

Handbok i vägytemått

JÄMNT
HELA

VÄGEN

Förord

Denna handbok syftar till att ge en översiktlig beskrivning av de vanligaste vägytemåtten samt deras betydelse och vikt som informationskälla till bedömningar av vägytor. Handboken vänder sig till alla som i sitt arbete kommer i kontakt med belägningars standard och jämnhet. Målet är att på ett enkelt och pedagogiskt sätt förklara de olika måtten och deras användningsområde, samt att belysa en del vanliga frågeställningar kring vägytemätningar i allmänhet.



I denna nya utgåva har ändringar införts med hänsyn till Trafikverkets nya metodbeskrivningar för vägytemätning. Dessutom har texten bearbetats och nya exempel har lagts till för att förenkla förståelsen av vägytemått. Två kapitel har tillkommit för att beskriva hur vägytedata kan användas inför och efter ett beläggningsarbete.

Revideringen har utförts med finansiering av Trafikverket och SBUF. Omarbetningen har utförts av Christian Glantz och Thomas Wahlman från Ramböll Sverige AB. I styrgruppen har Johanna Thorsenius, Trafikverket och Peter Gustafsson, Peab ingått.

Jämnt hela vägen

© 2014 Ramböll Sverige AB

Uppdragsledare: Thomas Wahlman

Handläggare: Christian Glantz

Produktion: www.cozmo.se

Illustrationer: Ramböll Sverige AB och cozmo.se

Utgivare: Ramböll Sverige AB

tfn: 010-615 60 00

e-mail: inforst@ramboll.se

www.rst.se

Distributör: Trafikverket

781 89 Borlänge

tfn: 0771-921 921

Beställningsnummer: TRV 100703

ISBN 978-91-7467-607-5

Innehållsförteckning

●	1 Inledning	5
●	2 Att mäta och bedöma vägyta	7
	Därför mäter vi vägytans jämnhet	7
	Vi mäter vägen - och vad ser vi?	8
	Något om statistik	9
●	3 Ojämnhet i längsled	11
	Det här är IRI	11
	Längsprofiler och sån't	15
	Vad är sambandet mellan ojämnheter och våglängder?	18
●	4 Ojämnhet i tvärlid	22
●	5 Textur	25
	Separationer och textur	27
	Friktion och textur	27
	Megatextur	28
●	6 Längdmätning och positionering	29
●	7 Digitala stillbilder	30
●	8 Övriga mått	31
	Tvärfall	31
	Backighet	33
	Kurvatur	33
	Sprickor	33
	Övriga mått som beräknas på tvärprofil	34
●	9 Att använda vägytedata inför ett beläggningsarbete	36
	Vad krävs för att skapa bra komfort?	36
	Åtgärda tvärfall - öka trafiksäkerheten och livslängden	38
	Identifiera partier med dålig bärighet	39
●	10 Att använda vägytedata för att följa upp beläggningsarbete	40
	Krav vid olika entreprenadformer	40
	Krav vid nybyggnation och underhåll	41
	Parametrar och noggrannhet	43
	Tolkning och bedömning av underkända värden	44
	Situationer och företeelser som kan påverka mätvärdena	46
●	Rekommenderad fördjupning	48

1 Inledning

Varje år upphandlas det nybyggnation och underhåll av vägar, gator och flygfält för många miljarder kronor. För att uppnå önskat resultat krävs det trovärdiga mått och mätningar. Både vid planering och kontroll av anläggningsarbeten. Mätningarna garanterar att beställaren har ställt rätt krav som är möjliga att uppnå. Mätresultaten gör också att utföraren vet hur entreprenaden ska genomföras för att målen ska nås.

Vägytemätning används i alla skeden av en anläggnings brukstid. Data över vägens tillstånd samlas in med stor noggrannhet. Detta utan att mätobjektet behöver stängas av, mätningen kan utföras i normal trafikhastighet. Mätresultaten används både vid upphandling av nya objekt och vid underhåll av vägar, gator och flygfält. Vägytemätningarna utförs regelbundet för att kunna följa ett väg- eller gatunäts tillstånd.

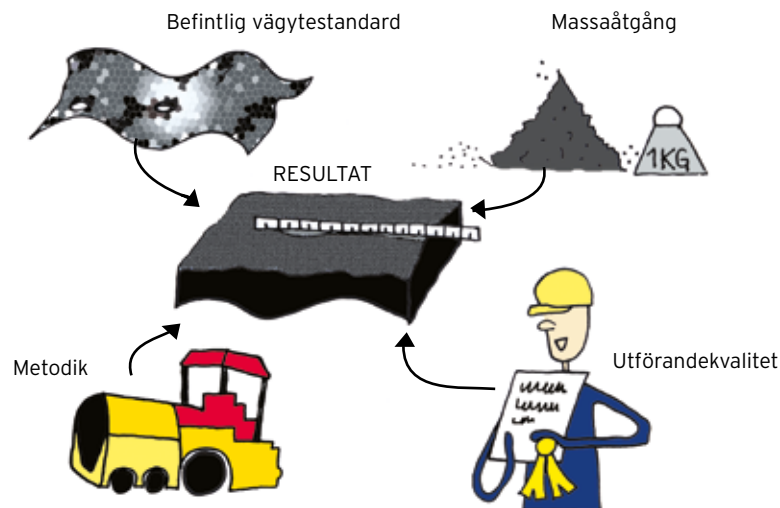
De krav som ställs utifrån vägytemätningen uttrycks bland annat i termerna IRI och Spår djup. Dessa mått kan verka svåra att förstå, men har flera fördelar jämfört med de mått som använts tidigare. IRI är exempelvis ett standardiserat mått som används över hela världen.

En stor fördel är vägytemåttens objektivitet och möjligheten att jämföra mätningar över tid. Tillväxten hos t ex IRI kan studeras och följas upp i en funktionsentreprenad. Med en jämnhetsmätning innan åtgärden, undviker man obehagliga överraskningar när arbetet ska kontrolleras. Att mäta innan åtgärden ger också beställaren eller entreprenören en chans att studera problematiska partier och fundera kring lämpliga kravställningar respektive utföranden.

Såväl beställare som utförare har intresse av att beläggningsarbetet både har rätt kvalitet och rätt pris.

När vägytemått ska användas vid kontroll eller planering av ett utförande, är det viktigt att krav och gränsvärden speglar givna förutsättningar.

Resultatet av en utförd underhållsåtgärd beror på många faktorer. Utförarens kompetens och skicklighet. Den befintliga vägens standard. Men också den åtgärdsmetod och beläggningstjocklek man har valt. Detta illustreras i figuren nedan.



2 Att mäta och bedöma vägtyta

Därför mäter vi vägtytans jämnhet

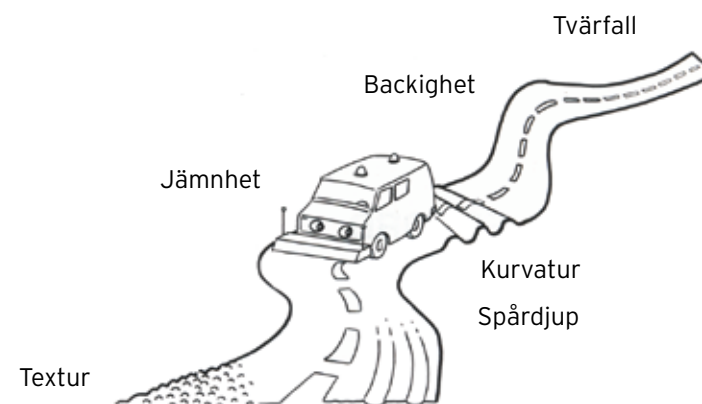
Att mäta hur jämn en vägtyta är, hjälper oss att bedöma en vägsträckas standard och trafikantkomfort. Det kan gälla en befintlig sträcka, en helt nybyggd eller ett vägstycke där det nyligen har utförts underhåll.



Traditionellt har dessa mätningar utförts med enkla hjälpmedel eller starkt subjektiva bedömningar, baserade på erfarenhet. Numera utförs objektiva mätningar med internationellt standardiserade mått. Fördelen är att vi nu kan lagra korrekt vägdata samt jämföra dem över tid.

Mätning utförs med fordonsburna mätsystem. Detaljerad information skapas med en kombination av olika mätsensorer. Vägytemätning resulterar i mätdata som på ett objektivt sätt beskriver vägtytans standard.

I Sverige började vi mäta vägtytornas jämnhet 1985. Sedan 1990 mäts årligen hela riks- och primärvägnätet samt delar av det sekundära. Vägytorna mäts i huvudsak i ett körfält och i en riktning. Sedan 90-talet används även dessa mätningar och mått för att kontrollera beläggningens åtgärder.



Vi mäter vägen - och vad ser vi?

Ett användningsområde för vägytemätningar är att bedöma tillståndet på befintliga vägar eller vägsträckor. Mätvärdena ligger då till grund för övergripande analyser av ett helt vägnät eller detaljstudier av enskilda objekt. I sådana analyser används i huvudsak två vägytemått:



- ⊙ Ojämnhet i längsled: **IRI**
- ⊙ Ojämnhet i tvärlid: **Spår djup**

Övrig data som samlas in och sparas är t ex :

- ⊙ Längsprofil
- ⊙ Textur
- ⊙ Lutning i tvärlid (tvärfall)
- ⊙ Lutning i längsled (backighet)
- ⊙ GPS-koordinater
- ⊙ Digitala frontbilder

Mätningen sker kontinuerligt över vägen med ett mätvärde för varje decimeter. Ibland till och med för varje millimeter (för textur). Mätvärdena används sedan för beräkning av olika parametrar som beskriver vägytans egenskaper. Även beräkningen av parametrar sker kontinuerligt – normalt med ett mätvärde för varje decimeter. Vid användningen av mätdata skapas vanligtvis medelvärden över en viss längd, oftast 20 eller 100 meter. Dessutom används ibland kortare intervall, för tvärfall eller för att lokalisera enskilda företeelser som t ex en lokal ojämnheter.

Innan vi går in på att förklara metoden med vägytemått, kan det vara bra att poängtera skillnaderna jämfört med enklare bedömningsmetoder. Detta illustreras i figuren intill.



Traditionella metoder

Vägytans utseende
Stickprov
Engångsnytta
Subjektiva inslag



Nya metoder

Vägytans funktion
Kontinuerlig mätning
Återvinningsbara värden
Objektiv mätning



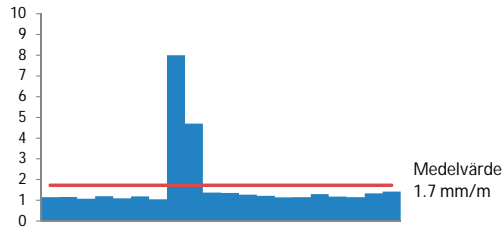
Vägytemätning har många fördelar. Det är faktiskt den enda metod som kan spegla funktionen hos vägytan på ett heltäckande sätt. Om vi översätter några vägytemått till en användbar betydelse får vi följande:

- ⊙ IRI: Framkomlighet, åkkomfort och trafiksäkerhet, vägstandard och vägens nedbrytning.
- ⊙ Spår djup: Framkomlighet, trafiksäkerhet, vägstandard, vägsitage och deformationer.

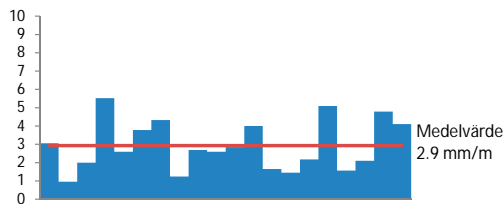
Något om statistik

Vid redovisning av parametrar används normalt medelvärden över ett visst intervall. Därför bör man vara uppmärksam på vad detta kan dölja. Ett medelvärde som visar på att ett helt intervall är bra eller dåligt behöver inte vara sant. Det kan vara en lokal företeelse, i en mätpunkt, som påverkar medelvärdet. Exempel på detta visas i figurerna på nästa sida.

Den första bilden visar ett mätvärde för varje meter med de blå staplarna. Den röda linjen markerar medelvärdet över sträckan. Exemplet visar att sträckan har god jämnhet inom 20-metersintervall, men med en lokal ojämnheter. Trots denna blir medelvärdet lågt och intervallet skulle bli godkänt vid en utförandekontroll.



I det andra exemplet nedan så visas ett 20-metersintervall med många ojämnheter. Dessa ojämnheter fångas också upp i medelvärdet.



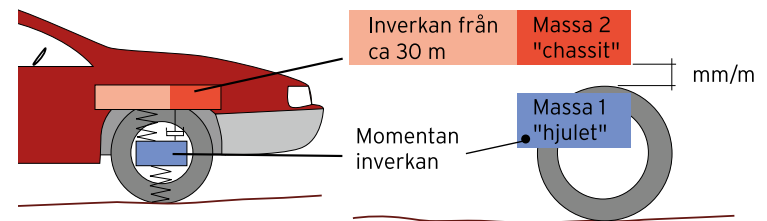
Ibland används andra statistiska mått för att beskriva hur mätvärden varierar. I vägytemätning används standardavvikelsen bl a vid kontroll av nya beläggningar. Denna beskriver hur mätvärdena varierar inom ett intervall och är ett komplement till medelvärdet. I exemplen ovan är standardavvikelsen 1.6 mm/m för den första figuren och 1.7 mm/m för den andra.

3 Ojämnhet i längsled

Det här är IRI

IRI står för International Roughness Index. Det är ett ojämnhetsmått som relativt väl speglar åkkomforten. IRI beräknas utifrån vägens höjdprofil genom att man gör en sammanvägd bild av alla ojämnheter – gupp, sättningar mm – som finns eller syns på vägytan. Olika ojämnheters utbredning, höjd eller djup, påverkar trafikanten på olika sätt. Detta tar beräkningsmodellen för IRI hänsyn till.

IRI beskriver hur vägytans ojämnheter påverkar ett fordon och även indirekt hur ojämnheter inverkar på trafikanten.



Den teoretiska matematiska modellen för IRI har ursprungligen tagits fram genom Världsbankens program för utvecklingsländer. Modellen ser likadan ut över hela världen [Sayers et al, 1986]. Principen bygger på att man simulerar färden för en fjärdedels bil. Det vill säga: ett av däckerna plus en fjärdedel av bilen – fordonet över vägytan i 80 km/h. Detta kallas Quarter-car simulator. IRI-modellen speglar bl a trafikanternas upplevelse av vägens ojämnheter – som enligt studier också påvisar en korrelation till trafiksäkerhet och vägstandard. Därför förstärker modellen också inflytandet av vissa ojämnheter och dämpar andra [Dahlstedt, 2001].

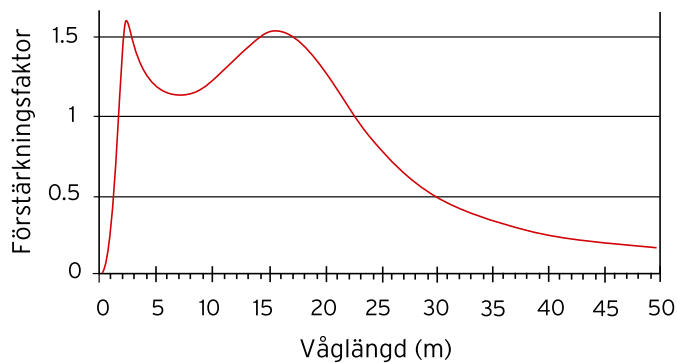
Hjulet och fordonet, här kallat chassit, rör sig olika mycket beroende på vägens ojämnheter. Hjulet och chassit är förbundna genom ett system av fjädrar och dämpare. Korta ojämnheter får huvudsakligen hjulet i rörelse och de längre ojämnheter får chassit i svängning.

IRI erhålls, lite förenklat, genom att beräkna chassits och hjulets relativa rörelser, se figuren på föregående sida. IRI har enheten mm/m, vilket kan uttolkas som summan av fordonets vertikala rörelser i mm, efter att dessa har dämpats av dess fjädringssystem, över ett visst avstånd i meter.



För att lättare förstå IRI-värdets koppling till vägens olika ojämnheter, kan varje ojämnhet beskrivas som en våglängd med viss höjd och viss längd. Lite förenklat kan man säga att en sättning med en utsträckning på 3 m i längsled motsvarar en våglängd på 6 m, dvs en ojämnhet på vägen kan ungefärligt betraktas som en halv våglängd.

I de modeller som används för att beräkna IRI används dessa våglängder på lite olika sätt. För ojämnheter som är cirka 1–10 meter långa, så förstärker modellen vägens ojämnheter. Det innebär också att ojämnheter inom detta intervall har störst betydelse för IRI-värdet. På motsvarande sätt dämpar modellen ojämnheter som är utanför detta intervall. Se figuren nedan.

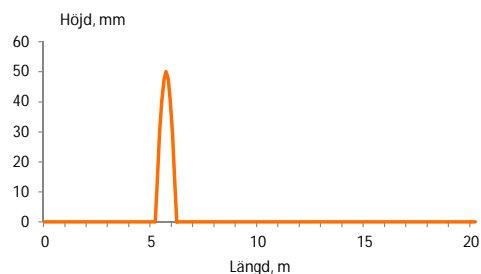


Ett IRI-värde kan inte direkt ses på vägytan eller mätas med andra metoder, som rätskena eller visuell bedömning. Därför är det viktigt att mätvärdena håller hög trovärdighet och är förankrade hos både beställare och utförare. Såväl mätsystem som mät företag går därför igenom olika tester för att både validera och verifiera mätsystem och beräkningar.

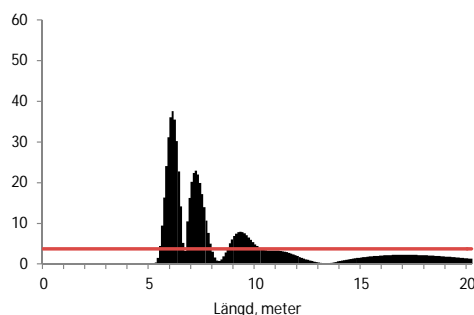
Det upplevs många gånger som svårt att förstå vad ett IRI-värde egentligen innebär. Än mer besvärligt är det att exempelvis förutsäga hur höga IRI-värden det blir efter en beläggningsåtgärd. Tabellen nedan kan tjäna som vägledning för en grov tolkning av IRI. Eftersom körupplevelsen av passagen över en ojämnhet är mycket beroende av fordonets hastighet och fordonets fjädringsegenskaper, kan IRI-värdet också upplevas olika. IRI är enligt standarden beräknad för en hastighet av 80 km/tim. Om hastigheten är 110 km/tim upplevs vissa ojämnheter i vägen betydligt mer än vad det uppmätta IRI-värdet antyder. Motsvarande gäller vid låga hastigheter då ett högt IRI-värde kan upplevas som mindre besvärligt.

IRI-värde (mm/m)	Upplevelse
<1.5	Ojämnheter knappt märkbara. Komfortabel färd.
1.5-3.0	Måttliga ojämnheter. Vid högre hastigheter kan dessa dock vara tydligt märkbara.
3.0-4.0	Komfortabel färd kan inte ske i högre hastighet.
4.0-6.0	Färden kan upplevas som osäker. Tvåra krängningar är vanligt förekommande. Ytliga skador förekommer.
>6.0	Hastigheten måste sänkas ner till <50 km/h för behaglig färd. Svåra ytskador kan vara förekommande (sprickor, potthål, krackeleringar).

Här kommer ett exempel på vilket IRI-värde som kan erhållas av en ojämnheter. I diagrammet nedan visas en längsprofil som är slät och har en längd på 20 meter. Vid 5 meter har en ojämnheter som är 50 mm hög och 1 meter lång placerats.



I diagrammet nedan visas det resulterande IRI-värdet, som följd av den simulerade ojämnheter. IRI-värdena har i detta diagram beräknats för varje decimeter. När IRI-modellen beräknas över ojämnheter finns det ett momentant IRI-värde på 35 mm/m. Detta kan tolkas som att IRI-modellen, som ska representera bilens fjädringssystem, har dämpat fordonets vertikala rörelse från 50 mm till 35 mm. Ojämnheter har, som framgår, en påverkan på IRI-värdena även efter att ojämnheter har passerats. I diagrammet finns också en röd linje. Denna visar IRI som ett medelvärde över det aktuella 20-metersintervallet. Förenklat kan sägas att ojämnheter med 50 mm höjd och med en längd på 1 meter, i detta fall ger upphov till ett medelvärde av IRI på 3.9 mm/m över 20 meter. Detta på en i övrigt jämn yta.



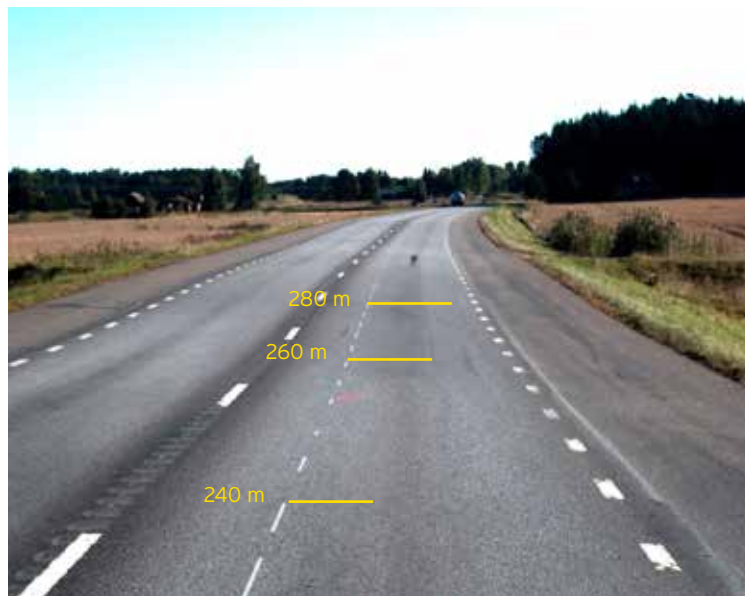
Längsprofiler och sån't

Vid alla vägytemätningar sparas längsprofilen för att beräkna IRI-värde och för att i efterhand kunna göra andra bedömningar av vägens ojämnheter. Det kan exempelvis vara simuleringar av olika beläggningsåtgärder. Längsprofilen kan också användas för att upptäcka lokala deformationer eller svackor.

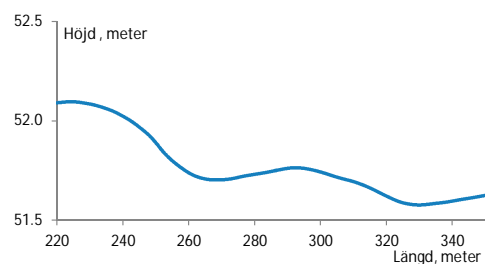
Vägytan förändring i höjd mäts vid vägytemätning och består av ett höjdvärde för varje decimeter i den längsgående riktningen. Det vill säga en profil som beskriver hur vägytan varierar i höjd. Detta är vägens så kallade längsprofil och används bl a för att beräkna IRI-värdet. Vid mätning samlas däremot höjdvärdena mycket tätare än så, normalt med ett värde för minst varannan millimeter. Längsprofilen mäts i både vänster och höger hjulspår.

En väg kan ha många ojämnheter, i olika längder och med olika höjd eller djup. Alla dessa finns uppmätta och registrerade i längsprofilen. Som tidigare sagts kan en ojämnheter matematiskt beskrivas som en våglängd med en viss längd och en viss höjd. Vid mätningen registreras ojämnheter med våglängder upp till 100 m längd, dvs med ojämnheter på upp till 50 meters längd. Sådana långa våglängder tas normalt bort genom så kallad filtrering av längsprofilen. Långa ojämnheter, som t ex backkrön eller svackor, har ingen större påverkan på fordonets vertikala acceleration och används inte när längsprofilen ska analyseras. Det vanligaste är att använda ett filter som tar bort våglängder över 60 m, dvs ojämnheter med en utbredning på över 30 meters längd.

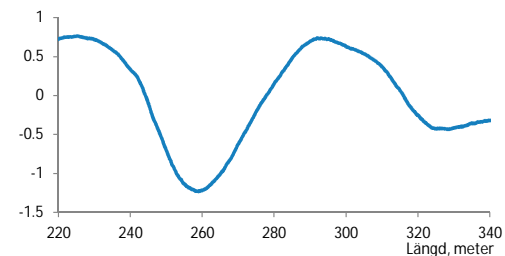
På nästa sida syns ett exempel på en längsprofil för en väg som har mindre sättningar och hur profilen ser ut efter filtrering. Dessutom visas de resulterande IRI-värdena för sträckan. Som framgår av bilden har sträckan två mindre krön; vid 240 meter och efter 280 meter. Däremellan finns en mindre svacka.



Om man ritat upp vägens höjdprofil så ser den ut enligt nedanstående figur. Höjden är angiven i meter och är mätt med GPS under en vägytemätning. Svackan har ett djup på knappt 1 meter.

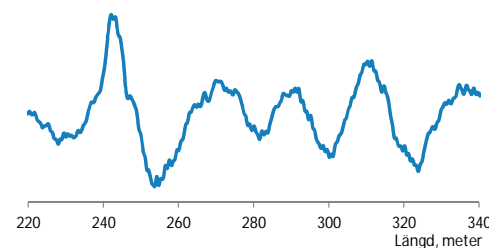


Nästa steg är att studera vägens längsprofil. Den är nu mätt med tätare intervaller och med en högre upplösning i höjddled. Längsprofilen syns i diagrammet på nästa sida och visar på ungefär samma innehåll som i höjdprofilen, mätt med GPS, i figuren ovan. Den skillnad som syns beror på att längsprofilen är relativt mätt mot vägytan och att längs-



profilen, som mätts vid vägytemätning, inte har våglängder som är över 100 meter långa.

Om längsprofilen ovan bearbetas, dvs filtreras, så att enbart de ojämnheter som har inverkan på IRI-värdet är kvar, ser profilen ut enligt diagrammet här nedan. Alla ojämnheter större än 20 meters längd har tagits bort och alla mindre ojämnheter syns tydligare.

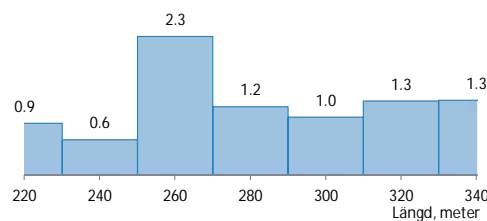
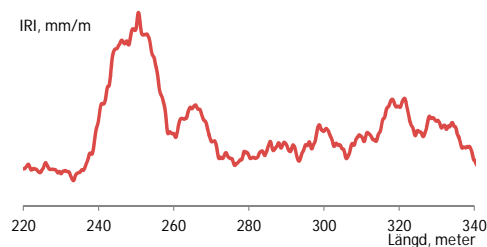


I det följande har IRI beräknats på profilen ovan. IRI-värdena redovisas i de två följande diagrammen. Det första diagrammet visar ett värde för varje decimeter. Jämför man detta diagram med längsprofilen ovan framgår det att IRI-värdena är högst vid ca 240 meter, vilket är på samma ställe som en högre ojämnheter i längsprofilen.

Men de efterföljande ojämnheter har ingen större inverkan på IRI. Ojämnheten vid 240 meter är kortare än de efterföljande och tas med i beräkningen av IRI. De efterföljande ojämnheter är längre och har dämpats bort vid beräkningen av IRI.

Det sista diagrammet i detta exempel visar IRI som ett medelvärde över 20 meter. Här framgår det att IRI har ett värde på 2.3 mm/m vid 240 meter. Detta kan jämföras med 0.6 mm/m före denna ojämnheter.

Det sista diagrammet i detta exempel visar IRI som ett medelvärde över 20 meter. Här framgår det att IRI har ett värde på 2.3 mm/m vid 240 meter. Detta kan jämföras med 0.6 mm/m före denna ojämnheter.



Vad är sambandet mellan ojämnheter och våglängder?

IRI är alltså ett komfortmått där olika långa ojämnheter – eller våglängder – vägs samman i ett responsmått som relativt väl beskriver trafikantupplevelsen. Detta gör att vi inte alltid vet vilken typ av deformation eller ojämnheter som gett upphov till ett visst IRI-värde. Vi vet bara om sträckan är komfortabel att färdas på – eller inte.



För att förtydliga innebörden av IRI-värdet kan man istället välja att visa vilka våglängder som är dominerande på vägsträckan. Det vill säga om orsaken till att IRI t ex blir högt beror på långa sättningar eller korta ojämnheter (t ex skarvar) eller någonting däremellan.

För att på ett enklare sätt beskriva vägytans våglängdsinnehåll, används ett mått som kallas RMS. Det står för Root Mean Square och är ett vanligt statistiskt avvikelsemått (kvadratroten ur medelkvadratvärdet, översatt). Uttrycket RMS används i många andra sammanhang, bl a vid ljudanalys.

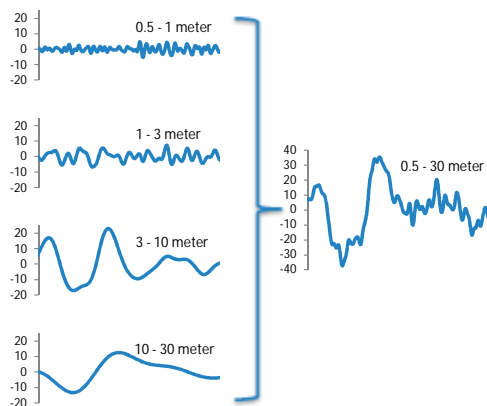
Vid beräkningen av RMS-värdet i sig görs alltså först en filtrering av vägens längsprofil och sedan en beräkning. Eftersom en ideal längsprofil är helt plan, kan varje profilvärde betraktas som en avvikelse mot nollvärdet. RMS får därmed olika stora värden beroende på vilket våglängdsområde som beräknas. Ett RMS-värde för våglängder mellan 0.5 och 1 meter kan därför inte jämföras med ett RMS-värde för våglängder mellan 3 och 10 meter. Detta eftersom de är av olika storleksordning. När RMS används som mått vid vägytemätningar, väljer man att dela upp vägens längsprofil i olika våglängdsintervall. Normalt brukar följande våglängdsintervall användas:

Våglängdsområde	Längd på ojämnheter
0.5-1 m	0.25-0.5 m
1-3 m	0.5-1.5 m
3-10 m	1.5-5 m
10-30 m	5-15 m

3

3

I figurerna nedan visas ett exempel på hur längsprofilen kan delas upp med avseende på våglängdsinnehåll. Längsprofilen som använts är densamma som för exemplet tidigare. Till vänster i figuren syns de fyra olika profilerna för respektive våglängdsområde. När de läggs ihop bildar de längsprofilen till vänster.



De beräknade RMS-värdena för vägsträckan ovan visas i tabellen nedan. Här framgår det att det största avvikande värdet finns för våglängdsområdet 3–10 meter.

	0.5-1 meter	1-3 meter	3-10 meter	10-30 meter
220	1.0	1.4	2.9	1.3
240	1.7	3.0	10.2	7.4
260	1.0	2.0	3.9	2.1
280	1.3	2.2	2.3	3.6
300	1.2	1.9	3.5	3.9
320	1.2	2.1	4.1	2.6
340	1.3	1.6	2.9	2.3



Som visats ovan kan man med hjälp av RMS-värdena få en första uppskattning av vilka ojämnheter som kan välla problem och orsaka diskussioner. Därför kan det vara idé att först studera RMS-värdena vid en beläggningsåtgärd med krav på långsgående jämnhet. Det ger en indikation på om ojämnheter främst är korta eller långa.

Oftast räcker det inte med att bara titta på RMS-värden för att utvärdera om höga IRI-värden är möjliga att åtgärda. Detta eftersom sammansättningen av ojämnheter i våglängdsintervall är komplicerad matematik. En kort ojämnheter kan exempelvis innehålla flera olika våglängder, och då t o m även lite längre.

RMS, även kallat effektivvärde, används i en ISO-standard som beskriver hur vägars jämnhet påverkar trafikanten i form av helkroppsvibrationer. Än så länge finns det inga kravgränser för RMS vid beläggningsåtgärder.

För att även kunna ta hänsyn till lokala ojämnheters inverkan på fordon har nya mått tagits fram. De utgår från längsprofilen och använder samma modell som vid beräkningen av IRI. Till skillnad från IRI beskriver dessa mått påverkan från den enskilt största ojämnheten inom ett rapportintervall. Dessutom används den vertikala accelerationen istället för den vertikala rörelsen som måttenhet. Måtten är under utveckling och kommer att levereras från mätningar från och med år 2015.

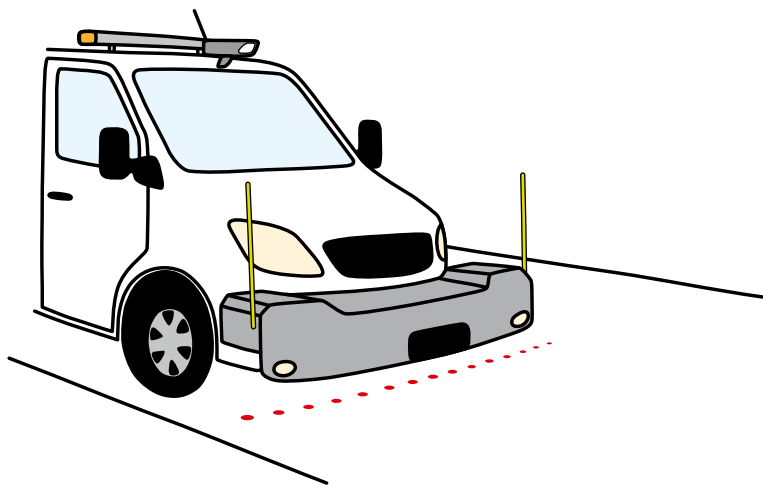
4 Ojämnhet i tvärled

Vägens ojämnheter i tvärled brukar vi i dagligt tal kalla "spår". Detta mättes tidigare med rätskiva och tumstock och var ett värde för vägytans slitage. På 1970- och 80-talen härstammade det primära underhållsproblemet från slitagespår orsakade av dubbdäck. Därför kom spårdjupet att användas som det viktigaste måttet för fördelning av resurser till underhållsåtgärder.



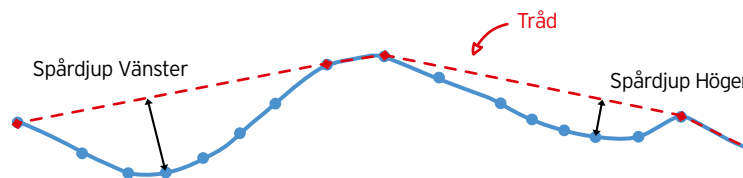
Idag har nötingen från dubbdäck blivit mindre. Användningen har minskat, beläggningarna är mer slitstarka och lättviktsdubb har införts. Å andra sidan har de bärighetsberoende deformationerna ökat. Orsaken är att en större andel tung trafik färdas på våra vägar. Än idag är ojämnheter i tvärled en stor orsak till att underhålls- och förstärkningsåtgärder krävs.

För att mäta spårdjup krävs att vägens tvärprofil kan avbildas. Detta görs med de laserkameror som finns monterade på mätfordonet vilka alla mäter avståndet ner till vägytan. De insamlade mätpunkterna knyts samman med räta linjer och utgör då tvärprofilen. Tvärprofilen kallas nollad då tvärfallet tagits bort, de yttersta punkterna är då båda noll och resterande punkter redovisas relativt ytterpunkterna.



Spårdjupen beräknas på de insamlade nollade tvärprofilerna. Om samtliga laserpunkter används uppnås en bredd på 3.20 meter. Är vägen smalare kan de yttersta laserpunkterna plockas bort ur beräkningen, då uppnås en mätbredd på 2.60 meter. Den ordinarie mätbredden kallas även för Spår 17 och den smalare bredden Spår 15. Namnen kommer av det antal lasrar som används för respektive beräkning. Numera kan spårdjup även mätas från en så kallad kontinuerlig tvärprofil där antalet mätpunkter är oändligt många fler. Mätbredden ska fortfarande vara densamma.

Spårdjupet beräknas på den nollade tvärprofilen enligt den så kallade trådprincipen. Denna innebär att en tänkt tråd spänns över profilen så att det största avståndet till profilen (vägytan) bestäms. Motsvarande mätning kan alltså upprepas ute på vägen med en lina eller en rätskena.



Spårdjup Max är benämningen på det spårdjup som beräknas då hela tvärprofilen används, antingen med den ordinarie mätbredden eller med den smalare. Det går också bra att endast beräkna spårdjupet för ena halvan av tvärprofilen. Då används 60 % av tvärprofilen på respektive sida. Måttet kallas då exempelvis för Spår H17 ifall det är den högra halvan med ordinarie mätbredd som avses. Att endast beräkna spårdjupet för ena halvan av körfältet kan ge information om var ojämnheten finns och eventuella orsaker till uppkomsten.

Spår djup	Beskrivning
< 2 mm	Spåren märks inte för ögat.
2 - 5 mm	Spårbildningen kan uppmärksammas t ex som färgskiftningar i vägbanan.
5 - 10 mm	Spåren synliga. Om spårbildningen beror på dubbdäcksslitage finns risk att stensläpp förekommer.
10 - 17 mm	Tydliga spår. I detta spann genomförs ofta underhållsåtgärder.
> 17 mm	Kraftig spårbildning, troligtvis orsakad av dålig bärighet eller stor avnötning.

4 Att färdas längs en väg med spår djup har ingen större påverkan på vare sig komfort eller trafiksäkerhet – så länge vägbanan är torr. Vid regn finns risk att vatten blir stillastående i spåren, speciellt ifall tvärfallet är otillräckligt. Konsekvensen kan bli att fordon får vattenplaning. Ett högt spår djup är därför en av de vanligaste orsakerna till att åtgärder görs på det svenska vägnätet. Framförallt på det högtrafikerade nätet där den tillåtna hastigheten ofta är högre.

5 Textur

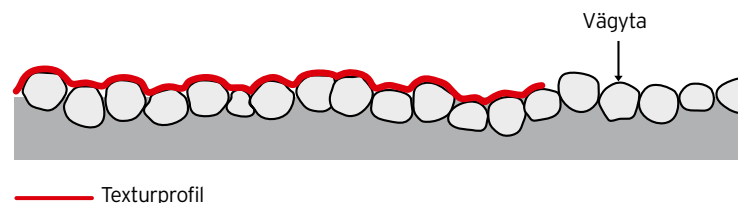


Asfaltbeläggningar är aldrig helt homogena. De varierar naturligt i struktur i både längs- och tvärled. Orsaken till denna variation är vanligtvis att separationer uppstått i asfaltmassan. Dessa finns sedan kvar i den färdiga ytan. Stora variationer kan medföra att kvaliteten i beläggningssytan försämras vilket i sin tur påverkar trafiksäkerheten och beständigheten negativt. Följden blir kortare underhållsintervaller och ökat underhållsbehov.

Variationer i asfaltytan kan uppmärksammas genom att studera vägytans textur. Texturen delas normalt in i tre olika intervaller beroende på dess utbredning (väglängd).

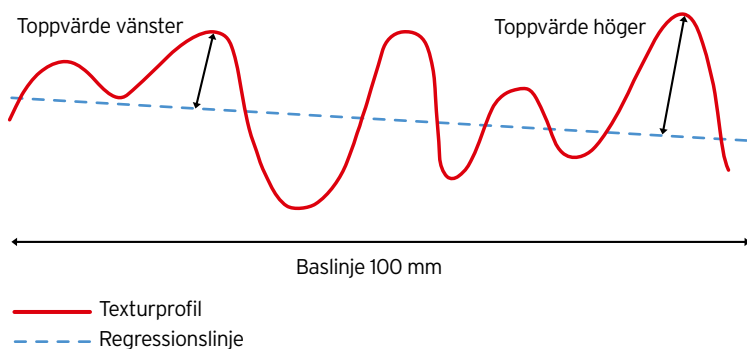
Textur	Våglängd	Beskrivning
Mikrotextur	< 0.5 mm	Stenytans skrovlighet. Svår att se med blotta ögat och går inte att mäta med mätbil.
Makrotextur	0.5 - 50 mm	Massabeläggningens skrovlighet där även djupet mellan stenarna räknas in.
Megatextur	50 - 500 mm	Större hål, exempelvis potthål.

Av de tre texturparametrarna är det vanligast att använda makrotexturen. Den motsvarar nämligen storleken på kontaktytan mellan däck och vägbanan. En vägbanas makrotextur har som främsta syfte att säkerställa en tillfredsställande friktion och en bra vattenavrinning.



Makrotextur ska beräknas enligt en internationell standard kallad Mean Profile Depth, MPD. Standarden kräver att vägytans profil kan avbildas varje millimeter i längsled. Därmed måste en laserbaserad teknik användas för att samla in data till beräkningen.

MPD beräknas enligt nedanstående figur. En baslinje på 100 mm skapas vilken sedan delas in i vänster och höger halva.



MPD beräknas för varje decimeter längs vägen. Det är sedan upp till användaren att bestämma över vilken sträcka som värdena ska medelvärdesbildas. Användningsområdet och syftet med mätningen får styra. Trafikverkets metodbeskrivning anger att MPD ska medelvärdesbildas över 1 meter. Syftet med en så kort sträcka är att i första hand ha möjlighet att upptäcka variationer i asfaltytans textur. Med en alltför lång medelvärdesbildning slätas värdena ut och variationerna försvinner.

I nedanstående tabell visas några typiska beläggningar och dess genomsnittliga texturvärde. Det är inte bara typen av beläggning som spelar roll för texturvärdet, även stenstorleken inverkar. Generellt kan sägas att ju öppnare och stenrikare beläggning samt ju större stenstorlek desto större blir texturvärdet.

Makrotextur, MPD	Beskrivning
0.20 - 0.40 mm	Minsta rekommenderade värde enligt Trafikverkets underhållsstandard
0.50 - 0.70 mm	Täta asfaltbeläggningar, ABT
0.80 - 0.90 mm	Stenrika asfaltbeläggningar, ABS
0.80 - 1.10 mm	Ytbehandlingar, Y1B och Y2B
1.30 - 1.90 mm	Indränkt makadam, IMT

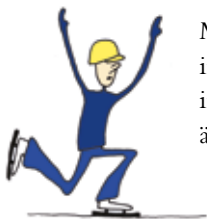
En asfaltytas textur förändras med tiden. Detta är mest markant för stenrika beläggningar, typ ABS, där smuts tränger ner i håligheterna och där stenarna nöts av däcken. Liknande mönster kan ses för tankbeläggningar där stenar och bindemedel smälter samman med tiden. Förändringen är mest påtaglig de första åren. I slutet av en beläggningens livslängd, då beläggningen har åldrats och blivit gammal, kan stenar släppa från ytan. Detta innebär att texturvärdet blir högre igen.

Separationer och textur

Som tidigare nämnts kan texturvärdena användas för att upptäcka ytor med separationer. Mest lämpligt är då att använda makrotexturen beräknad som MPD. I en separerad asfaltbeläggning ger öppna ytor med för lite bindemedel högre MPD-värden än täta ytor med en ansamling av bindemedel. Genom att använda MPD som ett kontrollmått för nya asfaltbeläggningar, kan förhoppningsvis produktionen styras mot mer homogena beläggningar med bättre beständighet.

Friktion och textur

Logiskt sett borde en vägyta med hög textur, alltså med en grov struktur, innebära en god friktion. Det omvända borde också gälla, dvs en låg textur borde medföra risk för låg friktion. Studier och mätningar har dock visat att så är inte fallet. Vägytor med relativt låga MPD-värden har visat på hög friktion medan ytor med hög textur har påvisats ha låg friktion.

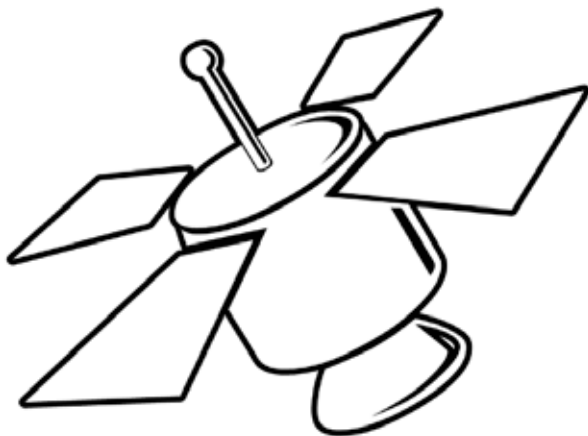


Man kan fråga sig hur detta hänger ihop? Förklaringen ligger troligtvis i att mikrotexturen har stor inverkan på friktionen. Om stenarna i beläggningen är blanka eller täkta med bindemedel minskar friktionen. Blankpolering av stenar kan uppkomma i länder där dubbdäckstrafik är förbjuden. Den översta ytan på stenen rivs då inte sönder av

dubbar. Problem med för mycket bindemedel i ytan kan uppkomma vid utläggning av nya asfaltbeläggningar, men det kan också uppstå på ytbehandlingar som är lappade och lagade. Ytterligare en riskfaktor är starkt solsken. Bindemedlets volym kan då öka, tränga upp i ytan och på så sätt göra den blank.

Megatextur

För att studera längre ojämnheter kan måttet megatextur användas. Det beskriver ojämnheter upp till 0.5 meter våglängd och inkluderar då exempelvis potthål. Måttet är ett så kallat RMS-mått, tidigare beskrivet i kapitel 3. Måttet anger avvikelsen från en helt plan yta. Parametern medelvärdesbildas enligt metodbeskrivningen över 1 meter. Andra typiska ojämnheter inom megatexturens våglängdsintervall är olika typer av skarvar, exempelvis beläggningsskarvar och broskarvar.



6 Längdmätning och positionering

För att geografiskt lokalisera mätdata från vägytemätning används både längdmätning och satellitbaserad positionering.

Längdmätningen utförs med ett mätdon som monterats på ett av mätfordonets hjul och mäter den rullande längden. Kravet på noggrannhet vid vägytemätning är att den största avvikelsen i längd är mindre än 0.1 % av mätt längd. Om mätningen är t ex 1000 meter lång ska felet högst vara 1 meter.

Vid mätning utgår längdmätningen från en nollpunkt i en korsning eller liknande. I vägytemätning för Trafikverket så definieras längdmätningen i enlighet med NVDB, Nationella vägdatabasen.

När mätdata ska jämföras med data från annan typ av mätning, t ex fallviktsmätningar eller provtagningar, måste längdmätningen för de olika metoderna stämma väl överens. En gemensam utgångspunkt, ”nolla”, och kalibrering av längdmätning är en förutsättning för att kunna använda mätdata från olika system.

Med positionering menas en lägesbestämning av en punkt i ett koordinatsystem, normalt enbart i ett plan. Vid vägytemätning används satellitbaserad koordinatbestämning (GPS), för att bestämma positionen på mätdata. Trots att mätningen sker i hög fart så erhålls normalt en så pass god noggrannhet att mätdata kan lokaliseras på en karta eller ritas upp på en karta, för att t ex visa olika mätvärden.

Noggrannheten i position med koordinatangivelse från satellitbaserade system beror helt på mottagarens mätnoggrannhet, antal satelliter vid mättillfället, samt om någon korrektionstjänst har använts. Bortfall från satellitmottagning, t ex i tunnlar eller tät skog, påverkar också noggrannheten. Vanliga krav på noggrannheten är 5 meters avvikelse i 95 % av fallen. Detta är också det som normalt uppnås vid mätning. I Sverige anges positionen i referenssystemet SWEREF99 TM. Från satellitsystemen fås koordinater i WGS84. Koordinaterna anges som longitud (nord-sydlig riktning), latitud (öst-västlig riktning) och höjd.

7 Digitala stillbilder

Vid vägytemätning tas även bilder av vägytan och vägområdet. Bilderna tas i intervall om 20 meter och finns bl a tillgängliga via Trafikverkets internetbaserade databas PMSv3.



Bilderna kan vara ett stort stöd då tillståndet för vägen ska bedömas:

- ⊙ Vägytans skick kan utvärderas. Eventuellt har den defekter som vägytemätning fångar upp mindre bra, exempelvis åldrad beläggning och stensläpp.
- ⊙ Vägområdet med skyltar och andra förekomster kan inventeras.
- ⊙ Förklaring till extremvärden eller andra intressanta värden kan upptäckas.

8 Övriga mått

Utöver de mått som hittills har beskrivits finns det ytterligare mått som kan vara användbara. Dessa kan delas in i geometriska mått (tvärfall, backighet och kurvatur) och mått som beskriver vägytans struktur (sprickor).



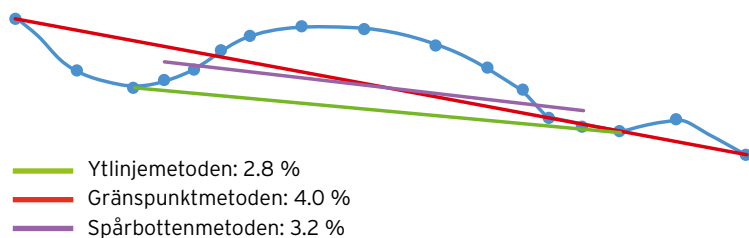
Tvärfall

Att en väg har ett tvärfall är helt avgörande för trafiksäkerhet och vattenavrinning. Tvärfallet beskriver hur körfältet lutar i tvärled jämfört med horisonten och redovisas i procent. Tvärfall kan mätas med elektroniska pass eller utrustningar som har lutningsgivare. Vid vägytemätning används oftast ett system för tröghetsnavigering som också ger fordonets lutning. Genom att kombinera fordonets lutning med tvärprofilen får man fram vägens tvärfall.

Då vägytan och dess lutning är inmätt kan tvärfallet bestämmas från fritt valda punkter. Trafikverkets metodbeskrivning föreskriver tre olika sätt att beräkna tvärfall.

- ⊙ Ytlinjemetoden. Tvärfallet bestäms av en linje som går mellan mätpunkterna strax utanför spårbotten. Avståndet mellan punkterna är 2.0 meter.
- ⊙ Gränspunktmetoden. Tvärfallet bestäms av en linje mellan de yttersta mätpunkterna. Avståndet mellan punkterna är 3.2 meter.
- ⊙ Spårbottenmetoden. Tvärfallet bestäms av en regressionslinje mellan mätpunkterna i spårbotten. Avståndet mellan de yttersta punkterna är ca 1.8 meter.

På nästa sida illustreras de olika sätten att beräkna tvärfall. Resultatet kan bli olika beroende på vilket beräkningsätt som används. Givetvis gäller detsamma om ett elektroniskt pass läggs på ytan för att bestämma tvärfallet.



Tvärfallet ska bland annat leda av vatten från vägytan. Här spelar spårdjupet och lutningen i längsled också roll. Ju större spårdjup, desto större är kraven på att tvärfallet är tillräckligt. Den långsgående lutningen kan dock hjälpa till och leda av vatten ifall tvärfallet är mindre bra. Vid kraftigt regn finns trots det en risk för vattenplaning när stora mängder vatten rinner över vägytan.

I kurvor ska tvärfallet säkerställa trafiksäkerheten så att fordon inte åker av vägen på grund av sidoacceleration. Tvärfallet i en kurva anpassas efter skyltad hastighet på vägen samt dess radie.

Tvärfall (%)	Beskrivning
-1.5	Lägsta tvärfall på raksträcka vid underhållsbeläggningar
-2.5	Rekommenderat tvärfall vid raksträcka och bombering
± 4.0	Rekommenderat tvärfall vid skyltad hastighet 70 km/h och kurvradie 1200 m
± 5.5	Rekommenderat största tvärfall vid nybyggnad och underhåll
> ± 7.0	Tvärfallet beror troligtvis på deformerad kant eller på att vägen inte är byggd enligt standard

Enligt Trafikverkets metodbeskrivning ska tvärfallet redovisas som ett medelvärde över 1 meter. På en så kort sträcka finns möjlighet att

fånga upp variationer som kan bero på svaga kanter. Dessa variationer kan upplevas som krängningar av trafikanterna.

Backighet

Vägens lutning i längsled kallas backighet. Måttet mäts med hjälp av lutningsgivare som registrerar mätfordonets lutning. Backigheten beräknas som höjdskillnaden för en sträcka dividerat med dess horisontella längd. En uppförsbacke definieras med positivt tecken och en nedförsbacke med negativt tecken. Värdet medelvärdesbildas över 20 meter.

Backighet kan användas för att kontrollera om vattenavrinningen fungerar även om tvärfallet inte är tillfredsställande. Det används också för att kontrollera vägens vertikalgeometri och största lutning.

Kurvatur

Parametern kurvatur anger hur vägen svänger och hur skarpa kurvorna är. En kurvas krökningsradie, r , bestäms med givare som registrerar hur mätfordonet svänger. Kurvaturen beräknas därefter som $10\,000/r$ och medelvärdesbildas över 20 m. En raksträcka får då värdet 0 och t ex en kurva på 400 meter får kurvaturvärdet 25. Kurvaturen har positivt tecken i högersväng och negativt i vänstersväng.

Kurvatur kan användas för att kontrollera hur väl tvärfallet följer vägens geometri. Tvärfallet ska anpassas efter vägens kurvor och dessutom ska skevningsövergångarna sammanfalla med början och slutet av kurvorna.

Sprickor

I Trafikverkets metodbeskrivning anges att sprickor ska kunna detekteras ned till 2.5 mm bredd. Metoden har inte använts i någon större utsträckning i Sverige ännu och är under utveckling. Mätningen görs lämpligen med vertikal fotografering av vägytan eller med laserutrustning som scannar ytan. Därefter sker en automatisk eller subjektiv analys av mätdata. För att kunna hantera data från ett helt vägnät redovisas resultatet som andel sprucken yta i olika zoner tvärs vägen.

Övriga mått som beräknas på tvärprofil

Vid vägytemätning samlas mängder med information in. Utöver de mått som är redovisade hittills, och beskriver vägytans form, har även andra mått tagits fram. Syftet är att ge en beskrivning av vägens funktion och en förklaring till eventuell skadeorsak. Gemensamt för dessa mått är att de inte definieras i Trafikverkets metodbeskrivning – beräkning görs i efterhand. Samtliga utgår från de tvärprofiler som samlas in vid mätningen.

Mått	Enhet	Beskrivning
Kantdjup	mm	Anger hur mycket vägkanten "hänger ner". Beräkningen görs genom att placera en simulerad rätskena på körfältets högra halva och bestämma avståndet ner till vägytan.
Vattenarea	dm ²	Beskriver hur mycket vatten som kan ansamlas i ett tvärsnitt av vägen. I beräkningen används tvärprofilens form och tvärfall. Däremot tas ingen hänsyn till backigheten.
Spårbottn- avstånd	mm	Anger avståndet mellan djupaste spåren på vänster och höger sida av tvärprofilen. Ett högt värde indikerar att vägen bryts ned av tung trafik medan ett lågt värde indikerar att slitage från personbilar är orsaken.
Spårarea	dm ²	Anger den area som omsluts av en sektionens tvärprofil och en spänd tråd över profilen. Ett lågt värde i kombination med högt spårdjup antyder att skadeorsaken är nötning från trafiken. Ett högt värde i kombination med högt spårdjup antyder att skadeorsaken är deformationer på grund av otillräcklig bärighet.
Spårbredd	mm	Anger bredden på vänster respektive höger spårbildning. Ett högt värde antyder att spårbildningen uppstått på grund av den tunga trafiken. Vid låga värden är troligtvis personbilstrafiken och dess nötning förklaringen till skadan.

Måtten som beskriver spårbildningens form kan alltså vara en hjälp på vägen. Måtten kan klargöra om spårbildningen har uppstått av tung trafik eller personbilstrafik samt om spårbildningen beror på deformationer eller nötning. Måttets kantdjup kan också tillföra information om vägens bärighetstandard. Ett högt kantdjup antyder att vägkonstruktionen är alltför svag och behöver förstärkas. Vattenarea kan ge svar på om regnvatten har möjlighet att rinna av ytan. Om så inte är fallet behöver spårdjupen och/eller tvärfallet åtgärdas.

Att arbeta med att bedöma en vägs standard är komplext. Ofta finns mer än en orsak till skadebildningen och det är många faktorer som samverkar och påverkar nedbrytningen. Vägytedata är en hjälp på vägen och ett första steg i att bedöma vägars tillstånd. Därefter krävs ofta kompletterande undersökningar och okulära bedömningar på plats för att rätt åtgärd ska kunna väljas.

9 Att använda vägytedata inför ett beläggningsarbete

En stor fördel med vägytemätning är möjligheten att studera jämnheter och lutningar hos befintliga beläggningar. Informationen kan användas för att bedöma den mest lämpliga åtgärden inför ett asfalteringsarbete samt identifiera partier som kräver extra insatser.

Trafikverket samlar varje år in mätvärden för tusentals kilometer på det statligt belagda vägnätet. Dessa data finns tillgänglig via Trafikverkets internetbaserade databas PMSv3. Ytterligare ett alternativ är att göra en extra mätning innan beläggningsarbetet för att få de senaste mätvärdena. När mätdata från en befintlig väg analyseras kan exempelvis följande frågor besvaras:

- ⊙ Vilka partier kommer bli svårast att åtgärda? Är något parti i behov av förstärkning?
- ⊙ Vilken metod verkar lämpligast? Vilka specialåtgärder krävs? Vilken massaåtgång verkar trolig?
- ⊙ Vilken jämnheter förväntas efter åtgärd? Är kraven lämpliga? Kommer utföraren att klara dem?
- ⊙ Behöver vägens tvärfall justeras? Vilken massaåtgång krävs för detta?

Vad krävs för att skapa bra komfort?

En vanlig orsak till att en väg behöver åtgärdas är att komforten för trafikanten är för dålig. Korta ojämnheter, som t ex håll och skadad beläggning, är ofta lätta att åtgärda oavsett metod. Längre ojämnheter är däremot besvärligare och kräver större insatser. I de flesta fallen är det svårt att helt eliminera långsgående ojämnheter.

För att ta reda på var problempartier finns räcker det inte att enbart studera IRI-värdena!

Korta och långa ojämnheter kan nämligen resultera i samma IRI-värde. För detta syfte finns det istället datorprogram som analyserar befintlig längsprofil och simulerar asfaltutläggningen.

Med hjälp av datorprogram är det bl a möjligt att:

- ⊙ Hitta problempartier som kräver extra justeringar/åtgärder
- ⊙ Påverka kommande IRI genom att testa olika beläggningsmetoder och mängder
- ⊙ Ställa rimliga jämnhetskrav

Ett flertal studier har visat att traditionella asfaltläggare har en praktisk utjämningslängd mellan 1 och 4 meter. Ojämnheter upp till 10 meter har dock stor betydelse för IRI-värdet.

Om extrema IRI-värden mätts upp på en befintlig vägsträcka kanske lokala justeringar eller fräsning krävs för att åtgärda problemet. Om vägen är ”gungig” och innehåller längre ojämnheter krävs kanske också en beläggningsmetod med lång utjämningslängd.

Även om en ojämn beläggning är orsak till underhållsarbetet finns det möjligheter att åtgärda den och få en bra komfort.

Vägens linjeföring har i vissa fall betydelse för IRI-värdet. Detta gäller framförallt mindre och så kallade obbyggda vägar. Här kan exempelvis skarpa backkrön ge upphov till förhöjda IRI-värden. De förhöjda värdena upplevs kanske inte av trafikanten. Denna färdas ju oftast i lägre hastighet på denna typ av väg än de 80 km/h som IRI-modellen baseras på. Inför en åtgärd på denna typ av väg bör beställaren tänka på detta och ställa kraven därefter.



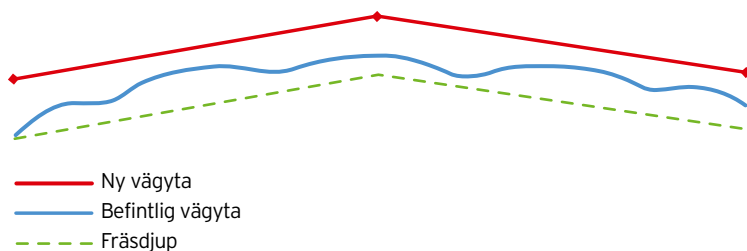
Åtgärda tvärfall - öka trafiksäkerheten och livslängden

Att en väg har rätt tvärfall är avgörande inte bara för trafiksäkerheten utan också för vägens livslängd:

- ⊙ I kurvor riskerar fordon att åka av vägen ifall vägens tvärfall inte är tillräckligt bra. Risken ökar ifall friktionen är dålig, exempelvis på vintern vid halt väglag.
- ⊙ Fordon riskerar att få sladd om det finns stillastående vatten på vägbanan. Vatten ansamlas om tvärfallet är dåligt. Risken ökar om spår djupen är höga och om det dåliga partiet inte ligger i en upp- eller nerförsbacke.
- ⊙ Vägens livslängd reduceras om regnvatten inte kan rinna av från vägytan och ledas bort.

En vägytemätning ger svar på var längs sträckan och hur mycket tvärfallet behöver förbättras.

Även i detta fall finns det datorprogram som hjälper till att skapa en bra lösning. Vägens befintliga tvärprofiler används då som grund för att projektera ett nytt tvärfall, samtidigt som de förväntade mängderna asfalt och fräsmassor beräknas. Med denna metodik skapas förutsättningar för en hållbar lösning där vägens dåliga partier åtgärdas till en känd kostnad.



Identifiera partier med dålig bärighet

Med vägytedata kan data längs sträckan jämföras. På så sätt är det relativt enkelt att identifiera partier som eventuellt är sämre. Vid ett normalt slitage ökar spår djupet oftast i en jämn takt och de långsgående ojämnheter blir något mer omfattande. Om det finns partier längs sträckan som har problem med dålig bärighet, syns detta för det mesta tydligt då den årliga tillväxten av ojämnheter är större.

Bristande bärighet yttrar sig vanligen i form av höga spår djup, större långsgående ojämnheter och sprucken beläggning.

Orsakerna till bärighetsproblem är många gånger en kombination av flera faktorer. Vägytedata ger här en bra hjälp på vägen till att förstå omfattningen av bärighetsproblemen och var längs sträckan dessa finns. Med detta som grund kan beslut tas ifall kompletterande mätningar och undersökningar är nödvändiga inför ett förstärkningsarbete.

10 Att använda vägytedata för att följa upp beläggningsarbete

Idag används regelbundet vägytemätningar för att kontrollera beläggningsåtgärder och följa upp entreprenader med funktionskrav. Kravgränser för vägytemått finns angivna i Trafikverkets kravdokument, TRVKB Bitumenbundna lager. Utöver detta kan det även ställas krav i dokument som är specifika för det aktuella projektet.

Vid kontroll är det viktigt att komma ihåg skillnaderna mellan mått från vägytemätningar jämfört med mätning med enklare metoder, exempelvis rätskena:

Vägytemätningar	Enklare metod (rätskena)
Svårt att återfinna ute på vägytan	Kan återfinnas ute på vägytan
Komplexa beräkningsalgoritmer Medelvärdesbildade värden	Konkreta punkter uppmätta
Kontinuerlig mätning - slumpen har ingen betydelse	Stickprov - slumpen har betydelse
Såväl geometriska som abstrakta tal	Tydliga geometriska enheter

Tidpunkten för kontrollmätningen är av betydelse. Om det har flutit alltför lång tid mellan färdigställandet och kontrollen kan vägytans jämnhet ha påverkats av omständigheter utanför entreprenaden, som trafiklast och klimatförhållanden. Därför bör kontrollen ske så fort som möjligt efter åtgärd.

Krav vid olika entreprenadformer

För att utföraren ska klara de ställda kraven är det viktigt att dessa är anpassade till det specifika projektets upphandlingsform och förutsättningar. Vid funktions- och totalentreprenader finns det oftast större möjligheter att optimera lösningen och på så sätt påverka det slutliga resultatet.



Faktorer som kan påverkas vid olika entreprenadformer är:

Entreprenadform	Massaåtgång	Åtgärdsmetod	Utförandekvalitet
Funktionsentreprenad	x	x	x
Totalentreprenad	x	x	x
Utförandeentreprenad			x

Vid upphandling av en total- eller funktionsentreprenad är en avgörande förutsättning att anbudslämnaren har tillgång till detaljerad information om den befintliga belaggningsen. Det handlar om åtgärds-historik, långsgående jämnhet (IRI), spår djup och tvärfall. Först då har anbudslämnaren möjlighet att föreslå metoder och mängder som lever upp till ställda krav.

Som beställare bör man vara medveten om att man betalar för den kvalitet man beställer. Detta är särskilt viktigt vid funktions- och totalentreprenader där en från början dålig väg kräver mer omfattande åtgärder än en väg som är i gott skick. Med samma funktionskrav blir sannolikt den dåliga vägen då betydligt dyrare att återställa i bra skick.

Krav vid nybyggnation och underhåll

Kravställningen i ett projekt bör ta hänsyn till om det är en ny väg som ska byggas eller det endast är fråga om en enkel underhållsbeläggning. Det slutliga resultatet är nämligen starkt beroende av vägsträckans tillstånd innan åtgärden påbörjas.

Nybyggnation

Kraven vid en nybyggnation kan generellt ställas på samma sätt vid alla projekt. Eftersom utföraren bygger vägen från grunden har denne möjlighet att påverka jämnheten redan från första spadtaget och därmed skapa förutsättningar för en bra jämnhet och geometri. Vid nybyggnation finns också möjligheten att ställa krav på flera

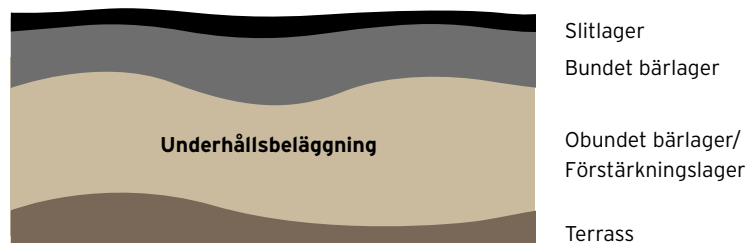


beläggningslager i konstruktionen, t ex bindlager och slitlager. För att ett ovanliggande lager ska få en bra jämnhet krävs det att lagren under har en god jämnhet. Detta gäller i såväl längsled som i tvärled. Även om underliggande lager är helt plant kommer det dock alltid att finnas ojämnheter i vägytan på grund av brister i utförandet.

Underhållsbeläggning

Att ställa krav på en underhållsbeläggning är svårare. Som nämnts ovan är det slutliga resultatet en kombination av flera faktorer:

Resultat = Befintlig vägyttestandard + Åtgärdsmetod + Massåtgång + Utförandekvalitet



Eftersom underhållsbeläggningar vanligtvis upphandlas som utförandeentreprenad blir utförandekvaliteten det enda som asfaltentreprenören kan påverka. I ett sådant läge är det av största vikt att beställaren har valt åtgärdsmetod och massa på sätt som gör kraven möjliga att uppfylla. För att kunna göra detta är det lämpligt att studera befintlig vägytedata noggrant. Till hjälp finns även tidigare nämnda datorprogram som simulerar vald åtgärd och räknar ut IRI-värden.

Parametrar och noggrannhet

Kontroll av beläggningsåtgärder genomförs enligt Trafikverkets metodbeskrivning för objektmätning. Denna metodbeskrivning säkerställer att utrustningarna som används uppfyller kvalitetskrav, men också att den genomförda mätningen är tillförlitlig.

Enligt metodbeskrivningen ska kontroll av beläggningsåtgärder utföras med minst tre upprepade mätöverfarter vid kontrolltillfället. Av dessa värden bildas sedan ett medianvärde som redovisas i mätrapporten. Därmed förkastas extremvärden och liknande samtidigt som risken för att felaktiga värden används minimeras. De tre mätningarna ska också uppfylla repeterbarhetskrav. Om någon mätning har blivit mindre bra måste alltså en fjärde mätning genomföras vilken sedan kontrolleras mot de två övriga.

Vid en diskussion om noggrannhet är det viktigt att skilja på utrustningens (mättonens) noggrannhet och möjligheten att upprepa mätvärdet (reperterbarhet):

Noggrannheten för utrustningens mätton är 0.1 mm. Skillnaden vid upprepade mätningar är i de flesta fall < 0.1 mm/m för IRI, < 0.2 mm för spår djup och < 0.1 % för tvärfall.

Det finns ett flertal parametrar som kan mätas vid vägytemätning, men traditionellt är det endast tre stycken som det ställs krav på:

Parameter	Jämnhet i längsled	Jämnhet i tvärled	Tvärfall
Mätstorhet	IRI	Spår 17/15	
Enhet	mm/m	mm	%
Presentationslängd	20 m	20 m	1 m

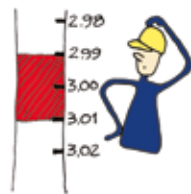
För jämnhet i längsled och tvärled ställs även krav på medelvärden över 400 meter. Det är viktigt att påpeka att de krav som finns idag är anpassade efter de presentationslängder som anges ovan. Om presentationslängden minskas kan inte samma krav användas eftersom fler extremvärden då finns med i redovisningen.

Makrotextur är en parameter som också kan användas för att styra utförandet mot en bättre kvalitet. Med denna parameter finns potential att bedöma den nya asfaltytans struktur vilket skulle resultera i mer homogena och beständiga beläggningar.

Tolkning och bedömning av underkända värden

Trots ett fullgott beläggningsarbete förekommer det ofta några underkända värden. De kan givetvis förklaras med att utföraren har gjort ett mindre bra arbete på ett kortare avsnitt. Men de kan också bero på faktorer som är svåra att påverka. Om projektet är en nybyggnation eller en underhållsbeläggning är också avgörande för hur underkända värden ska bedömas.

Beställare och utförare bör alltid ha en diskussion kring mätrapporten och försöka göra en bedömning av varför underkända värden har uppkommit.



⊙ Tvärgående beläggningsskarvar

Att få en jämn yta över en tvärgående skarv är ofta svårt och risken finns att skarven resulterar i ett förhöjt IRI-värde. I värsta fall ligger det över kravgränsen. Många gånger är det dock inte den korta skarven som ensam åstadkommer det förhöjda IRI-värdet. Det är istället en samverkan av ojämnheter både innan och efter skarven. Dessa ojämnheter uppkommer naturligt vid avslut och början av ett beläggningsslager. Tvärgående skarvar förekommer både på underhållsbeläggningar och vid nybyggnation.

⊙ Broar och andra konstruktioner

Då underliggande lager övergår från en konstruktion till en annan, exempelvis vid broar, ökar risken för att längsgående ojämnheter ska uppstå. Dessa kan även bli värre med tiden då de olika konstruktionerna rör sig olika och på så sätt skapar ännu större ojämnheter. Här är det viktigt att skilja på underhållsbeläggningar och nybyggnation. Vid en underhållsbeläggning har utföraren svårt att åtgärda större ojämnheter kring en brokonstruktion. Vid nybyggnation har oftast utföraren byggt hela konstruktionen från början och haft chansen att påverka jämnheten.

⊙ Andra tvärgående ojämnheter

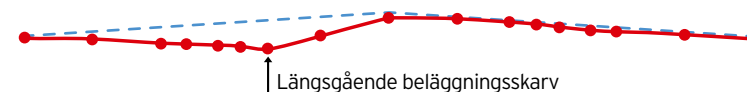
Ojämnheter i tvärlängd kan förekomma även utan längsgående skarvar. Trafikbelastningen på en ny beläggning har i de flesta fall inte varit så stor ifall mätning har skett inom rimlig tid efter färdigställandet. De ojämnheter som förekommer ser oftast inte ut som spår. Istället beror ojämnheterna många gånger på att asfaltläggaren varit fel inställd och på så sätt åstadkommit någon form av ojämnheter. En relativt vanlig förekommande ojämnheter är en konkav profil som visas i bilden nedan, ofta kallad "hängmatta" eller "bassäng".



Det omvända kan också förekomma. Då är profilen konvex och kallas för "paraply". Observera att det beräknade värdet från en sådan profil inte blir så stort på grund av den beräkningsmetodik som används (trådprincipen).

⊙ Längsgående beläggningsskarvar

Att ha längsgående skarvar i körfält bör undvikas så långt det går. I de fall det förekommer är risken stor att värdena för ojämnheter i tvärlängd blir underkända. Hur stor inverkan den längsgående skarven har är lite slumpartat. För att mätvärdet ska bli så nära det verkliga värdet som möjligt krävs det nämligen att en mätpunkt träffar nära eller i skarven.



⊙ Andra längsgående ojämnheter

Underkända IRI-värden kan alltså också bero på ojämnheter i underliggande lager. Detta är framförallt vanligt vid underhållsbeläggningar där utföraren är beroende av vägens jämnhet innan åtgärden påbörjas. Som nämnts tidigare finns det datorprogram som kan simulera IRI-värden för vald åtgärdsmetod och beläggningstjocklek. Med hjälp av denna simulering kan beställare och utförare tillsammans bedöma om de underkända värdena sammanfaller med resultatet från simuleringen. Vid nybyggnation har utföraren själv haft möjlighet att påverka jämnheten på underliggande lager och därmed kunnat säkerställa bra IRI-värden.

Situationer och företeelser som kan påverka mätvärdena

Ibland händer det att felaktiga eller konstiga mätvärden redovisas i mätrapporten. Ofta finns det i sådana fall en kommentar om att specifika värden eventuellt inte ska användas.

⊙ Smuts på vägytan

Mätning bör alltid ske på en yta som är sopad så tätt inpå mätningen som möjligt. Ibland är detta inte praktiskt möjligt, t ex kan det komma smuts från åkermaskiner o dyl bara timmar innan mätningen. Hur stor inverkan smutsen har på mätvärdena måste bedömas från fall till fall, men oavsett bör förekomsten av smuts alltid noteras i mätrapporten.

⊙ Vägmarkering och kantsten

I smala körfält finns det risk för att någon mätpunkt träffar vägmarkeringen. Detta inverkar på beräkningen av jämnhet i tvärled så att värdet blir högre. För att inte riskera bötfälla utföraren i dessa fall finns regler kring hur smalt ett körfält får vara innan måtbredden ska minskas. Vanligtvis tillämpas följande regler:

Körfältsbredd	Antal mätpunkter	Måtbredd
≥ 3.50 m	17	3.20 m
< 3.50 m	15	2.60 m

Liknande felaktighet inträffar då en mätpunkt träffar en kantsten. I detta fall syns det väldigt tydligt på mätvärdet och sådana värden bör inte redovisas i mätrapporten.

⊙ Cirkulationsplatser

Mätvärden i en cirkulationsplats kan förvisso vara korrekta, men det bör ändå noteras i mätrapporten vilka värden som tillhör cirkulationsplatsen. I framförallt små cirkulationer är lutningarna på körytan anpassade efter radien och omkringliggande delar. Det tenderar snarare att tillföras ojämnheter i övergången mellan vägbana och cirkulationsplats. Dessutom finns ofta både längs- och tvärgående beläggningsskarvar vilket ytterligare förstärker ojämnheter.

Rekommenderad fördjupning

Bedömd vägojämnhets på vägar med låga IRI-värden.

Dahlstedt, 2001. VTI notat 474-2001

Establishing correlation and a calibration standard for measurements.

The International Road Roughness Experiment.

Sayers et al, 1986-1 - Sayers, Gillespie, Querioz, World Bank technical paper no 45, The World Bank, Washington DC, 1986

Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements.

Sayers et al, 1986-2 - Sayers, Gillespie, Paterson World Bank technical paper no 45, The World Bank, Washington DC, 1986

Everything you always wanted to know about the IRI but were afraid to ask!

Gillespie, 1992. Road Profile Users Group 1992, Nebraska

Trafikanteffektmodeller - inverkan av spårdjup på trafiksäkerhet.

Ihs, 2011.VTI-rapport R731A

Vägytans makrotextur och dess variation - vägytemätning med mätbil.

Ihs, Lundberg m fl, 2011. VTI-notat N5-2011

Trafikanternas krav på vägars tillstånd. Ihs, 2011.

VTI-rapport R702

Kontrollmetod för nya beläggningar.

Lundberg m fl, 2012. VTI-notat N35-2012

Svenska vägtillståndsmått då, nu och i morgon - del 1: Då - år 1987-2005.

Sjögren, Lundberg, 2013. VTI-rapport R717

Svenska vägtillståndsmått då, nu och i morgon - del 2:

Nu - år 2005-2009.

Sjögren, Lundberg, 2011. VTI-rapport R718

Åtgärder och ojämnheter.

Scandiaconsult, 2001

Statliga belagda vägar. Tillståndet på vägytan och i vägkroppen, effekter och kostnader.

Öberg, 2001. VTI notat 44-2001

The Little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles.

Sayers&Karamihas, 1998. University of Michigan.

Normer och föreskrifter

Tillgängliga från Trafikverkets hemsida, trafikverket.se:

Vägytemätning med mätbil; vägnätsmätning.

VVMB 121.Publikation 2009:78

Vägytemätning med mätbil; objektmätning.

VVMB 122.Publikation 2009:79

Vägytemätning.Mätstorheter.

TRVMB 150, Preliminär 2014-02-13 (fastställs under 2014 och ersätter VVMB 121 och VVMB 122)

Vägytemätning.Vägnät.

TRVMB 151, Preliminär 2014-02-13 (fastställs under 2014 och ersätter VVMB 121)

Vägytemätning.Objekt.

TRVMB 152, Preliminär 2014-02-13 (fastställs under 2014 och ersätter VVMB 122)

Underhållsstandard belagd väg 2011,

Publikationsnummer 2012:074

TRVKB 10 Bitumenbundna lager. Trafikverkets Krav Beskrivningstexter för Bitumenbundna lager i vägkonstruktioner.

Publikationsnummer TRV 2011:082

Vägar och gators utformning.

VGU. Regelverk på hemsidan

Ytegenskaper för vägar och flygfält -Provningmetoder.

Bestämning av tvärgående ojämnhetsindex.

SS-EN 13036-8:2008.

Bestämning av medelprofildjup,

MPD. SS-EN ISO 13473-1

Tillgängliga datorstöd

PMSv3

Visning av all data från vägytemätning och beläggningsinformation.

Tillgänglig på Trafikverkets hemsida: <https://pmsv3.trafikverket.se>

Proval

Analys av längsprofiler. FWHA Tillgänglig via <http://www.roadprofile.com/>

Pave design

Fyll och fräsprojektering. Geometrisk projektering av beläggningsåtgärder utifrån vägytemätning. Ramböll. Information erhålls via inforst@ramboll.se

Pave Select

Analys av ojämnheter utifrån vägytemätning. Simulering av vilken jämnhetsindex som erhålls efter en beläggningsåtgärd. Ramböll. Information erhålls via inforst@ramboll.se

Fyll och fräs

Geometrisk projektering av beläggningsåtgärder utifrån vägytemätning. Vectura.

