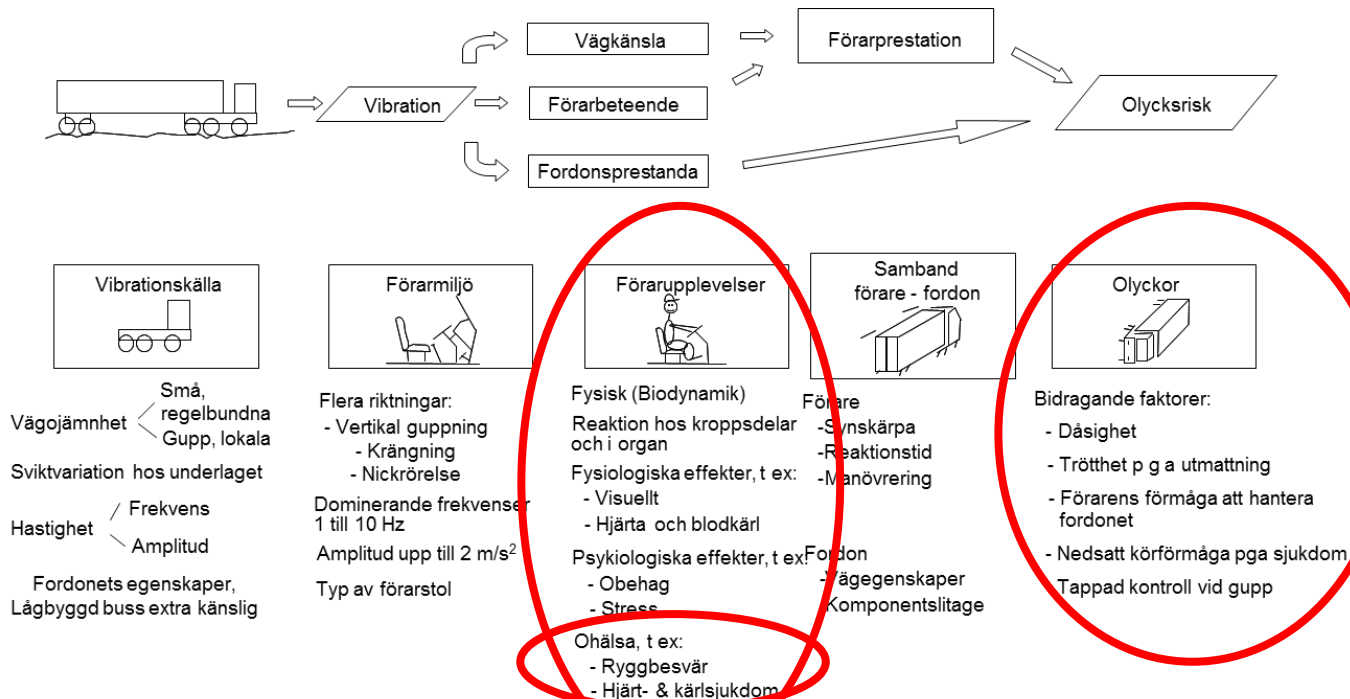
Skador som jämfört med en plan vägbana påverkar:

- vinterväghållning (*rätskena*),
- avvattning (*lutningsmätare, spårmätare*),
- dynamiska effekter (*fart, fjädringsegenskaper...*).

Vägojämnheter har 0.5 – 50 m våglängd, enligt EN13036.

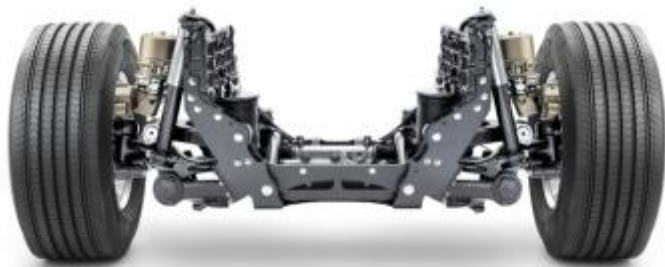
(Kortare vägsador = Megatextur)

Hälso- och säkerhetsaspekter på färdvibration



[Highway Safety Research Institute, Michigan, USA]

Vägojämnheter ger farliga styreffekter



Bump-Steer (styreffekter vid fjädringsrörelser):

Fjädringsrörelser förändrar hjulens camber- och castervinklar.

Då ändras krafterna på däck och därmed på fordonet.

När bara ena hjulet guppar, då uppstår en styreffekt.

Besvärande Bump-Steer är vanligt i tunga fordon.

Vägojämnheter ger försämrat väggrepp



Weight transfer (lastöverflyttning):

Vägojämnheter orsakar lastöverflyttningar mellan den ena änden (eller sidan) till den andra.

Lastöverflyttning gör att fordonets totala väggrepp minskar, vilket kan leda till sladd.

Värst är "snabba" tvärfallsförändringar och långvågiga gupp.

[Bild: AlfaMotorHomes]

I EXTREMA FALL TAPPAR HJULET HELT KONTAKT MED VÄGBANAN

Vägsador ger trafikolyckor



AFTONBLADET

TIPSA OSS
ettan@aftonbladet.se

TISDAG 26 OKTOBER 2004



HÄR DOG TVÅ Polisen misstänker att ett gupp i vägbanan kan ligga bakom olyckan som tog två ungdomars liv. "Guppet är farligt", säger Anders Hammarberg, som ofta färdas på sträckan.

Foto: ANDERS ANDERSSON

Guppet blev deras död

elitserien

► Frölunda tillbaka i serieledning

webb-tv

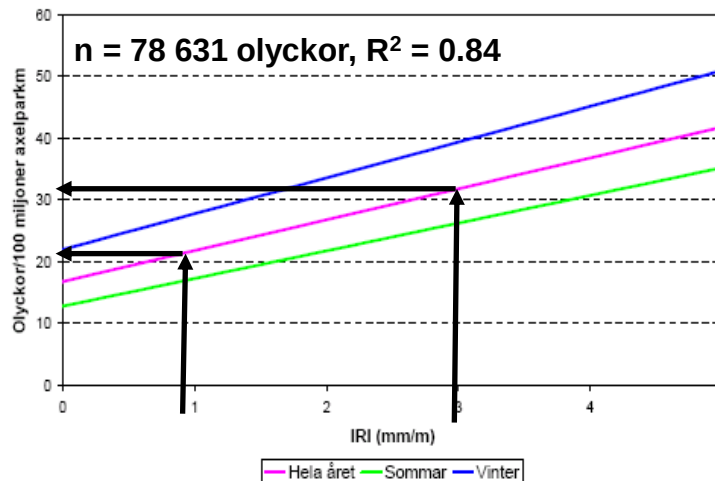


► webb-tv
Glasen som är gjord av guld - världens dyraste sundae

► du + jag



► PLUS Fixa första året ihop Så undviker ni de vanliga problemen
► PLUS Hitta



Guppiga vägar med ojämnheter IRI 3 mm/m ger ca 50 % fler olyckor än jämna vägar med IRI 0.9 mm/m.

VÄGOJÄMNHETER FÖRSÄMRAR VINTERVÄGHÅLLNINGEN, BILDAR VATTENPÖLAR, GÖR ATT DÄCK TAPPAR VÄGKONTAKT, PÅVERKAR FORDONSDYNAMIKEN SAMT PÅVERKAR FÖRARENS PRESTATIONSFÖRMÅGA.

Vectura
Transportarkitekten

Upp emot 50 m långa vågojämnheter



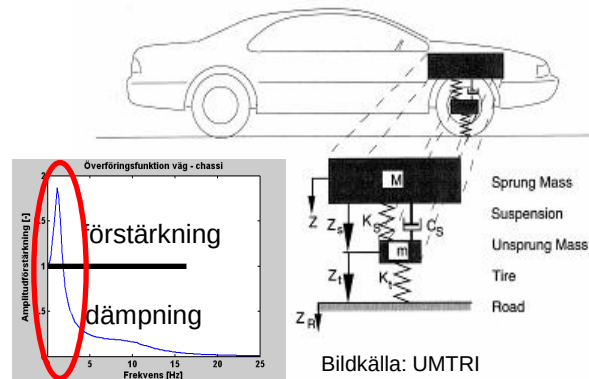
Ex sättningar, vissa tjälskador, "snabba" tvärfallsförändringar.

Framkallar karosserigångningar och krängningar.

Fjädringen **förstärker** gungningarna med upp till ca 80 %.

Gungningarna har sövande – tröttande effekt på trafikanterna.

Gungande tunga fordon medför stora dynamiska laster ned i vägbanan. Detta deformerar vägen.



Vägojämnhetsmåttet IRI

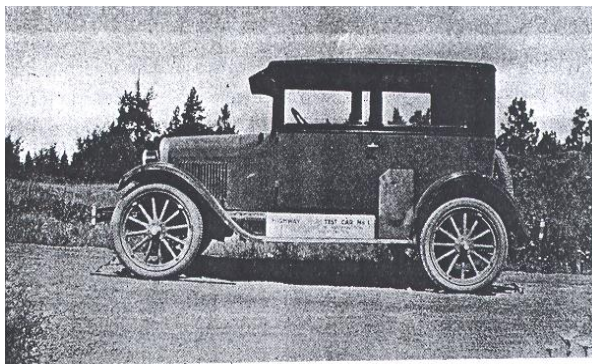


Figure 11. View of Highway Washboard Test Car of the Engineering Experiment Station; Car Is Shown with High Pressure Tires.



[Bildkällor: H J Dana, Transportation Research Record samt U Nilsson]

1927: Guppens medellutning [mm/m] mäts via fjädringsgång [mm/m].

1986: International Roughness Index (IRI) standardiseras av Världsbanken.

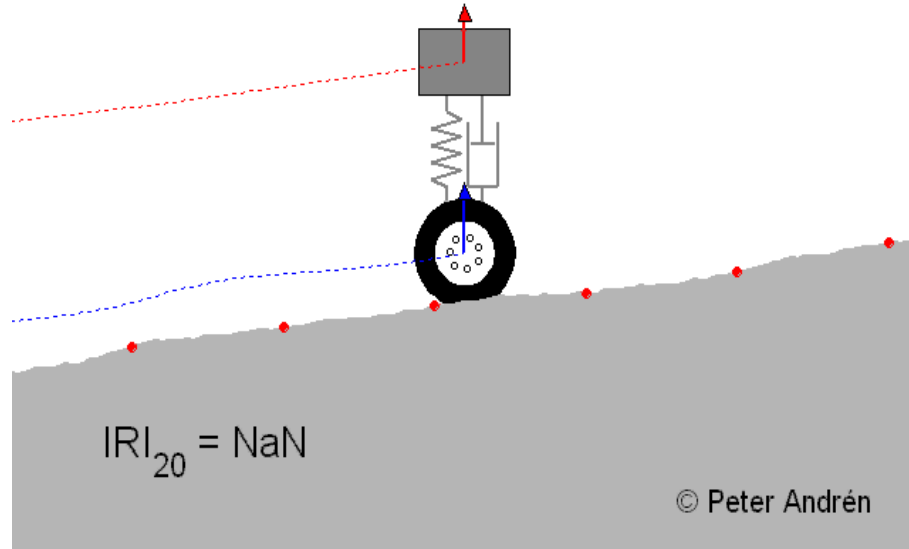
IRI [mm/m] beräknas som fjädringshastighet [mm/s] i en kvarts bilmodell, dividerat med modellens "färdhastighet" **80 km/tim** (22 m/s).

International Roughness Index



Unregistered HyperCam

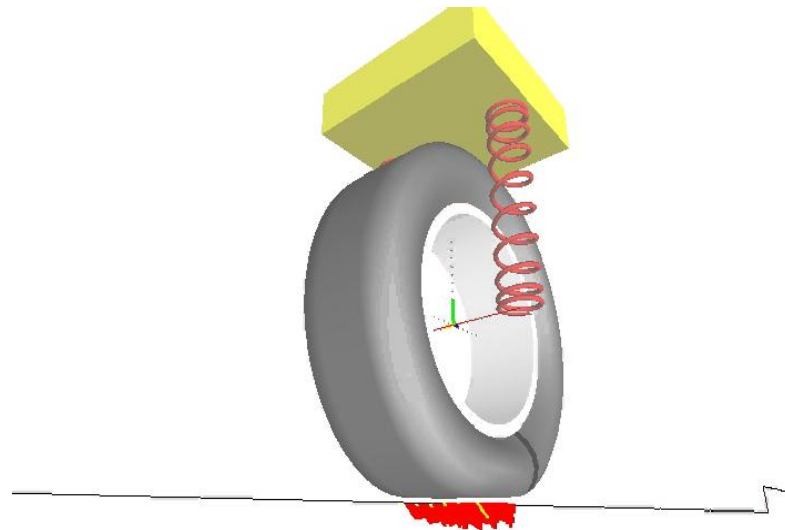
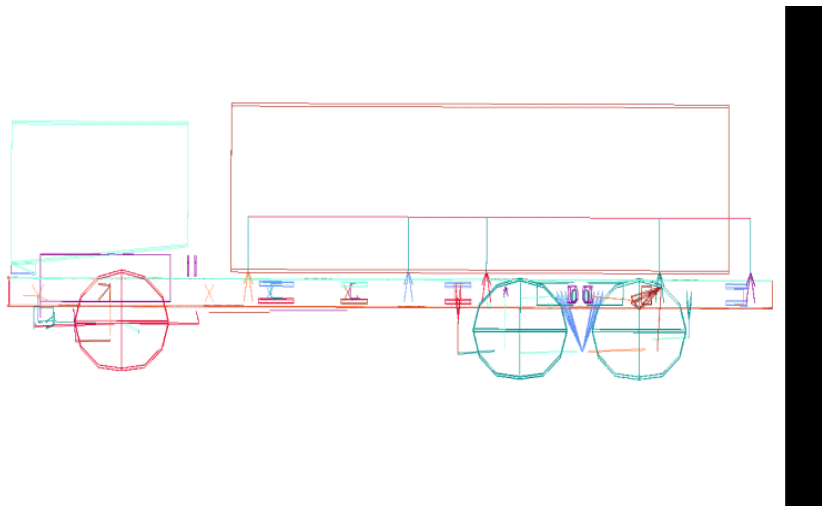
IRI = 0.784



[Animering: P Andrén]

1 M MELLAN RÖDA PUNKTER, 20 M MELLAN BLÅ PUNKTER.

Bortom IRI: Riktigare färdberäkningar



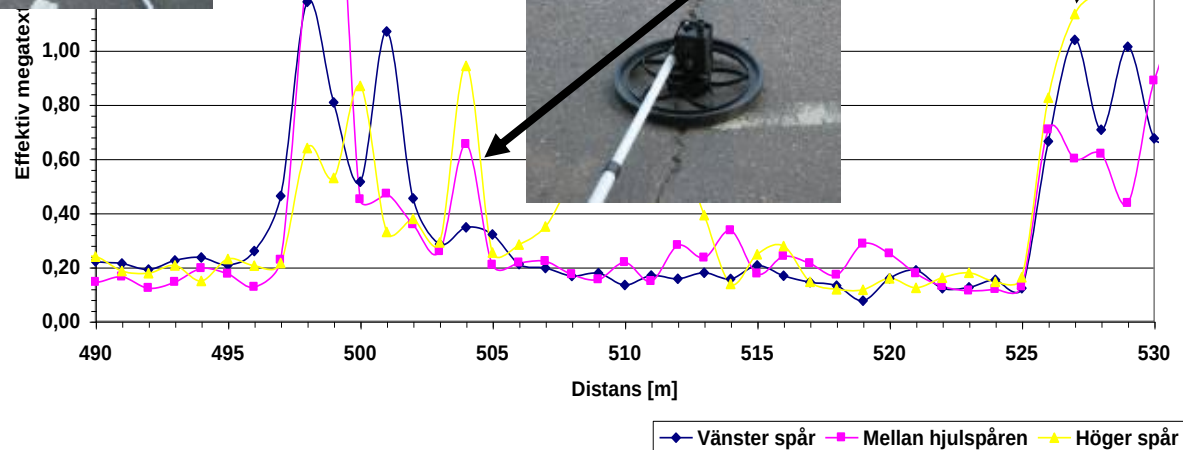
[Animation: Volvo 3P resp Ftire]

I MÅNGA FALL ÄR IRI ETT OLÄMPLIGT MÅTT, T EX VID FART MYCKET SKILD FRÅN 80 KM/TIM

Megatextur är vägskador

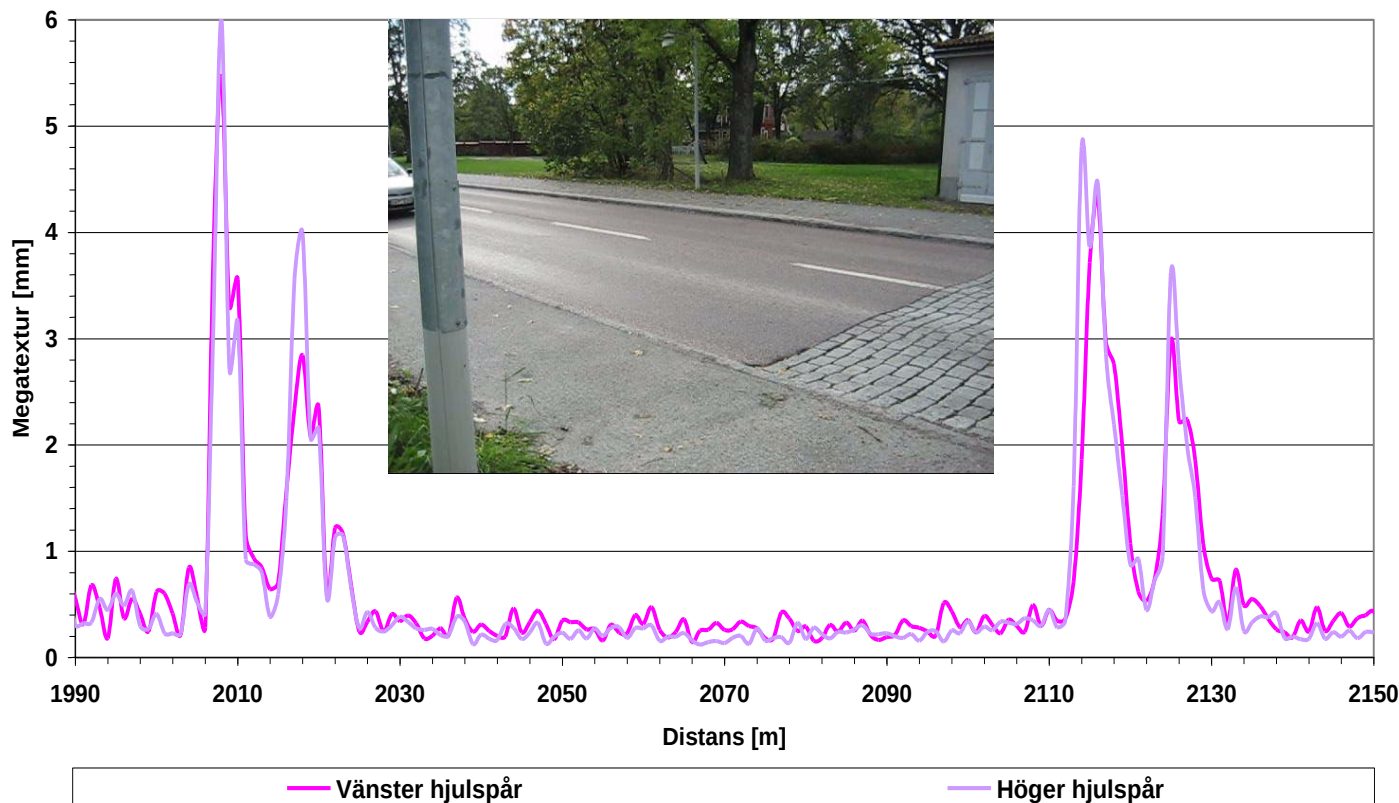


Mjälgavägen
Megatextur, medelvärde över 1 m



MEGA-TEXTUR HAR 50 – 500 MM VÅGLÄNGD
POTTHÅL, STENSLÄPP, KORRUGERING MM YTSKADOR

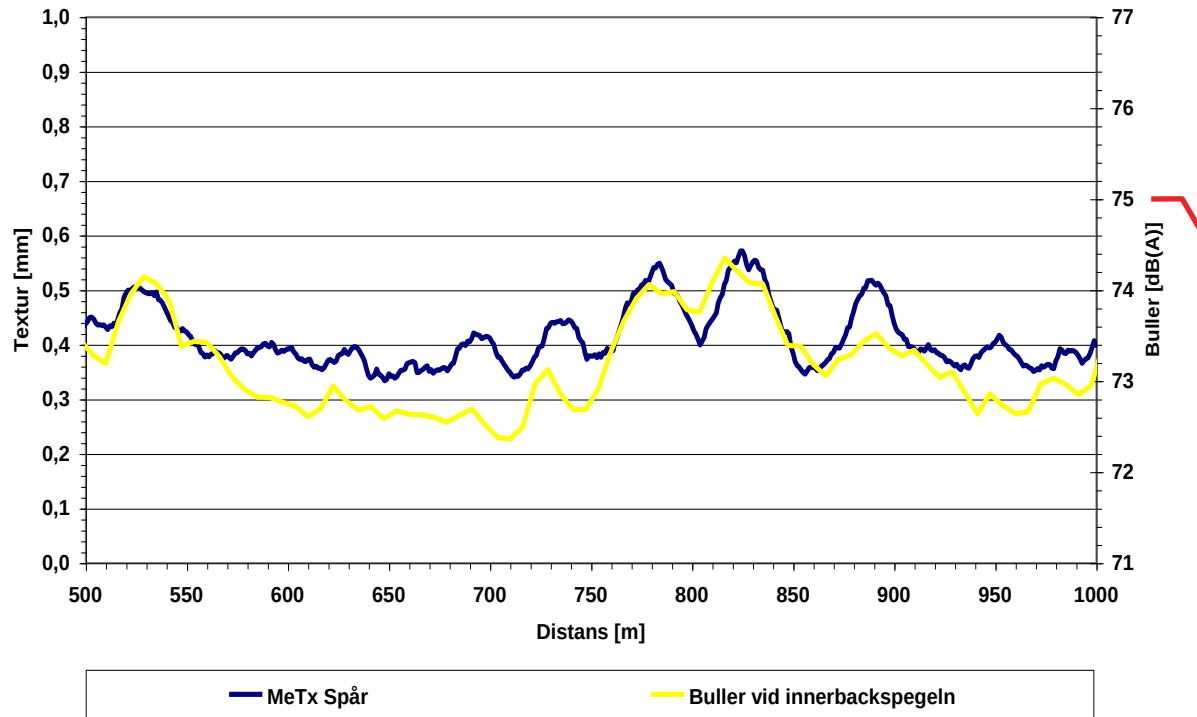
Bullrig gatsten har hög Megatextur



VÄGTRAFIKBULLER ORSAKAR SÖMNBESVÄR, HÖGT BLODTRYCK & STRESSJUKDOMAR SAMT DÅLIG INLÄRNING

Megatextur ger trafikbuller

E4 från Arlanda mot Upplands Väsby, K2



Vid 75 dB(A) krävs
hörselkåpor.
Mätdata från välisolerad
ny VW Caravelle
i 90 km/tim på E4.



INTERIÖRT FORDONSBULLER ÄR ETT ARBETSMILJÖPROBLEM FÖR YRKESFÖRARE

Makrotextur (MaTx)



”Skrovlighet > 0.5 mm som påverkar samspelet mellan vägbana och däck.”

MaTx-djup mindre än 0.5 – 0.6 mm medför risk för dålig friktion vid hög fart.

MaTx-djup > > 1 mm ger snabb stenlossning.

Negativ MaTx med 5 - 8 mm våglängd är ”akustiska porer”; minskar bullret.

På landsväg är ca 1 mm ett lämpligt MaTx-djup.

På flygfält med internationell trafik krävs 0.75 – 0.90 mm MaTx.

5 olyckor inom 2 veckor efter felaktig lappning



Foto: B Andersson, Svt.se



Foto: Mats Ekehov

LÄGG MÄRKE TILL DEN SPEGELBLANKA FÖRSEGLINGEN AV DEN LÄNGSGÅENDE SKARVEN

Lappad olyckskurva (forts)



Ingång till farligt tvärkurva på 90-väg.

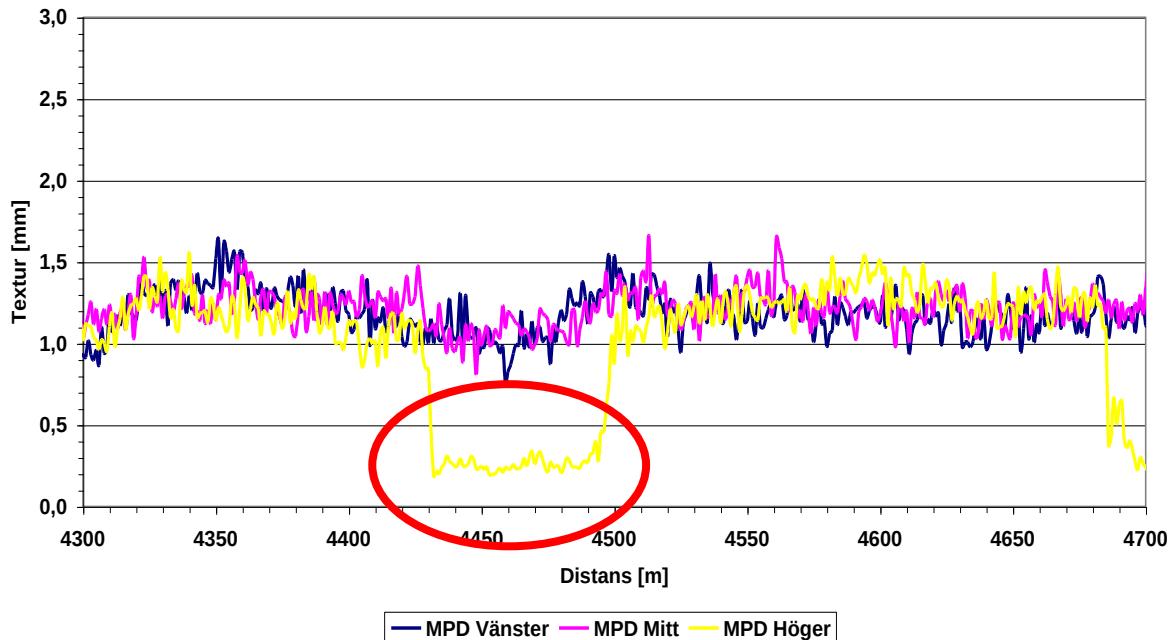


Väggkanten har lappats med "fet" och finkornig asfaltmassa. Observera den "blanka" förseglade längsgående skarven.

Farligt låg Makrotextur i olyckskurvan



Vägbanans makrotextur (yt-skrovlighet)
Avgörande för våtfriktion samt hastighetsberoende del av friktionen
Olycksplats 10/9 vid distans ca 4680 m (- upp till ca 200 m)

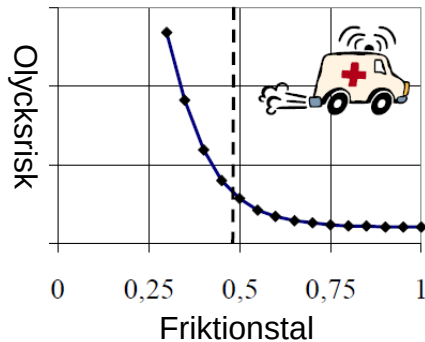


66 m lång "fet"
(bitumenrik) lapp i
höger hjulspår.

Makrotextur långt
under riktvärdet
"Minst 0.6 mm".

HÖG MATX ÄR AVGÖRANDE FÖR DEN HASTIGHETSBEROENDE DELEN AV VÅTFRIKTIONEN
MATX ÄR VÄGYTANS MOTSVARIGHET TILL DÄCKETS MÖNSTER
VI HAR LAGKRAV PÅ DÄCKETS MÖNSTERDJUP. -ÄR DET SNART DAGS FÖR LAGKRAV PÅ VÄGYTORS MATX?

Grepp mellan däck och väg: Kontroll av friktion



[Figur från VTI Medd 911A:2001]

Olycksrisken ökar vid låg friktion.

Bromssträckan ökar, styregenskaper och sidostabilitet försämras.



Foto: B Andersson, SVT

Dålig friktion vid barmark



Foto: T Elverheim, ST

Dålig friktion vid vinterföre

VID VÄGFRIKTION UNDER 0.5 STIGER OLYCKSFREKVENSEN KRAFTIGT

Faktorer som ökar halkrisken



Kraftig vind

Skevningsövergång

Hög fart

Rullgrus

Oljespill

Våt vägban

Feldoserad kurva

Snabbt filbyte

Vägsador

"Feta" bindemedelsfläckar

Slitagespår

Snö, is och modd

Hög luftfuktighet

Pollen

Deformationsspår



Foto: www.larm-soderhamn.se

"Split friction"

Hal vägmarkering

Temperatur runt 0:an

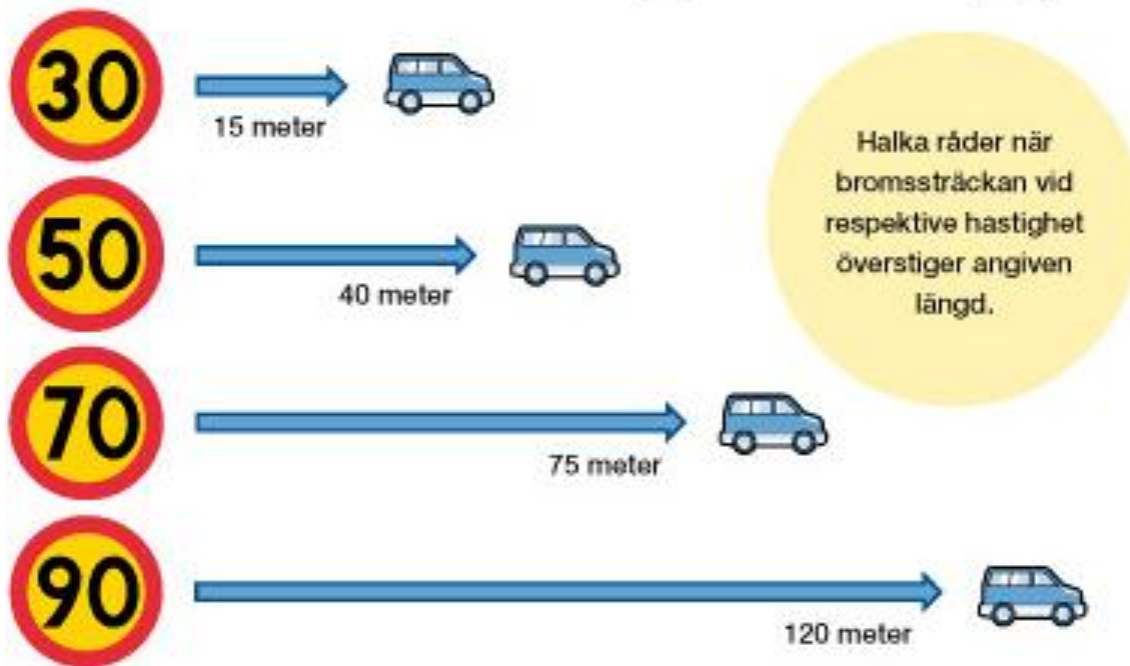
Vägojämnheter

TA BORT EN RISKFAKTOR SÅ SJUNKER OLYCKSRISKEN REJÄLT

Halka råder när...



Körhastighet Bromssträcka för att kunna stanna (m) vid tillfredställande väglag (riktvärde)



Däckets eller vägytans friktion?



Friktionen är greppet mellan däck och väg.

Det påverkas av både fordonets och vägens egenskaper.



Vägytans friktion kan beskrivas som en isolerad egenskap.

Detta är möjligt genom mätning med standardiserade metoder; referensdäck, avdriftsvinkel, slippocent, hastighet, torrt, vått o s v.

Typiska friktionstal vid 70 km/tim

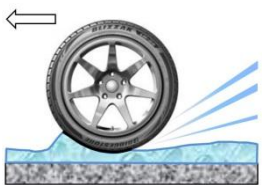


Foto: G Eriksen

Typ av vägyta	Våt friktion	Torr friktion
Blankpolerad våt is:	<0.1	
Blankis:		0.1 – 0.2
Packad snö:		0.25 – 0.5
Torr asfalt/betong		0.55 – 1.0
Våt asfalt/betong, 1 mm textur	0.35 – 0.9	
Pollentäckt våt asfalt	0.35	
Våt "fetfläck", 0.2 mm textur	<0.2	

VISSA TYPER AV GRÄS KAN GE FRIKTIONSTAL UNDER 0.2

Vattenplaning



Dynamisk vattenplaning:

”Kraftig” vattenfilm kan lyfta däck redan i låg fart.



Viskösa vattenplaning:

Kan uppstå från 0.5 mm vattenfilm (knappt fuktig).
Hjulet låser lätt, utan att överföra bromskraft.



Foto: Dirk James Insurance

Kritiska vägegenskaper:

- Onormalt slät vägyta; textur < 0.6 mm.
- Vägyta med låg Snedlutning; minst 0.5 % enligt VGU.

Vanligt vid skevningsövergång!

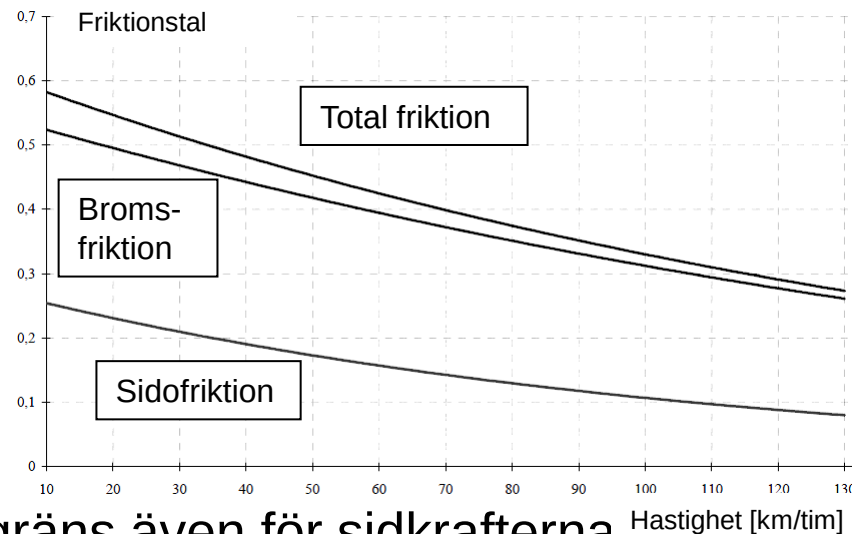


VIKTIGT MED BRA DÄCK. VID SKILLNAD MÅSTE DE BÄSTA SITTA BAK!

Låg friktion ger även dålig sidostabilitet



Dimensionerande friktion enligt vägnormen VGU



Friktion mellan väg och däck sätter gräns även för sidkrafterna.
De krafter som stabiliserar fordonet i sidled minskar vid inbromsning.
Kritiskt i horisontalkurvor!

DEN VANLIGASTE FORMEN AV DÖDSOLYCKA ÄR NÄR FORDONET TAPPAT STABILITETEN OCH SLADDAT.

Objektiv mätning av vägfriktion



Vectura använder flera typer av friktionsmätare:



Bildkälla: LTU



Foto: M
Gabrielsson



- RT3 mäter med vanligt bildäck och 1.5° avdriftvinkel.
- TWO mäter med hårda industrideck och rullar med 20 % slip i längdled.
- ViaFriction har vattenspridare samt mäter med variabel slip och valfri fart. Mätdata normeras till 18 % slip i 60 km/tim för noggrann beräkning av International Friction Index (IFI) och andra resultat.

HÖG VÄGFRIKTION ÄR EN AV VÄGENS VIKTIGASTE TRAFIKSÄKERHETSEGENSKAPER

Så här förebyggs halkolyckor

Analys av olycksdata och trafikdata

Identifiering av platser där låg friktion är extra farligt

Kurvatur, Tvärfall, Längslutning och Snedlutning från lasermätbil

Identifiering av ytor med risk för låg barmarksfriktion

Makrotextur från lasermätbil

Kontroll av barmarksfriktion – IFI för aktuell fartgräns

Kontroll av vinterfriktion

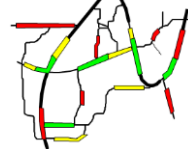
Risikanalys och åtgärdsförslag

Uppföljning före/efter åtgärd

På barmark (beläggningsarbete) likväl som vinterföre

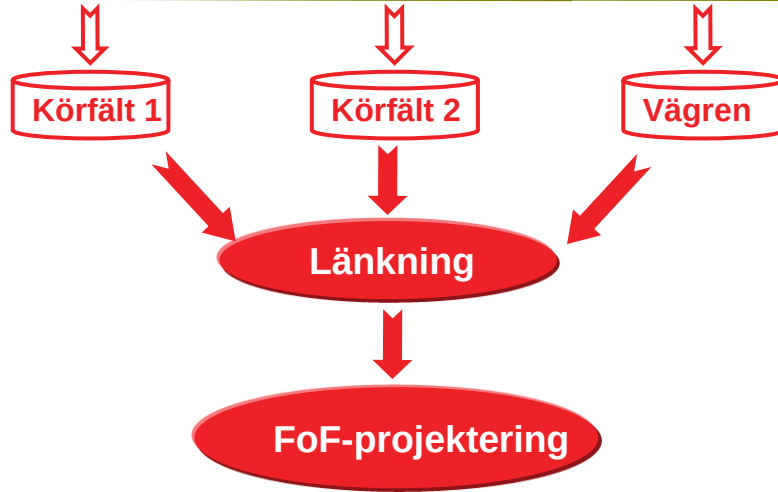
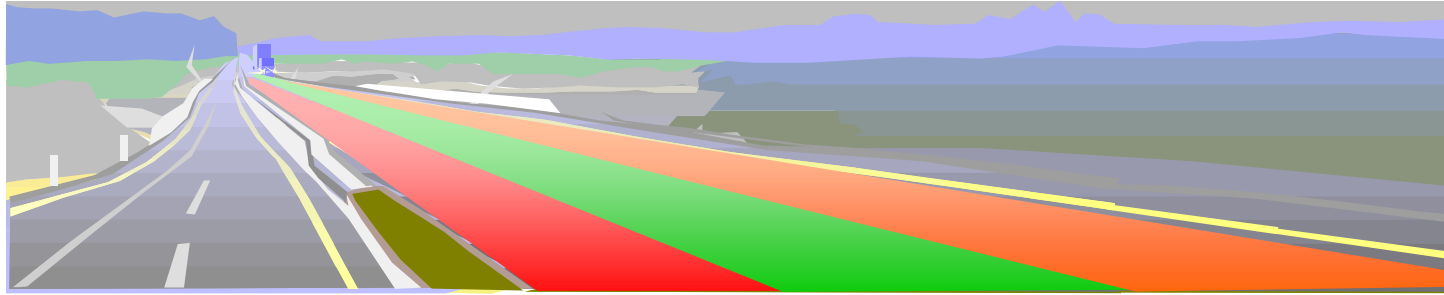


PRIORITET
PRIO 1
PRIO 2
PRIO 3



LIKA VIKTIGT MINIMERA BEHOVET AV FRIKTION SOM ATT GE HÖG VÄGFRIKTION

Heltäckande ytmätning till CAD



CAD = DATORSTÖDD UTFORMNING, COMPUTER AIDED DESIGN

[illegible]

Resultat från beläggningsprojektering

Komplett bygghandling med exakt mängdberäkning.

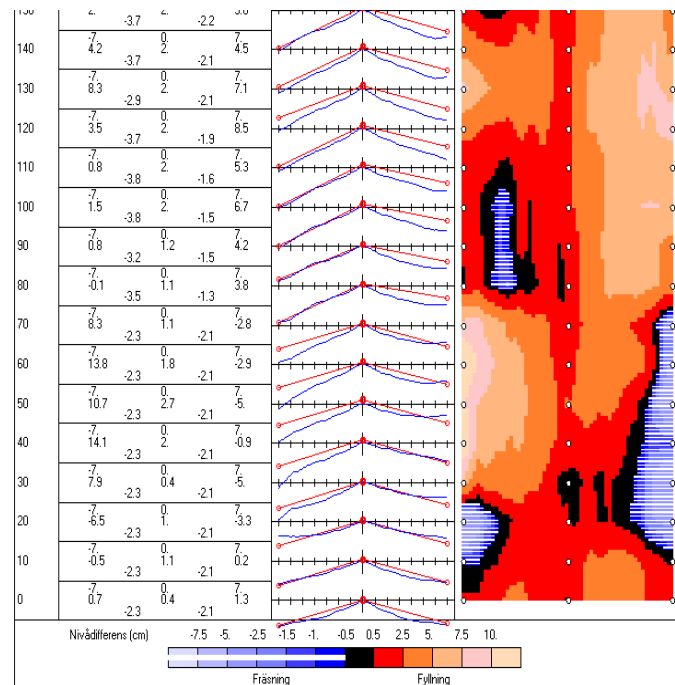


Konturkarta i fågelperspektiv:

- Fräsning (streckat)
- Justeringsfyll (ljus = tjockt)
- Gör inget (svart)

Tvärsektioner.

Data för manuell utsättning eller CAM.

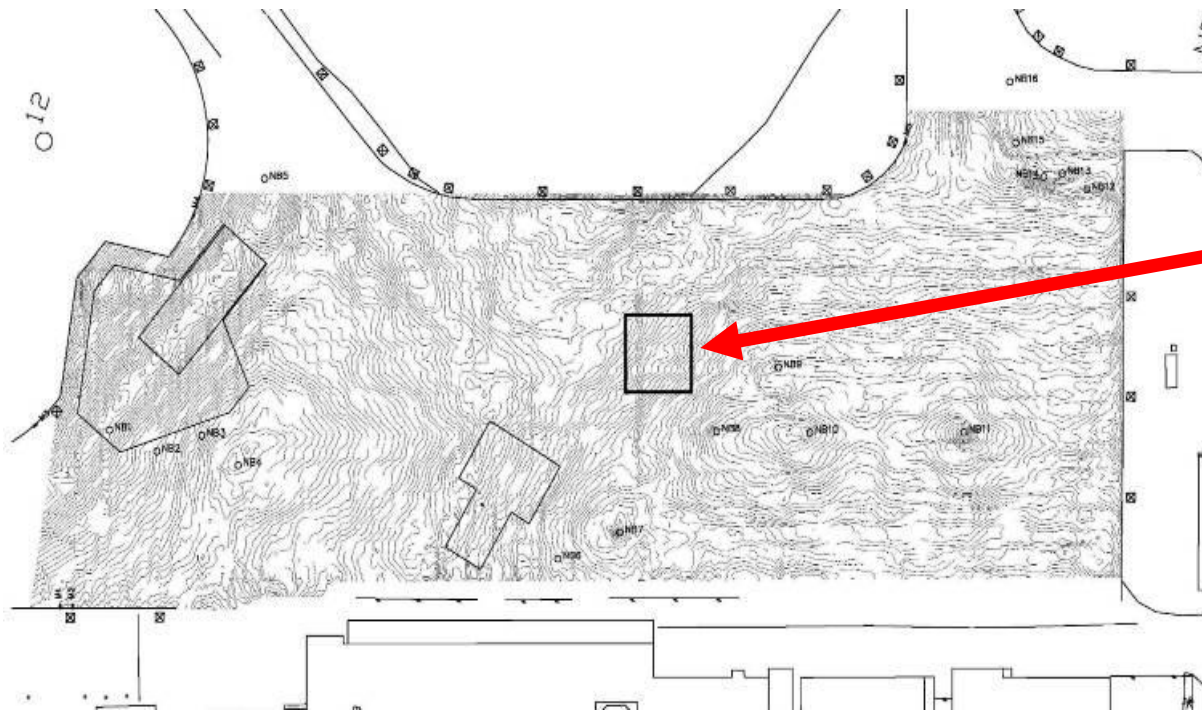


CAM = DATORSTÖDD MASKINSTYRNING, COMPUTER AIDED MANUFACTURING

Ojämn stationsplatta



Ruta med
20 m
kantlängd.

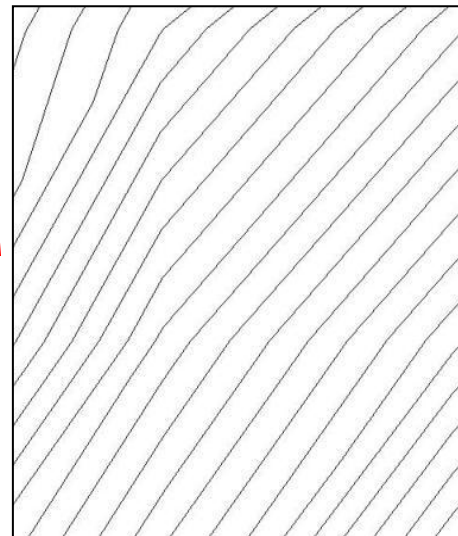
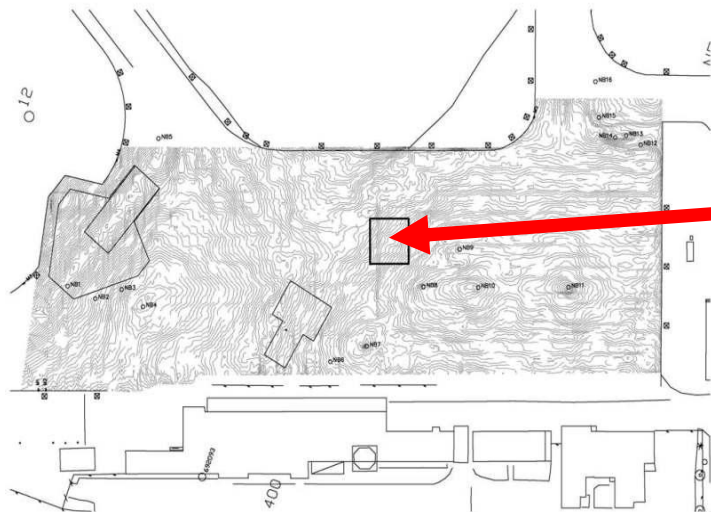


JÄMFÖRELSE MELLAN VANLIG RUTNÄTSINMÄTNING OCH HELTÄCKANDE YTMÄTNING

Forts, stationsplatta



Med vanligt 10 m rutnät:



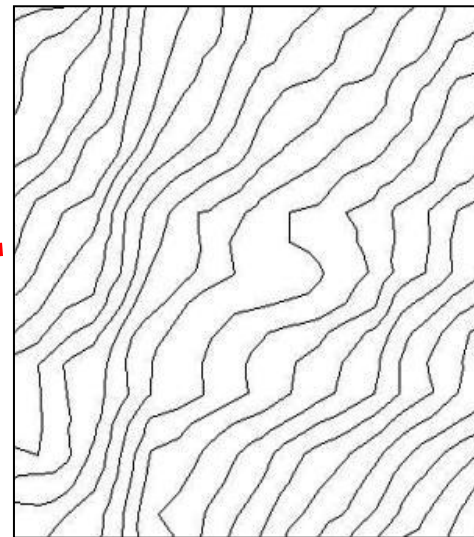
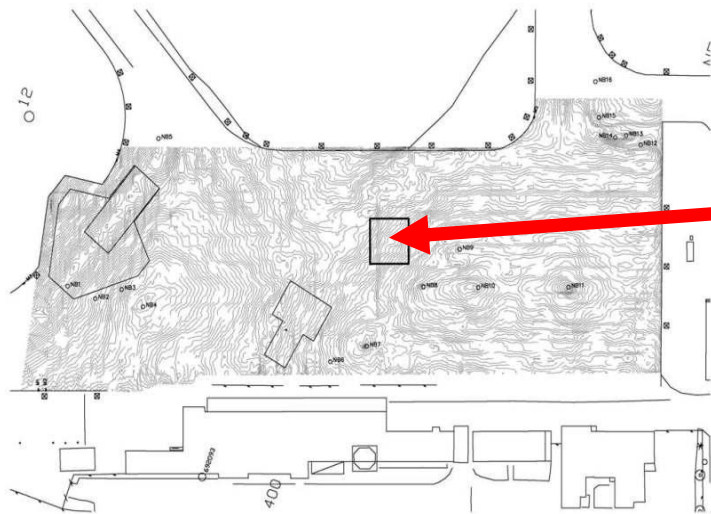
Ekvidistans 10 mm

RUTNÄTET VISAR EN SNYGGT LUTANDE YTA

Forts, stationsplatta



Med *Heltäckande ytmätning*TM:



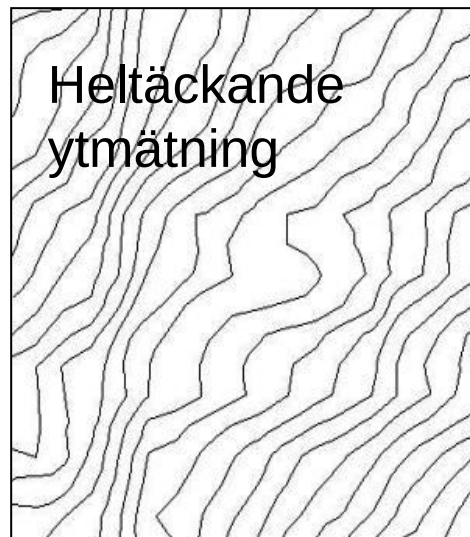
Ekvidistans 10 mm

MED HÖG UPPLÖSNING AVSLÖJAS ETT MÖNSTER AV STORA OJÄMNHETER

Erfarenheter från stationsplattan



Vanligt rutnät



Heltäckande
ytmätning

Vanlig mätning visade ett snyggt lutande plan.

Heltäckande ytmätning avslöjade 5 m vågor med ca 2 cm höjd/djup.

Rätt information är förutsättning för rätt åtgärd!

Kontrollmätning på flygfält



Swedavias krav på färdigt slitlager:

Ojämnheter, korta

Max 3 mm på 3 m rätskena

Ojämnheter, 0.5 - 30 m

$IRI_{100} < 1.3$ mm/m (1.4 taxibana)

Nivå

z inom +/- 6 mm

Tvärfall

1.5 % +/- 0.3 %

Grovtextrur

$0.75 < MTD < 0.9$ mm

Våtfriktion 1 mm vatten

$> 0.5 @ 130$ km/tim

Kontrollmätning på landsväg



Trafikverket föreskriver kontroll enligt Vägverkets metod 122.

Varje körfält mäts med 3 (4) överfarter.

20 meters medelvärden.

Tvärfall:

Mellan MIN-gräns och MAX-gräns.
AVVIKELSE från projekterat värde ska
ligga under gräns.

Gupp, $IRI_{höger}$:

Värden ska ligga under gräns.

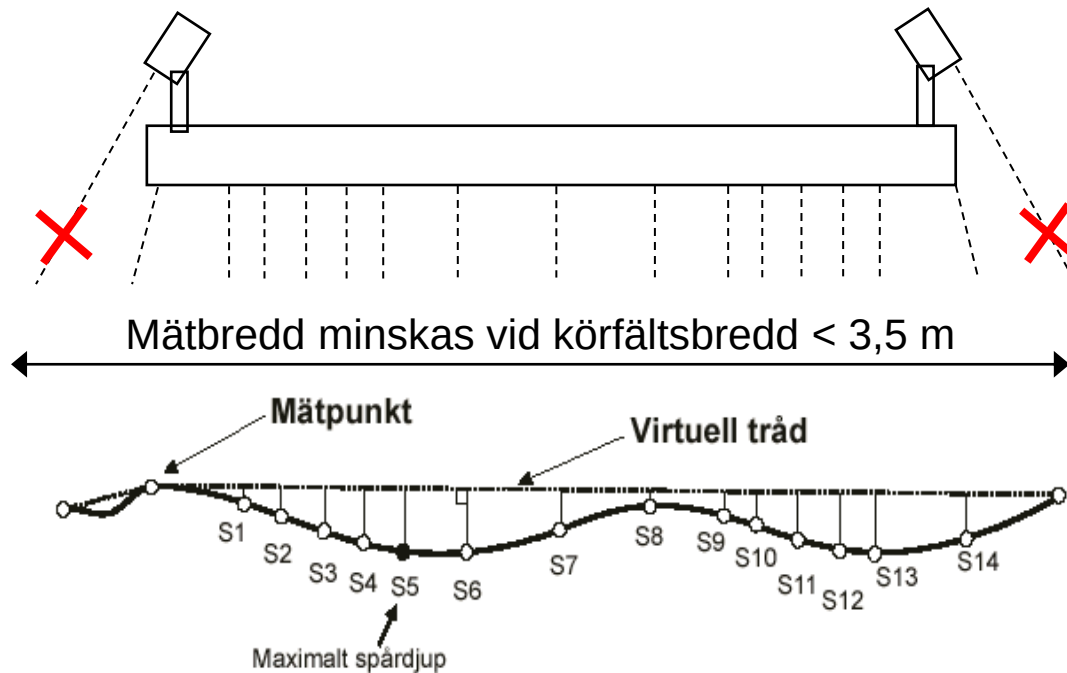
Ojämnhetsprofil:

Nya mått och krav under utredning.

Makrotextur:

Min-/maxvärde, homogenitet i sidled.

Forts, kontrollmätning på landsväg



”Spårdjup”: Ska ligga under gräns, t ex 3.0 mm.

MÄTBREDDEN MINSKAS PÅ ÖVER 90 % AV SVENSKA VÄGAR PGA KÖRFÄLTSBREDD < 3.5 M

Den rättfärdiges väg är jämn...

*Bana väg för Herren i ödemarken, gör hans stigar raka.
Varje klyfta ska fyllas, varje berg och höjd ska sänkas.
Krokiga stigar ska rätas och steniga vägar jämnas.*



*Åt den rättfärdige bereder du en jämnad stig.
Herrens härlighet ska uppenbaras, och alla människor
ska se det.
Herren har talat.*

Jesaja 26:7, Jesaja 40:1,3-5, Lukas 3:5, Matteus 3:3, Johannes 1:23



SLUT