SBUF

ID: 12967

Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2, tillståndsutveckling, mätfel och risker

Vägytemätning med mätbil

Thomas Lundberg, VTI

Olle Eriksson, VTI

Christian Glantz, Ramböll

SBUF stödjer
forskning & utveckling
som leder till
praktisk handling

n \ Generale \ Ogólna \ Sisäinen \ Generell \ Generell \ Důvěrné

VTI rapport 1018
Utgivningsår 2019
www.vti.se/publikationer

Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2, tillståndsutveckling, mätfel och risker

Vägytemätning med mätbil

Thomas Lundberg
Olle Eriksson
Christian Glantz

VTI rapport 1018

Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2, tillståndsutveckling, mätfel och risker

Vägytemätning med mätbil

Thomas Lundberg

Olle Eriksson

Christian Glantz

Författare: Thomas Lundberg, (VTI)
Olle Eriksson, (VTI)
Christian Glantz, (Ramböll)
Diarienummer: 2019/0061-9.1
Publikation: VTI rapport 1018
Omslagsbilder: Thomas Lundberg, VTI och Hejdlösa Bilder AB
Utgiven av VTI, 2019

Referat

Trafikverket har som mål att öka antalet totalentreprenader. För att få en fungerande kontrollapparat kring entreprenaderna krävs metoder för att verifiera att ställda krav uppfylls under vägens garantitid. I denna undersökning riktar vi in oss på funktionella krav som ställs vid totalentreprenader och som kan kontrolleras med vägytemätning.

Rapporten belyser mätfel vid objektmätning (kontrollmätning). Mätfelet delas upp i olika komponenter: slumpmässiga, systematiska och variation mellan olika leverantörer. Även riskbedömning berörs där beräkningar av risken för felbedömning av en sträcka presenteras.

Slutligen presenteras hur jämnheten vid anläggningen av en entreprenad påverkar vägens framtida tillståndsutveckling och vilka initialvärden vi kan förvänta oss på en totalentreprenad och underhållsbeläggning. Vi ser att en väg med god jämnhet längs och tvärs färdriktningen ger lägre utvecklingstakt under beläggningens livslängd.

Titel:	Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2, tillståndsutveckling, mätfel och risker Vägytemätning med mätbil
Författare:	Thomas Lundberg (VTI, www.orcid.org/0000-0002-9893-0067) Olle Eriksson (VTI, www.orcid.org/0000-0002-5306-2753 Christian Glantz (Ramböll)
Utgivare:	VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 1018
Utgivningsår:	2019
VTI:s diarienr:	2019/0061-9.1
ISSN:	0347-6030
Projektnamn:	Funktionsåtagande vägyta
Uppdragsgivare:	Trafikverket och SBUF
Nyckelord:	Totalentreprenad, funktionella krav, vägytemätning, IRI, spårdjup, mätfel, riskbedömning
Språk:	Svenska
Antal sidor:	121

Abstract

The Swedish Transport Administration aims to increase the number of design build contracts. To get a functioning control device around the contracts, well defined requirements must be set for the warranty period of the road. In this survey we focus on functional requirements that are set for design build contracts and which can be checked by means of a road surface testing.

In the report, measurement errors are highlighted in object measurement (control measurement). The measurement error is divided into different components: random, systematic and variation between different suppliers. Risk assessment is also discussed where calculations of the risk of error assessment of a section are presented.

Finally, it is presented how the results of the condition (evenness) affect the future development of the road and what initial values we can expect from a design build contract and maintenance work. We see that a road of good evenness, longitudinally and transversally, gives a lower development rate during the life of the road.

Title:	Control and follow-up of contracts - part 2, condition development, measurement errors and risks Road surface measurement
Author:	Thomas Lundberg (VTI, www.orcid.org/0000-0002-9893-0067) Olle Eriksson (VTI, www.orcid.org/0000-0002-5306-2753 Christian Glantz (Ramböll)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 1018
Published:	2019
Reg. No., VTI:	2019/0061-9.1
ISSN:	0347-6030
Project:	Functional testing of road surface
Commissioned by:	Swedish Transport Administration and SBUF
Keywords:	Design build contract, road surface measurement, IRI, rut depth, measurement error, risk assessment, functional requirements
Language:	Swedish
No. of pages:	121

Förord

Detta projekt är finansierat av Trafikverket, SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond) och VTI. Trafikverket finansierar projektet via branschprogrammet BVFF (Bana Väg För Framtiden) och SBUF medfinansierar med NCC som ansvarig projektledare för sin del. Projektet drivs med Ramböll Sverige AB som konsult till VTI. Från NCC är Jonas Ekblad delaktig i projektet och från Trafikverket deltar Fredrik Lindström och Henrik Hamrin. De har gett mycket värdefull input till arbetet.

Inom VTI har Olle Eriksson arbetat med mätnoggrannhet och riskbedömning. Christian Glantz från Ramböll har försett projektet med värdefulla data från entreprenader och sammanställt resultat från mätningar utförda på totalentreprenader och underhållsobjekt.

Linköping, juni 2019

Thomas Lundberg
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 14 februari 2019 av Anita Ihs. Thomas Lundberg har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Leif Sjögren har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 3 juni 2019. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

Internal peer review was performed on 14 February 2019 by Anita Ihs. Thomas Lundberg has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Leif Sjögren examined and approved the report for publication on 3 June 2019. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning **9**

Summary **11**

1. Inledning **13**

2. Begrepp **15**

3. Syfte **18**

4. Avgränsning **19**

5. Metod **20**

6. Mätnoggrannhet – riskbedömning **21**

6.1. Mätfel 21
6.1.1. Slumpmässiga fel 21
6.1.2. Systematiska fel 21
6.1.3. Variation inom och mellan leverantörer 22
6.2. Risk för felbedömning vid kontroll 23
6.2.1. Kort metodbeskrivning 23
6.3. Alternativa beräkningar 24
6.3.1. Ny skattning av slumpmässigt fel 24
6.3.2. Ett eller tre drag 25
6.3.3. Utjämning av systematiskt fel 26
6.4. Slutsatser och rekommendationer 26

7. Tillståndsutveckling för nya beläggningar **28**

8. Initialvärdets betydelse för tillståndsutveckling på nya beläggningar **31**

8.1. Beroende mellan skattningarna av startvärde och lutning 31
8.2. Spår- och jämnhetsutveckling som funktion av initialt värde 38
8.2.1. Initialvärdets betydelse för den årliga tillväxten av IRI 40
8.2.2. Initialvärdets betydelse för den årliga tillväxten av spårdjup 44
8.2.3. Förväntad utvecklingstakt vid bra initialt tillstånd i olika ÅDT-klasser 47

9. Initialvärden för nya beläggningar **50**

9.1. Initialvärden beräknat från vägnätsmätning 50
9.1.1. ABS 50
9.1.2. ABT 52
9.1.3. Ytbehandlingar 54
9.2. Initialvärden från underhållsobjekt 58
9.3. Initialvärden från investeringsobjekt 61

10. Livslängd och restvärde vid överlämnande av entreprenad **64**

11. Sammanfattning av slutsatser och rekommendationer **69**

12. Fortsatt forskning och utveckling kring kontrollmetoder **71**

Referenser **73**

Bilaga 1. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ABS **75**

Bilaga 2. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ABT **83**

Bilaga 3. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ytbehandlingar **87**

Bilaga 4. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ABS **91**

Bilaga 5. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ABT 99
Bilaga 6. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ytbehandlingar 103
Bilaga 7. Initialvärden från vägnätsmätning 107
Bilaga 8. Årlig tillväxttakt för sträckor med initialvärden som motsvarar de krav som normalt ställs vid en entreprenad, data från vägnätsmätning 119

Sammanfattning

Kontroll och uppföljning av entreprenader – del 2, tillståndsutveckling, mätfel och risker. Vägytemätning med mätbil

av Thomas Lundberg (VTI), Olle Eriksson (VTI) och Christian Glantz (Ramböll)

Denna rapport sammanfattar mätning på framförallt totalentreprenader. De metoder och krav som behandlas gäller de som används vid vägytemätning med mätbil. Rapporten berör mätfel och risker för feltolkning av resultat vid kontroll av krav. De uppgifter avseende entreprenader som tagits fram kommer främst från Trafikverkets regelverk och tekniska dokument. Vidare är syftet med rapporten att ge ökad kunskap om vilka förväntningar man kan ha vid kontroll och uppföljning av entreprenader.

De mätstorheter som vanligen kontrolleras i totalentreprenader är jämnhet i längs- och tvärled. Mätstorheterna beskrivs av måtten IRI (International Roughness Index) för den längsgående jämnheten och spårdjup för den tvärgående. Tvärfallsavvikelse är också en egenskap som kontrolleras, men inte lika frekvent som jämnhet.

I rapporten undersöks risker och sannolikheter för att en vägsträcka ska bli underkänd som egentligen har en godkänd jämnhet och vice versa. Resultaten tyder på att det är mycket låg sannolikhet (för den mätleverantör som beräkningarna baseras på) att underkänna en sträcka som egentligen är godkänd och något högre sannolikhet (spår 2–3 %, IRI 4 ‰) för det motsatta, dvs. att godkänna en sträcka som egentligen är underkänd. Undersökningen visar att mätningarna är noggranna och tekniken väl anpassad för sitt ändamål.

Vidare visas att väl utförda anläggningsarbeten med bra jämnhet i initialskedet ger positiva effekter för vägens framtida jämnhetsutveckling. Om de krav som ställs i entreprenader uppfylls är sannolikheten större att vägen håller under sin projekterade livslängd.

För att orientera läsaren om vilka resultat och vilken spridning som kan förväntas vid underhållsbeläggning och totalentreprenader finns en sammanfattning gjord för den initiala jämnheten. Här har tre olika datakällor sammanställts: data från de övergripande vägnätsmätningarna, data från objektmätning på underhållsobjekt och slutligen data från objektmätning på investeringsobjekt. Vi ser att den initiala jämnheten i längsled, IRI, är lägre vid totalentreprenader i jämförelse med underhållsbeläggning men likvärdigt mellan de olika entreprenadstyperna för jämnhet i tvärled. Det beror troligen på vilka grundförutsättningar som finns vid ett investerings- och underhållsobjekt. Slitlagret på ett investeringsobjekt har sin bas på en projekterad yta vilket inte alltid är fallet vid ett underhållsobjekt. En god jämnhet i tvärled kan enklare åstadkommas på en ej projekterad sträcka än en god jämnhet i längsled.

Summary

Control and follow-up of contracts - Part 2, condition development, measurement errors and risks. Road surface measurement with measuring vehicle

by Thomas Lundberg (VTI), Olle Eriksson (VTI) and Christian Glantz (Ramböll)

This report summarizes measurement on mainly design build contracts. The methods and requirements that are dealt with mainly apply to those used in road surface measurement with a road survey vehicle. The report concerns measurement errors and risks of misinterpretation of results when checking requirements. The information that has been produced comes primarily from the Swedish Transport Administration's regulations and technical documents relating to contracts. Furthermore, the purpose of the report is to provide increased knowledge of what expectations can be regarding control and follow-up of contracts.

The measurements commonly used in design build contracts are longitudinal and transverse evenness. The measures are described by the IRI (International Roughness Index) measurement for the longitudinal evenness and rut depth for the transverse. Crossfall deviations from projected crossfall is also a property that is checked, but not as frequently as evenness.

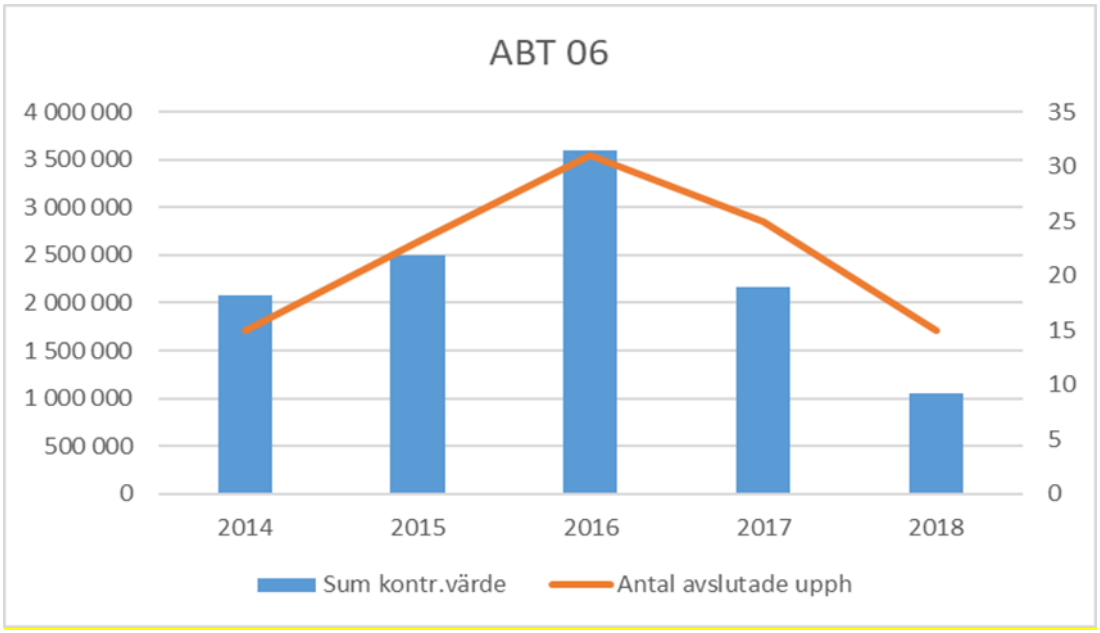
The report deals with the risks and likelihood of a client and contractor to get demands of a control failing that actually has an approved evenness and vice versa. There are very low probabilities (for the specific supplier on whose calculations are based) to reject a section that is actually approved and slightly higher probability (rut depth 2-3%, IRI 4‰) for the opposite, to approve a section that is actually not approved. The study shows that the measurements are accurate, and the technique well adapted for its purpose.

Furthermore, well-executed construction work with good smoothness at the initial stage gives positive effects on the development of the road's future evenness. If the requirements used in contracts are met, the likelihood is greater that the road will last for its projected lifespan.

In order to inform the reader about the results and distribution that can be expected in maintenance and design build contracts, a summary is made for the initial condition. Here, three different data sources have been compiled: data from the overall road network measurements, data from project level measurement from maintenance project objects and finally data from project level measurement from investment objects. We see that the initial longitudinal evenness, IRI, is lower on design build contracts compared with maintenance coatings, but equally for the transverse evenness (rut depth). This is probably due to the basic prerequisites of an investment and maintenance object. The top surface of an investment object is based on a projected road profile, which is not always the case with a maintenance object. A good evenness in the transverse direction can be more easily achieved in a non-projected section than a good evenness in the longitudinal direction.

1. Inledning

Vägsektorns nyinvesteringar och underhåll har bakåt i tiden präglats av detaljerade krav där entreprenören har haft små friheter att välja lösningar och material. Trafikverket har som målsättning att renodla sin beställarroll och öka antalet totalentreprenader. Totalentreprenader kan genomföras med olika förutsättningar och de kan användas för såväl underhåll som investering. Det gemensamma i entreprenaden är att funktionskrav reglerar slutresultatet vilket ger en större frihet för entreprenören att både välja och konkurrera med egna lösningar. Man nämner ofta att totalentreprenader främjar innovationer. Kvalitet är också något som diskuteras i samband med totalentreprenader, entreprenörens egenkontroll blir viktig redan i byggskedet för att ge sig själv en möjlighet att klara funktionskraven. Två andra viktiga aspekter för byggandet är tidsplanering och budgethållning, som entreprenören också styr över på egen hand. I totalentreprenaderna använder man också incitament för att motivera entreprenören till att få lägre kostnader för arbetet genom att utföra ett extra bra arbete (jämn vägyta med homogen struktur) i syfte att erhålla bonus, bli färdig med objektet före angivet slutdatum eller att få en totalkostnad under angiven budget. Allt detta kommer både Trafikverket och vägens brukare till nytta. Incitamentsstyrningen är tänkt att bidra till nyttan för samhället.



Figur 1 Antal avslutade totalentreprenader 2014–2018 (okt) inom investering. Summa kontraktsvärde i tkr. Källa Trafikverket.

Det är ingen tydlig trend att antalet stora totalentreprenader (25–500 mkr) ökar inom Trafikverket. Åren 2014 till 2016 ökade antalet totalentreprenader och kontraktssumman relativt mycket för att avta 2017. Siffrorna för 2018 är hittills inte fullständiga då redovisningen avser t.o.m. oktober.

Idag används framförallt enkla indikatorer eller mätstorheter (första ordningens indikatorer) som funktionskrav. Vanligt är att använda spårdjup och IRI (International Roughness Index) för att kontrollera ytans jämnhet i tvär- och längsled. Det är väl inarbetade indikatorer som avgör ytans kvalitet men som skulle behöva kompletteras med en objektiv indikator för ytans struktur, t.ex. sprickor och ytskador. En homogen och ”lagom” struktur är viktig ur säkerhets- och beständighets-synpunkt. Ur livscykelperspektiv och med tanke på vägens totala påverkan på samhället skulle andra ordningens indikatorer behöva definieras och värderas. Med andra ordningens indikatorer menar vi t.ex. indikatorer för miljö (buller, luftkvalitet, partiklar, rullmotstånd), säkerhet, komfort och beständighet. Dagens krav är till största del riktade mot beständighet.

Detta är den andra av tre rapporter som är planerad inom detta projekt. Denna rapport belyser framförallt mätnoggrannhet, mätfel, initialtillstånd och tillståndsutveckling. Rapport tre kommer att

vara inriktad på hur nya metoder och krav för totalentreprenader kan baseras utifrån vägytemätning samt utformning av rådstexter för kravsättning och slutligen vill vi beskriva hur en metod för genomförbarhetskontroll av ett kontrakt kan och bör göras vid en totalentreprenad.

2. Begrepp

Begrepp	Förklaring
ABS	Asfaltbetong stenrik, högkvalitativ beläggning som främst används på det högtrafikerade vägnätet.
ABT	Asfaltbetong tät, en vanlig beläggningstyp på det medeltrafikerade vägnätet.
Beställare (entreprenör, kommunal, statlig väghållare)	Beställare är ett generellt begrepp för den organisation som är ägare eller förvaltare av anläggningen där entreprenaden ska utföras. Trafikverket är förvaltare av det statliga vägnätet, kommunerna förvaltar det kommunala vägnätet och en entreprenör kan vara förvaltare av totalentreprenad med drift- och underhållsansvar.
Funktionskrav	Ett funktionellt krav som t.ex. kan spegla vägens funktion och användarens upplevelse.
Garantibesiktning	En besiktning med syftet att undersöka vilka fel och brister som uppkommit under garantitiden. Beställaren påkallar garantibesiktningen som måste utföras innan garantitidens utgång.
Garantitid	Tiden mellan godkänd slutbesiktning och garantitidens slutpunkt.
IM, IMT	Indränkt makadam, en beläggningstyp som används på det lågtrafikerade vägnätet, finns i flera olika varianter, t.ex. IMT som är en tät variant. Metoden har en förstärkande effekt till skillnad från ytbehandling.
Investeringsobjekt	En nybyggd vägsträcka eller en vägsträcka som genomgått en större ombyggnad, t.ex. 2+1-väg.
IRI	International Roughness Index, ett mått på en vägs ojämnheter i längsled. Längsprofilen mäts i vänster och höger hjulspår vilket utgör grunden för att beräkna IRI V och IRI H. Normalt används höger hjulspår i kravställning. Om endast IRI nämns i en text menas normalt IRI H.
Megatextur	Ett mått på ojämnheter på vägen med ett våglängdsinnehåll mellan 50 mm och 500 mm. Megatextur är till viss del komfortrelaterat och mäts därför i hjulspåren.
Metodbeskrivning	Det gamla begreppet för skrift som beskriver en metod eller förfaringssätt, t.ex. mätmetod. VVMB (Vägverket Metodbeskrivning) XXX (löpnummer) benämndes skriften under tiden före Trafikverkets start. De flesta VVMB har översatts till TDOK (teknisk beskrivning) men inte alla. Äldre entreprenader hänvisar till den metodbeskrivning eller teknisk beskrivning som var aktuell när handlingarna skrevs.
MJOG	Mjukbitumenbundet grus med oljegrusgradering, en flexibel beläggningstyp med goda förmågor att uppta rörelser i vägkroppen. Metoden har en förstärkande effekt till skillnad från ytbehandling.
MPD	Mean Profile Depth, ett mått på vägytans makrotextur i våglängdsintervallet 0,5 mm till 50 mm. Måttet mäts i tre parallella spår, i hjulspåren och mellan hjulspåren och benämns MPD V, MPD M och MPD H.
Mätbil	Fordon utrustat med mätsystem för insamling av avsedda egenskaper.

Begrepp	Förklaring
Mätbredd	Avståndet mellan de yttersta använda mätpunkterna i tvärled för ett mätsystem.
Mätfel	Mätvärdets avvikelse från det sanna värdet. Mätfelet består av mätningens noggrannhet och precision, förarens skicklighet och omständigheter vid mätning. Mätfelet kan exempelvis uttryckas som en standardavvikelse.
Mätkonsult	Den organisation eller det företag som utför vägytemätning. I förekommande fall avses den konsult som utför kontrollen av en entreprenad.
Mätnoggrannhet	Hög mätnoggrannhet avser här att uppmätta värden inklusive datahantering och positionering har små avvikelser mot målvärdet. Vid upprepade mätningar i en given situation innebär det att avvikelserna mellan enskilda värden är små samtidigt som avvikelsen mellan medelvärdet och målvärdet är liten.
Mätoperatör	En eller flera mätoperatörer sköter mätningen med mätbilen. Vid vägytemätning är det normalt två mätoperatörer, en som kör bilen och en annan som handhar mätsystemet.
Mätsystem	Utrustning ämnad för att samla in data. Mätsystemet består av sensorer som mäter avsedd egenskap och datorer för insamling och ev. bearbetning av data.
Mätöverfart	En mätning i en riktning på ett objekt eller delobjekt. Vid objektmätning utförs vanligen tre mätöverfarter för att beskriva tillståndet.
Objekt	Kan bestå av en eller flera delobjekt/platser. Ett större investeringsobjekt består normalt av, förutom av huvudvägen, anslutande vägar, ramper, lokalvägar etc. som tillsammans bildar objektet.
Objektmätning	Vägytemätning av ett objekt, delobjekt eller plats. Ofta med syfte att kontrollera utförd beläggningsåtgärd. Används för att kontrollera entreprenörens utförande på såväl underhålls- som investeringsobjekt. Jmf. med vägnätsmätning som avser ett större geografiskt område.
Plats/delobjekt	En del av ett objekt, t.ex. en väg, en ramp, cirkulationsplats eller anslutande väg.
Precision	En mätmetods eller mätsystems förmåga att leverera ett resultat med ett litet mätfel. Precision kan delas in i repeterbarhet och reproducerbarhet.
Repeterbarhet	Med repeterbarhet menas precisionen hos mätvärden som är bestämda på ett enhetligt sätt under lika betingelser.
Reproducerbarhet	Med reproducerbarhet menas precisionen hos mätvärden som är bestämda på ett enhetligt sätt men under olika betingelser.
Restvärde	Anläggningens värde efter garantitidens slut. Det finns ingen fastställd metod att mäta restvärde. En mätmetod kan vara tid till åtgärd.
Rätskiva	Rätskiva eller rätskena är en styv balk med viss förutbestämd längd som används för att bestämma storleken på ojämnheter hos vägytan. Mätmetoden är standardiserad i Europa, EN 13036–7 (CEN, 2003) och en alternativ metod finns hos Trafikverket (Trafikverket, 2014).
Sensor	En utrustning ämnad för att samla in en viss egenskap.

Begrepp	Förklaring
Slutbesiktning	Besiktning av ett åtgärdat eller nybyggt vägobjekt. Krav för entreprenaden stäms av.
Spårdjup	Vägens tvärprofil mäts normalt med 3,2 m mätbredd och med 17 diskreta punkter. Spårdjupet beräknas utifrån tvärprofilen. Ett brett körfält (> 3,5 m) beräknas med alla tillgängliga mätpunkter Spår 17, medan mätbredden reduceras till 2,6 m för smala körfält, Spår 15.
TB mall	Dokument ”TB mall” är en mall med krav- och rådstexter. Den är avsedd som underlag och vägledning för framtagande av en teknisk beskrivning (TB) vid totalentreprenad baserad på ABT 06.
Teknisk beskrivning	Det nya begreppet för skrift som beskriver en metod eller förfaringssätt, t.ex. mätmetod. TDOK XXX (löpnummer) benämns skrifterna.
Totalentreprenad	En entreprenadform där utföraren väljer teknisk lösning som ska uppfylla funktionella eller prestandakrav som ställs av beställaren. Utformningen av kraven avgör hur styrd entreprenaden är. En entreprenadform som ska främja innovationer och nya smarta lösningar.
Trafikpåsläpp	Det ögonblick då trafiken släpps på efter t.ex. ett beläggningsarbete. Hela entreprenaden behöver inte vara klar men så pass färdig att den kan trafikeras. Ett underhållsobjekt brukar börja trafikeras succesivt varefter beläggningsarbetet är klart medan ett investeringsobjekt brukar färdigställas i sin helhet innan trafiken släpps på.
TSK	Tunnskiktsbeläggning kombination, en beläggningstyp som används på det högtrafikerade vägnätet. Har mycket likheter med ABS-beläggning men läggs i tunnare lager
Underhållsobjekt	En vägsträcka som genomgått en underhållsåtgärd.
Uppföljning / Uppföljande mätning	En mätning avsedd för att kontrollera tillståndet hos en entreprenad under garantitiden. Mätningen utförs på samma sätt som vid slutbesiktningen.
Vägnätsmätning	Nationellt mätprogram för vägytemätning av tillståndet på Sveriges statligt belagda vägnät. Handlas normalt upp i femårsperioder, där två leverantörer eftersträvas.
Vägytemätning	Mätning med mätbil. Vanligtvis delas mätningen upp i objektmätning och vägnätsmätning.
Y	Ytbehandling, man skiljer på YXG och YXB (X står för antal lager) där G innebär att ytbehandlingen är lagd på bärlager av grus och B för bundet bärlager (t.ex. ABT eller liknande). Ytbehandling används främst på lågtrafikerat vägnät och i vissa fall medeltrafikerat vägnät.

3. Syfte

Denna rapport går ut på att, med utgångspunkt från vägytemätning med mätbil, dels belysa de krav som ställs i framförallt totalentreprenader och dels belysa de kontrollmetoder som används för att verifiera att dessa krav är uppfyllda.

Syftet är att ge ökad kunskap till branschen om hur tillståndet på vägar utvecklas, dels nybyggda vägar men också vägar som just genomgått en underhållsåtgärd. Initialtillståndets betydelse för vägens framtida utveckling berörs också.

Genom att beskriva mätsystemens mätnoggrannhet vill vi beskriva risken, dels för entreprenören att bli underkänd vid en kontrollmätning där tillståndet egentligen är tillräckligt bra och dels risken för beställaren om tillståndet är över gränsvärdet men mätningen visar ett godkänt resultat.

Slutligen ska vi belysa en förenklad modell för att värdera en entreprenads förväntade tid till nästa underhållsåtgärd.

4. Avgränsning

I denna rapport avgränsar vi oss till att arbeta med de kontroller som är möjliga att göra med mätbil. Huvudfokus kommer att läggas på totalentreprenader med funktionskrav. Eftersom det inte finns någon samlad databas för mätningar på entreprenader i Sverige medför det att tillgången till data är begränsad. Viss analys görs därför från de övergripande vägnätsmätningarna även om noggrannheten i dessa mätningar är lägre och informationen om beläggningsåtgärder har vissa brister. Slutsatser från en stor mängd data kan dock uppväga vissa av bristerna.

5. Metod

Den kunskap som vi tar fram i detta projekt är baserad på en rad moment, från kunskapsinsamling till databearbetning och analys av relevanta datamängder. Vi delar in projektet i följande moment:

1. Statistisk analys av mätfel och sannolikheter för godkänt/underkänt resultat.
2. Analys av tillståndet på vägen då den är nybyggd.
3. Sammanställningar av initialvärden efter beläggningsåtgärd från olika datakällor (underhållsobjekt, totalentreprenad samt vägnätsmätning).
4. Förenklad värdering av restvärde.

6. Mätnoggrannhet – riskbedömning

6.1. Mätfel

6.1.1. Slumpmässiga fel

För bedömning av slumpmässiga mätfel används ett underlag från de mätningar som utfördes i samband med de tekniska testerna vid upphandling av vägytemätning år 2014. Det omfattar data från fyra leverantörer och 15 upprepningar i tre olika hastigheter över olika sträckor med en sammanlagd längd om 5 200 meter. Genom att se spridningen mellan de 15 upprepningarna får man en uppfattning om slumpmässiga fel hos respektive leverantör. Om man ansätter en modell där koefficienterna c och d beskriver hur standardavvikelsen s förändras med nivån m i en rätlinjig funktion $s = c + dm$ så får man följande skattade värden c och d.

Tabell 1 Skattade parametrar c och d i sambandet mellan nivå och standardavvikelse ($s = c + dm$) för fyra leverantörer.

Leverantör	**1**		**2**		**3**		**4**	
	c	*d*	*c*	*d*	*c*	*d*	*c*	*d*
RUT.15[1]	0,244	0,008	0,145	0,009	0,143	0,006	0,172	0,012
RUT.17	0,166	0,015	0,193	-0,001	0,142	0,004	0,201	0,001
IRI.V	0,038	0,014	0,031	0,018	0,007	0,033	0,038	0,009
IRI.H	0,017	0,019	0,027	0,018	0,014	0,027	0,033	0,010
MEGA.H	0,003	0,040	0,002	0,033	0,007	0,019	0,002	0,034
MPD.H	0,006	0,023	0,011	0,014	0,007	0,020	0,010	0,017

Storleken på de slumpmässiga felen växer i de allra flesta fall med nivån på Y. Man kan förstås överväga att inte tillåta negativt c eller d eller sätta andra begränsningar på tillåtna värden för c och d.

6.1.2. Systematiska fel

Om man, något förenklat, medelvärdesbildar data från de fyra leverantörerna och betraktar det som ett genomsnitt för de leverantörer som kan vara aktuella så kan detta genomsnittet också betraktas som en tänkt neutral leverantör, en mitt av de leverantör som är intressanta att jämföra. Genom att jämföra leverantörerna med varandra och med den neutrala leverantören får man en uppfattning om hur leverantörer avviker från varandra, alltså information om systematiska fel. När man granskar data ser man att en god representation uppnås genom att se en enskild leverantörs förväntade värde som en rätlinjig funktion av den neutrala leverantörens förväntade värde. Om Y är data från en leverantör och X den neutrala leverantören så skattas a och b i sambandet $Y = a + bX$. En leverantör som ligger nära mitten av leverantörer kommer att få a nära 0 och b nära 1. För de 4 leverantörerna och för olika vägytevariabler har vi följande beräknade värden av a och b.

Tabell 2 Skattade parametrar a och b för en leverantör Y som funktion av den neutrala leverantören X ($Y = a + bX$).

Leverantör	**1**		**2**		**3**		**4**	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
RUT.15	0,204	0,974	-0,092	1,035	-0,369	1,025	0,257	0,965
RUT.17	0,395	0,975	-0,009	1,007	-0,362	1,026	-0,024	0,992
IRI.V	0,009	0,994	0,009	0,992	-0,013	1,011	-0,004	1,003
IRI.H	0,016	0,991	-0,004	0,996	-0,024	1,011	0,012	1,002
MEGA.H	0,002	0,957	-0,009	0,956	0,009	1,101	-0,002	0,986
MPD.H	-0,018	1,030	0,024	0,950	-0,030	0,999	0,023	1,021

[1] RUT.15 innebär spårdjup beräknat med 2,6 m mätbredd. RUT.17 är spårdjup beräknat med 3,2 m mätbredd. MEGA innebär megatextur. V och H innebär att mätstorheten är mätt i vänster respektive och höger hjulspår.

Här finns fel i både X och Y. Medelfelet är större i Y för en enskild leverantör p.g.a. av färre observationer. Rent tekniskt har c och d (parametrar för slumpmässigt fel, se kapitel 6.1.1) skattats ut först och sen pluggats in vid skattning av a och b. Skattningsmetoden som valts här medger att X inte måste vara exakt medelvärdet av alla leverantörer för att bättre kunna ta hänsyn till de variationskällor och samband som anses föreligga i materialet.

6.1.3. Variation inom och mellan leverantörer

Den kombinerade informationen om slumpmässigt och systematiskt fel ger sammantaget information om variation inom och mellan leverantörer. Nedan visas information (skattad standardavvikelse) inom leverantörer samt mellan leverantörer för utvalda nivåer hos X. De utvalda nivåerna representerar en uppdelning med 10 värden från lägsta till högsta av de skattade X som finns i materialet för respektive vägytevariabel.

Tabell 3 Variation inom och mellan leverantörer, skattade standardavvikelser vid valda nivåer för vägytevariabler.

Nivå	SD inom 1	SD inom 2	SD inom 3	SD inom 4	SD mellan
RUT.15					
1,262	0,254	0,157	0,151	0,187	0,218
2,990	0,268	0,173	0,162	0,209	0,177
4,718	0,281	0,189	0,172	0,230	0,144
6,445	0,295	0,205	0,183	0,252	0,125
8,173	0,309	0,221	0,194	0,274	0,128
9,901	0,322	0,238	0,204	0,295	0,151
11,629	0,336	0,254	0,215	0,317	0,186
13,356	0,350	0,270	0,226	0,338	0,229
15,084	0,363	0,286	0,237	0,360	0,275
16,812	0,377	0,303	0,247	0,381	0,323
RUT.17					
1,460	0,188	0,191	0,148	0,202	0,242
3,607	0,220	0,189	0,156	0,204	0,205
5,754	0,252	0,187	0,165	0,207	0,169
7,901	0,285	0,185	0,174	0,209	0,136
10,048	0,317	0,183	0,182	0,211	0,108
12,195	0,349	0,181	0,191	0,213	0,090
14,342	0,381	0,179	0,199	0,216	0,088
16,489	0,414	0,177	0,208	0,218	0,103
18,636	0,446	0,175	0,216	0,220	0,130
20,783	0,478	0,173	0,225	0,222	0,162
IRI.V					
0,535	0,046	0,041	0,025	0,043	0,005
1,206	0,055	0,053	0,048	0,049	0,001
1,877	0,065	0,065	0,070	0,056	0,005
2,548	0,075	0,077	0,092	0,062	0,010
3,219	0,084	0,089	0,115	0,068	0,016
3,890	0,094	0,101	0,137	0,074	0,021
4,561	0,103	0,113	0,159	0,080	0,026
5,232	0,113	0,125	0,182	0,086	0,031
5,903	0,122	0,137	0,204	0,092	0,036
6,574	0,132	0,150	0,226	0,098	0,041
IRI.H					
0,466	0,025	0,035	0,027	0,038	0,013
1,236	0,040	0,049	0,047	0,046	0,010
2,006	0,054	0,063	0,068	0,054	0,010
2,776	0,069	0,076	0,089	0,062	0,012
3,546	0,083	0,090	0,110	0,070	0,016
4,316	0,098	0,103	0,131	0,078	0,021
5,086	0,112	0,117	0,152	0,086	0,026
5,856	0,127	0,130	0,172	0,094	0,031
6,626	0,141	0,144	0,193	0,102	0,037
7,396	0,156	0,158	0,214	0,110	0,042

Nivå	SD inom 1	SD inom 2	SD inom 3	SD inom 4	SD mellan
MEGA.H					
0,095	0,007	0,005	0,009	0,005	0,012
0,170	0,010	0,007	0,010	0,008	0,016
0,245	0,013	0,010	0,012	0,010	0,020
0,321	0,016	0,012	0,013	0,013	0,025
0,396	0,019	0,015	0,015	0,016	0,029
0,471	0,022	0,017	0,016	0,018	0,033
0,546	0,025	0,020	0,017	0,021	0,038
0,622	0,028	0,022	0,019	0,023	0,042
0,697	0,031	0,025	0,020	0,026	0,047
0,772	0,035	0,027	0,022	0,029	0,051
MPD.H					
0,514	0,019	0,019	0,017	0,019	0,023
0,704	0,023	0,021	0,021	0,022	0,025
0,894	0,027	0,024	0,024	0,025	0,029
1,084	0,032	0,027	0,028	0,028	0,033
1,274	0,036	0,029	0,032	0,031	0,037
1,464	0,041	0,032	0,035	0,034	0,042
1,654	0,045	0,035	0,039	0,038	0,047
1,843	0,050	0,038	0,043	0,041	0,052
2,033	0,054	0,040	0,047	0,044	0,058
2,223	0,059	0,043	0,050	0,047	0,063

Variationen mellan leverantörer ökar inte konsekvent med ökande nivå. Det blir så t.ex. om leverantörerna rapporterar samma värden ungefär i mitten av det intressanta området men skiljer sig från varandra för både lägre och högre värden. Lite mer bildligt kan man tänka sig att det värde som leverantörer rapporterar är räta linjer mot den neutrala leverantören, och att de linjerna korsar varandra i mitten men drar ifrån varandra vid låga och höga nivåer.

6.2. Risk för felbedömning vid kontroll

Vid en objektmätning gör en leverantör tre mätningar. Risken för felbedömning beräknas som sannolikheten att medianen ligger över (under) gränsen för godkänt när sanningen egentligen är under (över) gränsen. Här diskuteras bara sannolikheter baserat på krav per 20-metersträcka. Det finns också krav på 400-metersträcka som inte hanteras här. Sannolikheterna kommer därför att bli beroende av vilken leverantör som utför kontrollmätningen. Här utvärderas risken om leverantör 3 utför mätningen.

Det förekommer inte någon korrigering för leverantörens avvikelse från den neutrala leverantören i det här kapitlet. Resultat efter utjämning för hur leverantör 3 avviker från den neutrala leverantören finns i kapitel 6.3.3.

6.2.1. Kort metodbeskrivning

Uppmätta värden är en summa av det sanna värdet, ett systematiskt fel och ett slumpmässigt fel. Det finns ett stort underlag av uppmätta värden. För att kunna diskutera sannolikheten för rätt eller fel beslut baserat på enskilda mätningar måste man ha tillgång till sanningen, men den är okänd. En enskild observation kan inte justeras till att bli ett sant värde därför att man inte vet åt vilket håll det slumpmässiga felet slår i den enskilda mätningen. Justering för det systematiska felet är däremot möjlig. För att kunna diskutera sannolikheter för rätt och fel beslut som genomsnitt över hela vägnät räcker det med att man har fördelningen av sanna och uppmätta värden. Metoden är därför att föreslå en fördelning av sanna värden så att om man lägger på systematiskt fel och slumpmässiga fel så ska den fördelning man då erhåller vara närmast identiskt lik fördelningen av uppmätta värden, åtminstone i ett intressant område. Mer formellt gäller att en sträcka har det sanna värdet u. Det värde som observeras kan kallas w. Detta är draget ur en fördelning v med väntevärde $a + bu$ och standardavvikelse $c + d(a + bu)$. Sträckorna på något vägnät har en fördelning av sanna värden U.

Vid mätning registreras mätvärden med fördelning W. De uppträder som dragna ur en fördelning av fördelningar V, som enklare lika bra kan betraktas som en fördelning. Den har väntevärde $a + bU$ och standardavvikelse $c + d(a + bU)$. Det gäller nu att försöka bestämma en trolig fördelning av sanna värden U sådan att den fördelning av möjliga uppmätta värden V som följer av U samt a, b, c och d blir så lik fördelningen av observerade uppmätta värden W som möjligt. När det är klart antas U vara en god representation av detta vägnät om inga slumpmässiga eller systematiska fel förekom. Avvikelsen mellan U och V används för att bedöma risken för fel.

Tillgängliga data antyder att U approximeras väl med en gammafördelning. Det är en 2-parameter-fördelning som har positiva värden med lite längre högersvans. Man kan välja en parametrisering så att den ena parametern påverkar skalan medan den andra påverkar formen. De vägytevariabler som diskuteras här har praktiskt taget aldrig några värden nära noll så för att förbättra representationen läggs även en skiftparameter till. Valet av U reduceras till att välja dessa tre parametrar. Det är mest viktigt att representationen är god i en omgivning runt gränsen för godkänt.

Sannolikheter för felbedömning

Sannolikheter för de två möjliga felbedömningarna, och även för rätt bedömning, beräknas på kontrollerna för leverantör 3 d.v.s. de sträckor som beskrivs nedan i kapitel 9.2 och 9.3.

Tabell 4 Sannolikhet för alla fyra kombinationer av underkänt/godkänt utförande och underkänt/godkänt vid kontroll.

Utförande	**Kontroll**	
Spår 15 totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,083	0,036
Godkänd	0,000	0,881
Spår 15 underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,055	0,018
Godkänd	0,000	0,926
IRI.H totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,066	0,004
Godkänd	0,002	0,928
IRI.H underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,084	0,005
Godkänd	0,002	0,910

Den kanske viktigaste skattningen är sannolikheten att kontrollen underkänner ett utförande som egentligen är godkänt, alltså den nedre vänstra rutan i respektive tabell. Den blir ca 0 för spår och ca 2 promille för IRIH. Sannolikheten för det ”omvända”, att kontrollen godkänner ett utförande som egentligen är underkänt, är runt 2–3 procent för spår och runt 4 promille för IRIH.

Återigen beror resultatet bl.a. på att korrigering för leverantörens systematiska avvikelse genomförts, och i det här fallet har leverantören en tendens att rapportera lite för låga värden. Vid kontroll med en leverantör som ger högre värden borde man diskutera om det ska korrigeras, men det hänger även på om gränserna i sig redan anses vara tilltagna åt det mindre strikta hållet.

6.3. Alternativa beräkningar

6.3.1. Ny skattning av slumpmässigt fel

Beräkningen vilar på att man har en beskrivning av de slumpmässiga felens storlek genom koefficienterna c och d från tidigare underlag. Man kan skatta dem igen med data från kontrollerna för leverantör 3. Här har skattningen utförts separat för totalentreprenad respektive underhåll, och den används även så i skattningarna av sannolikheter nedan, men det är inte självklart att man ska hantera materialen separerat på det sättet.

Tabell 5 Skattade Parametrar c och d i sambandet mellan nivå och standardavvikelse (s=c+dm) för leverantör 3, separerat för totalentreprenad och underhåll.

	Totalentreprenad		**Underhåll**	
	c	*d*	*c*	*d*
RUT.15	-0,084	0,126	0,034	0,062
RUT.17	0,029	0,094	0,002	0,086
IRI.V	0,001	0,084	0,018	0,060
IRI.H	-0,017	0,102	-0,004	0,077
MEGA.H	0,001	0,044	0,004	0,042
MPD.H	0,007	0,028	0,006	0,027

Det blir en del skillnad jämfört med Tabell 1 i kolumnerna för leverantör 3, och man bör fundera på hur den uppstår och vad den leder till.

Samma beräkning av sannolikheter som ovan genomförs med den här informationen om slumpmässiga fel. Resultatet för de skattade sannolikheterna visas i Tabell 6.

Tabell 6 Sannolikhet för alla fyra kombinationer av underkänt/godkänt utförande och underkänt/godkänt vid kontroll. Separat skattade parametrar i sambandet mellan nivå och standardavvikelse för totalentreprenad och underhåll.

Utförande	**Kontroll**	
Spår 15, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,082	0,036
Godkänd	0,000	0,881
Spår 15, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,055	0,019
Godkänd	0,000	0,926
IRI.H, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,062	0,007
Godkänd	0,006	0,925
IRI.H, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,080	0,007
Godkänd	0,005	0,907

Riskerna påverkas något men är fortfarande små.

Man bör fundera på om underlaget från upphandlingen är representativt för mätning i samband med kontroll. En större fråga kan vara om även *a* och *b* har förändrats. Man bör också beakta att koefficienterna kan ändras genom att den ena ökar samtidigt som den andra minskar på sådant sätt att det inte blir någon större betydelse i det intressanta området.

6.3.2. Ett eller tre drag

Vid kontroll av en entreprenad utförs tre mätningar (drag) och median används vid jämförelse med gränsen för godkänt. Om man använder ett drag istället för medianen av 3 så är det en ganska liten förändring av metoden. Beräkning med samma teknik som ovan men med 1 drag ger följande sannolikheter:

Tabell 7 Sannolikhet för alla kombinationer av underkänt/godkänt utförande och underkänt/godkänt vid kontroll vid mätning med 1 drag.

Utförande	**Kontroll**	
Spår 15, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,086	0,035
Godkänd	0,000	0,878
Spår 15, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,056	0,018
Godkänd	0,000	0,925
IRI.H, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,067	0,005
Godkänd	0,003	0,925
IRI.H, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,084	0,006
Godkänd	0,004	0,907

Osäkerheten är något större vid 1 drag och det avspeglar sig i att risken för att felaktigt underkännas eller godkännas blir något större.

6.3.3. Utjämning av systematiskt fel

Resultaten i kapitel 6.2 gäller en leverantör som tidigare har visat sig ge lite lägre värden än en tänkt neutral leverantör, åtminstone för spårdjup och speciellt vid låga spårdjup. Om man använder samma metod men försöker att justera uppmätta värden så att de mer liknar vad det skulle vara om den hade följt den neutrala leverantören får man följande sannolikheter:

Tabell 8 Sannolikhet för alla kombinationer av underkänt/godkänt utförande och underkänt/godkänt vid kontroll med utjämning för att likna en neutral leverantör

Utförande	**Kontroll**	
Spår 15, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,112	0,007
Godkänd	0,007	0,874
Spår 15, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,070	0,004
Godkänd	0,004	0,923
IRI.H, totalentreprenad	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,067	0,003
Godkänd	0,002	0,928
IRI.H, underhåll	Underkänd	Godkänd
Underkänd	0,084	0,004
Godkänd	0,003	0,909

Man ser att det blir vissa förändringar, och att de uppträder som förväntat. Andelen felaktiga beslut blir mer balanserat jämfört med tidigare då underkänt utförande som bedömdes godkänt hade större sannolikhet än godkänt utförande som bedömdes underkänt. Man ser också att andelen bedömt godkända sjunker något och att andelen bedömt underkända ökar något, men det är fortfarande en liten sannolikhet för fel beslut.

6.4. Slutsatser och rekommendationer

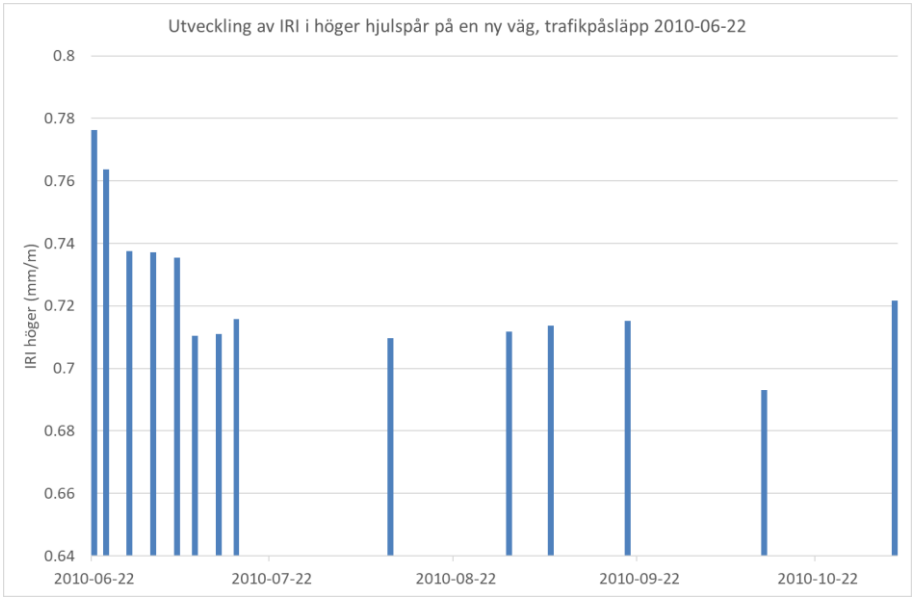
Om en annan leverantör skulle utföra kontrollerna så kan utvärdering av risker göras om på samma sätt. Något sådant underlag finns ej tillgängligt. Det är närmast självklart att en leverantör som ger lite högre värden än den neutrala leverantören kommer att ha större risk att kontrollen underkänner ett utförande som ska vara godkänt men mindre risk att godkänna ett utförande som ska vara underkänt. Om man vill undvika att hålla sig på den mer strikta sidan så bör åtminstone då en korrigering för leverantörens systematisk fel övervägas.

MPD och megatextur har inte fördelningar som rimligen kan beskrivas som gammafördelning med överlagrat slumpmässigt fel. Om man vill göra något liknande för de variablerna så måste man göra något annat antagande om fördelningen (motsvarande U) eller skatta den empiriskt.

Ovan har resultaten enligt Tabell 4 fungerat lite som utgångspunkt och fortsättningen (Tabell 6, Tabell 7 samt Tabell 8) har visat förändringar i resultaten vid olika ändringar av metoden. Man kan använda samma metod för att redovisa kombinationer av ändringar i metoden utöver att, som ovan, visa en ändring i taget.

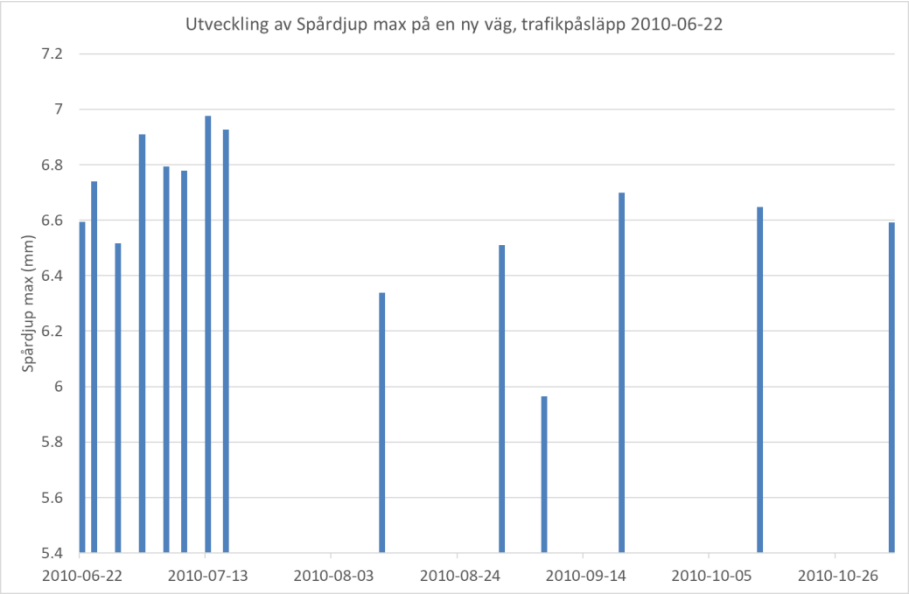
7. Tillståndsutveckling för nya beläggningar

En entreprenör vill ofta ha en kontrollmätning utförd snarast efter åtgärd för att slippa eventuella negativa effekter av efterpackning. Det är framförallt ojämnheten i tvärled som påverkas av trafikens efterpackning. I längsled har efterpackningen snarare en utjämnande effekt med sjunkande IRI-värden den första tiden efter att trafiken släpps på. Det beror på att små ojämnheter i ytan slipas eller nöts bort av däcken. Effekterna är dock små men ändå mätbara. Nedan visas ett exempel från en konventionell ABS16 beläggning på ett investeringsobjekt med en trafikmängd på drygt 5 000 fordon per dygn. Vägen är 8 m bred och är av karaktären vanlig väg med mötande trafik.



Figur 2 Utveckling av IRI i höger hjulspår efter trafikpåsläpp, uppmätt på ett investeringsobjekt, ABS16, ÅDT 5100.

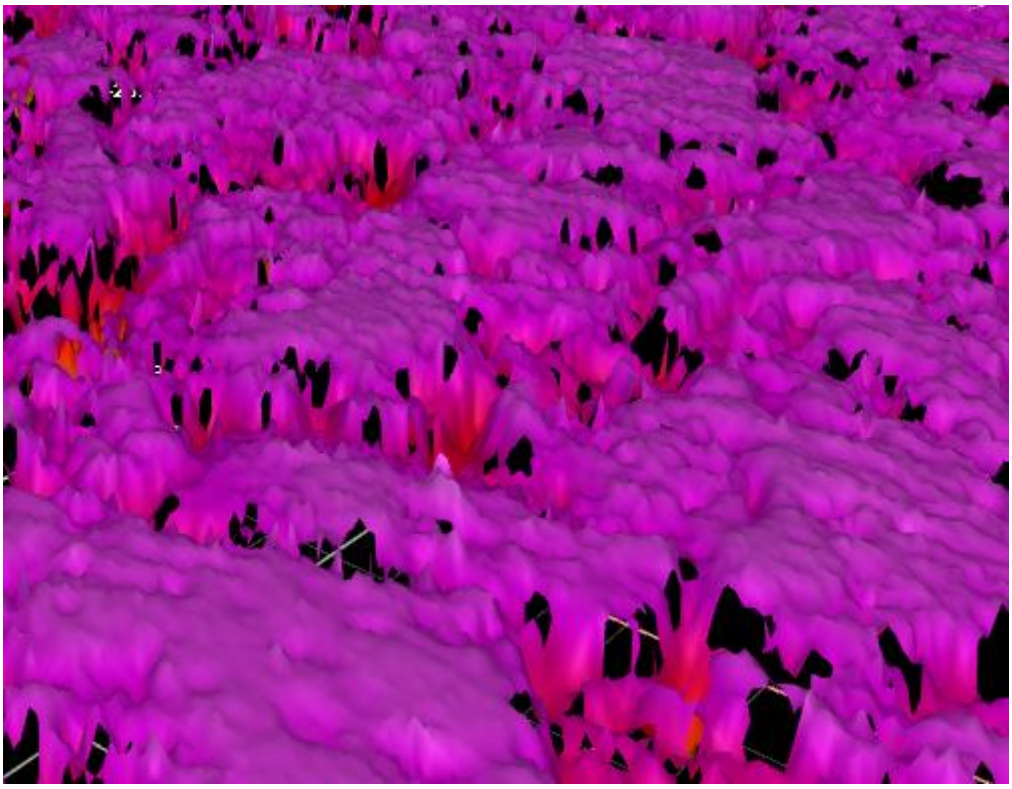
Den utveckling som vi ser på detta objekt kommer från en ABS-beläggning. Det initiala IRI-värdet är något högre vid trafikpåsläpp men sjunker relativt snabbt till en stabil nivå. I detta fallet tog det ca 2–3 veckor tills ”normaltillståndet” infann sig. Den 22 juni öppnades vägen för trafik och den 9 juli har IRI sjunkit med ca 8 % eller ungefär 0,06–0,07 mm/m. Det är inte helt ovanligt att den första mätningen utförs på en helt otrafikerad yta, vilket bör undvikas eftersom det ger en felaktig bild av vägens jämnhet i bruksskedet. Ser vi till ojämnheten tvärs vägens längdriktning beskrivet av spårdjup max med 17 lasrar och mätbredd 3,2 m har vi motsatt utveckling, spårdjupet ökar de 2–3 första veckorna efter trafikpåsläpp, se Figur 3. Ökningen är ca 5–6 % eller 0,3 till 0,4 mm. Resultatet är inte entydigt och vi ser att det finns större felkällor i resultatet i jämförelse med IRI. Sidoläget på mätbilen är troligtvis den dominerande komponenten. Här kan trafikens efterpackande effekter vara orsaken till ökningen i kombination med den effekt vi ser för IRI, att små ojämnheter slipas bort där trafiken belastar vägen. Just detta objekt hade ett högt initialt spårdjupsvärde på grund av en felinställd skrider på läggaren. Detta påverkar emellertid inte förändringstakten för ojämnheterna i tvärled.



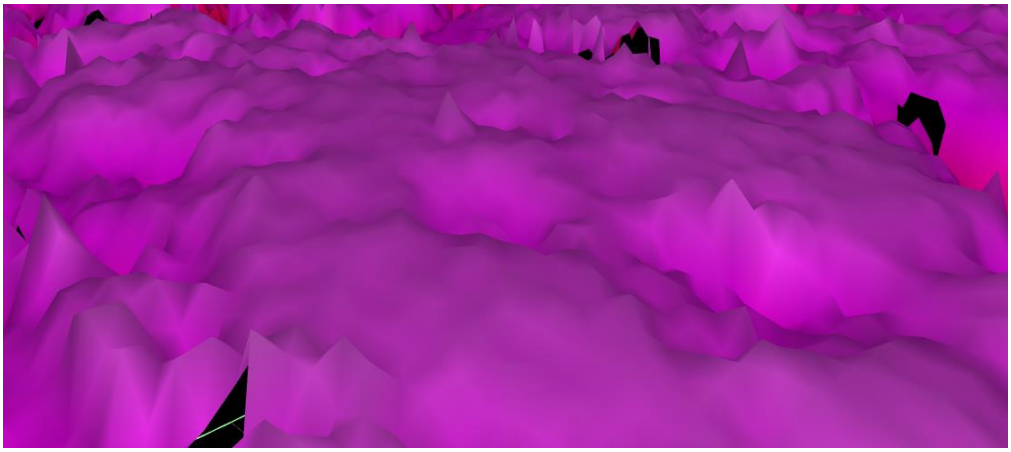
Figur 3 Utveckling av spårdjup max efter trafikpåsläpp, uppmätt på ett investeringsobjekt, ABS16, ÅDT 5100.

Makrotexturen, karaktäriserad av MPD (Mean Profile Depth) uppvisar också en stor förändring tiden efter trafikpåsläpp, det visas i VTI notat 35–2012 (Lundberg, 2012). MPD i höger hjulspår minskar med mer än 20 % under de tre första veckorna.

Vägytan förändras alltså under den första tiden en väg trafikeras. Om vi ser till en ABS, TSK eller ABT som är vanligast på medel- till högtrafikerade vägar, är ballasten täckt av ett lager bindemedel vid läggningen. Bindemedlet, som inte är nötningsbeständigt, slipas bort av däckens kontakt med vägen och eventuella håligheter i ballasten jämnas av så att ytan på stenmaterialet blir slätare då uppåtgående bindemedelsrester försvinner men de rester av bindemedlet som ligger i dalar och håligheter i stenmaterialet blir kvar. Även små uppstickande delar av ballasten exponeras av kontakten med däcken vilka slipas av trafiken och vi får en utslätande effekt. Detta gemensamt ger en slätare yta i hjulspåren vilket påverkar IRI och MPD med sjunkande värden och spårdjupet ökar eftersom kontakten mellan däck och vägyta endast påverkar den del av vägytan där fordonen åker. Man kan lättare tänka sig dessa initiala effekter om en helt ny otrafikerad yta studeras, se Figur 4 och Figur 5. Även stenmaterialet har håligheter och om man tittar på ytan i detalj, som i Figur 5, kan även toppar och små ojämnheter observeras.



Figur 4 3D-yta för en ny beläggning, nedre kanten motsvarar en bredd av ca 25 mm.



Figur 5 3D-yta för en enskild sten, täckt med bitumen, ca 11 mm bred.

Sammantaget ger detta optimeringsproblem för entreprenören. Om spårdjupet är det kritiska momentet bör mätningen utföras så snart som möjligt innan efterpackning och avnötningen och utjämningen av ballast och bindemedel och vice versa om IRI är den kritiska sektorn bör man vänta ett par veckor tills den initiala nedgången skett. Ser vi till vägens funktion måste den klara att bära den trafik som den är avsedd för och då är det inte orimligt att kräva att slutbesiktningen ska ske när vägen har trafikerats en viss tid för att se hur den reagerar på den initiala trafikbelastningen.

8. Initialvärdets betydelse för tillståndsutveckling på nya beläggningar

Innan utvärderingen av initialvärdets betydelse för utvecklingen studeras måste det beskrivas vad man teoretiskt kan förvänta sig av den sortens samband när man har slumpmässiga fel i data.

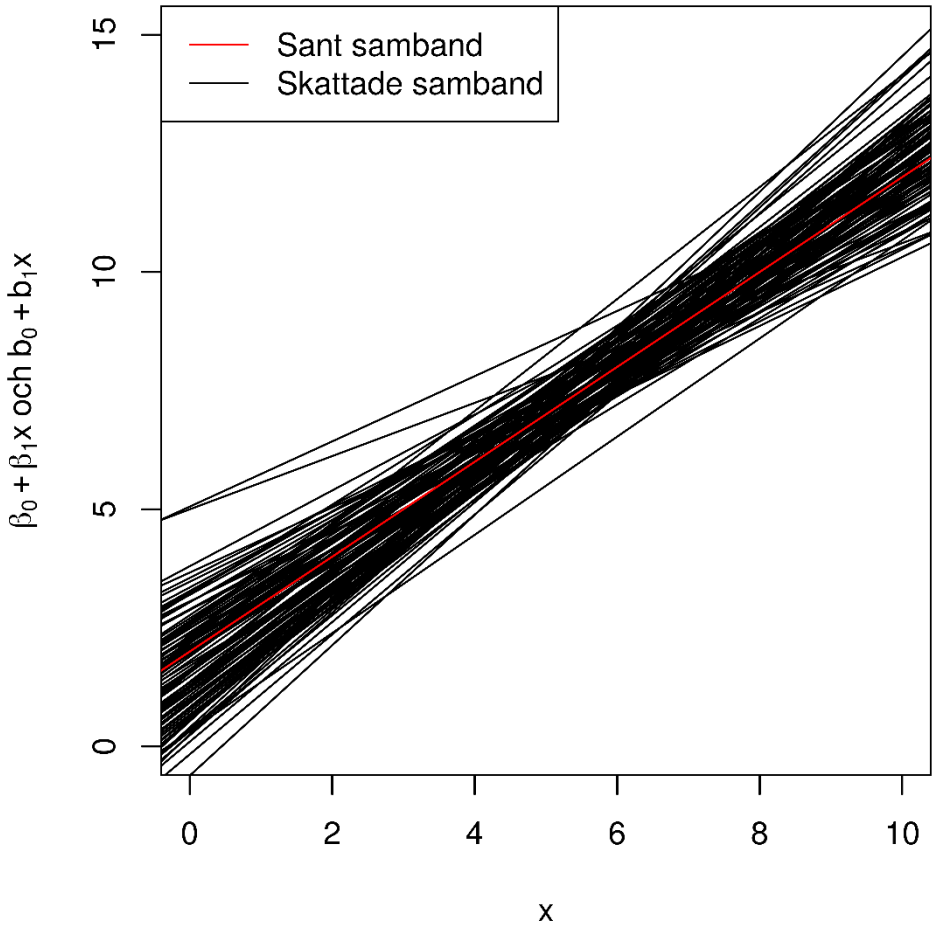
8.1. Beroende mellan skattningarna av startvärde och lutning

I enkel linjär regressionsanalys tänker man sig att det finns ett fixerat men okänt samband som beskrivs med koefficienterna β_0 (intercept) och β_1 (lutning). Förklaringsvariabeln kallas x och responsvariabeln Y. Man har $Y = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon$ där ε är en normalfördelad och oberoende slumpvariabel med väntevärde 0 och standardavvikelse σ. Y är i det här läget inte fixerade värden utan representerar fördelningen av de värden man ska kunna komma att få när man mäter (jfr. egenskaperna hos en tärning innan man slår d.v.s. när tärningens egenskaper är kända men inget utfall har ännu fixerats). När man mäter får man de observerade värdena y (jfr. vad tärningen visar efter att man har slagit och utfallet har blivit fixerat). Skattningarna b_0 och b_1 beräknas m.h.a. observationerna y och x och därför ska även b_0 och b_1 betraktas som observationer. Nedan diskuteras egenskaper i de fördelningar som b_0 och b_1 är dragna ur, samt hur de fördelningarna är kopplade till varandra.

Man inte garantera att b_0 och b_1 prickar exakt rätt på β_0 och β_1 eftersom skattningarna beror på vilka slumpmässiga avvikelser som råkar komma med i de observerade värdena. För en uppsättning slumpmässiga avvikelser får man ett b_0 och ett b_1, för en annan uppsättning slumpmässiga avvikelser får man ett annat b_0 och ett b_1 o.s.v. vilket delvis är ett annat sätt att säga samma sak som ovan, att skattningarna har fördelningar. Det visar sig att fördelningarna av b_0 och b_1 inte är oberoende. Vi är intresserade av fallet att $x > 0$. Då är b_0 och b_1 negativt korrelerade. Det går att resonera sig fram till att det bör vara så. Om man råkar få ett stort positivt slumpfel i första värdet så blir interceptet lite för stort och lutningen lite för liten. På samma sätt kan man resonera om vad som händer om man råkar få ett för lågt första värde och om vad som händer med slumpfel i det sista värdet. Slumpfel i värden nära mitten påverkar interceptet svagt men det påverkar knappast lutningen. Det är alltså rimligt att b_0 och b_1 är negativt korrelerade. En konsekvens av detta är att om man följer ett antal vägar där initialvärdet och utvecklingstakten är exakt lika för alla vägar, så kommer ändå skattningar med linjär regression ge skattningar där ett högre startvärde tenderar att följas av en långsammare utveckling.

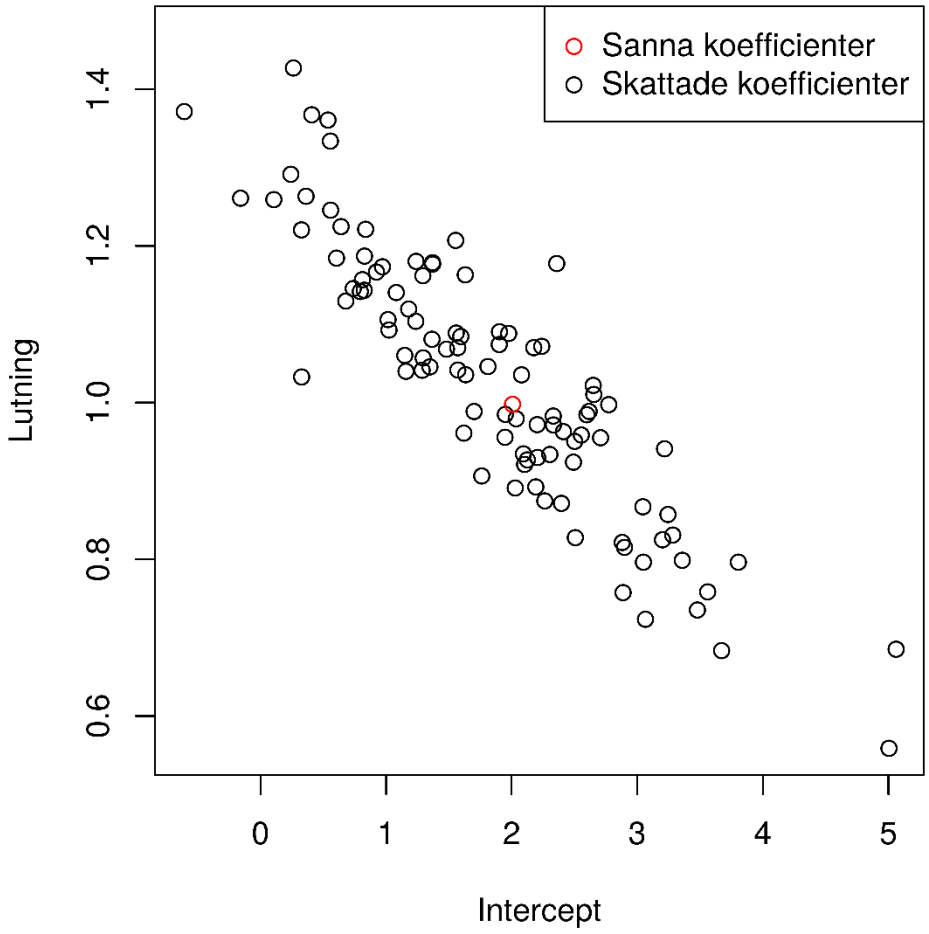
Det går att motivera detta mer teoretiskt, men istället visas det här genom simulering. Simuleringen utvecklas sedan med att vägarna får vara olika o.s.v. i steg som beskrivs i den följande texten. För samtliga simuleringar nedan gäller att slumpfelet är draget ur en fördelning med variansen 1 med 5 observationer där den första har ett x som är draget ur en likformig fördelning mellan 0 och 2, det andra är draget mellan 2 och 4 o.s.v.

Utgå från situationen att alla vägar är lika och att t.ex. spårdjupsutvecklingen följer sambandsfunktionen $Y = 2 + 1 * x + \varepsilon$. Rita $2 + 1 * x$, alltså en linje utan några slumpmässiga störningar, som en röd linje. Därefter genereras tänkbara data upprepade gånger (här 100 ggr) och för varje datauppsättning ritar man den skattade sambandslinjen i svart. Då får man den skur av linjer som visas i Figur 6.



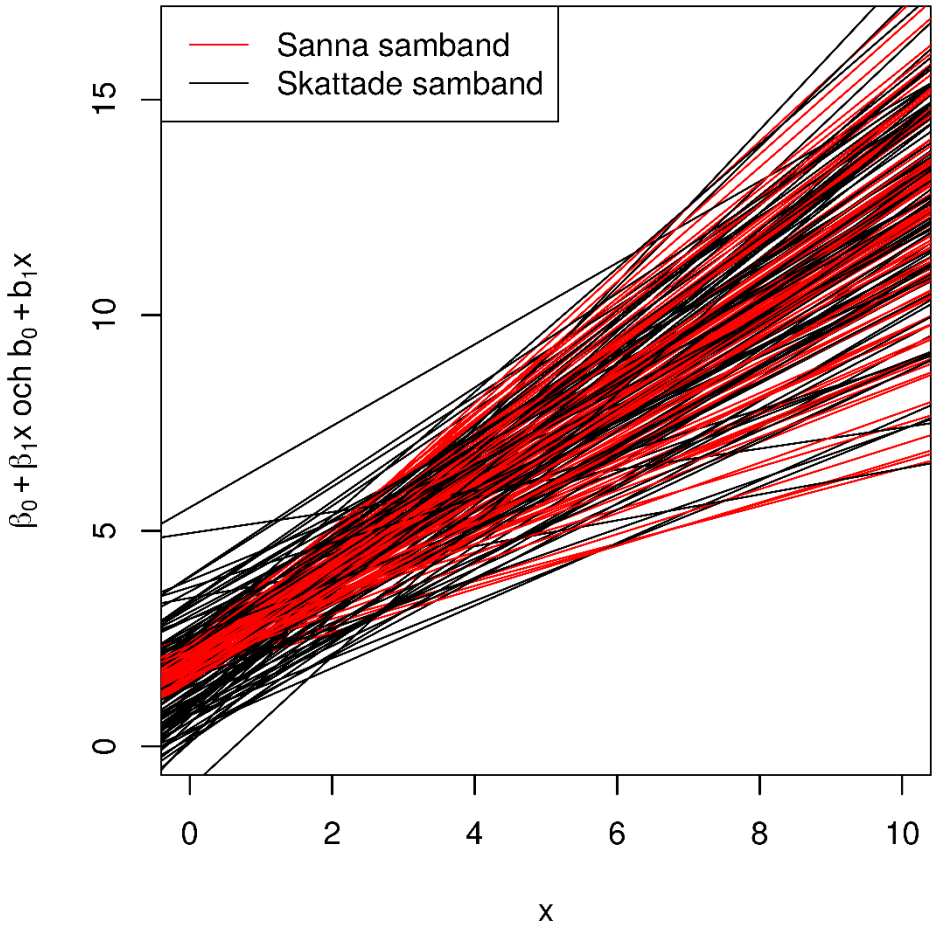
Figur 6 Sambandet $Y = 2 + 1 * x$ och 100 skattade samband då $Y = 2 + 1 * x + \varepsilon$.

Man kan ana att svarta linjer som börjar lite högre tenderar att få en lägre lutning och omvänt. Se även den samtidiga fördelningen av b_0 och b_1 för samma simulerade material i Figur 7. Det är ett annat sätt att åskådliggöra samma simulerade material. Om man beräknar korrelationen utifrån de 100 paren av b_0 och b_1 så blir den -0,899 trots att utgångspunkten var att de skattar samma sambandsfunktion. Korrelationen är alltså ett utfall av att det finns slumpmässiga fel och att de yttrar sig på ett sätt som kan vara oväntat. Teoretiskt ska korrelationen bli -0,870 om x vore fixerad till 1, 3, 5, 7 och 9, men här används en förhållandevis lite simulering och x tillåts variera lite.



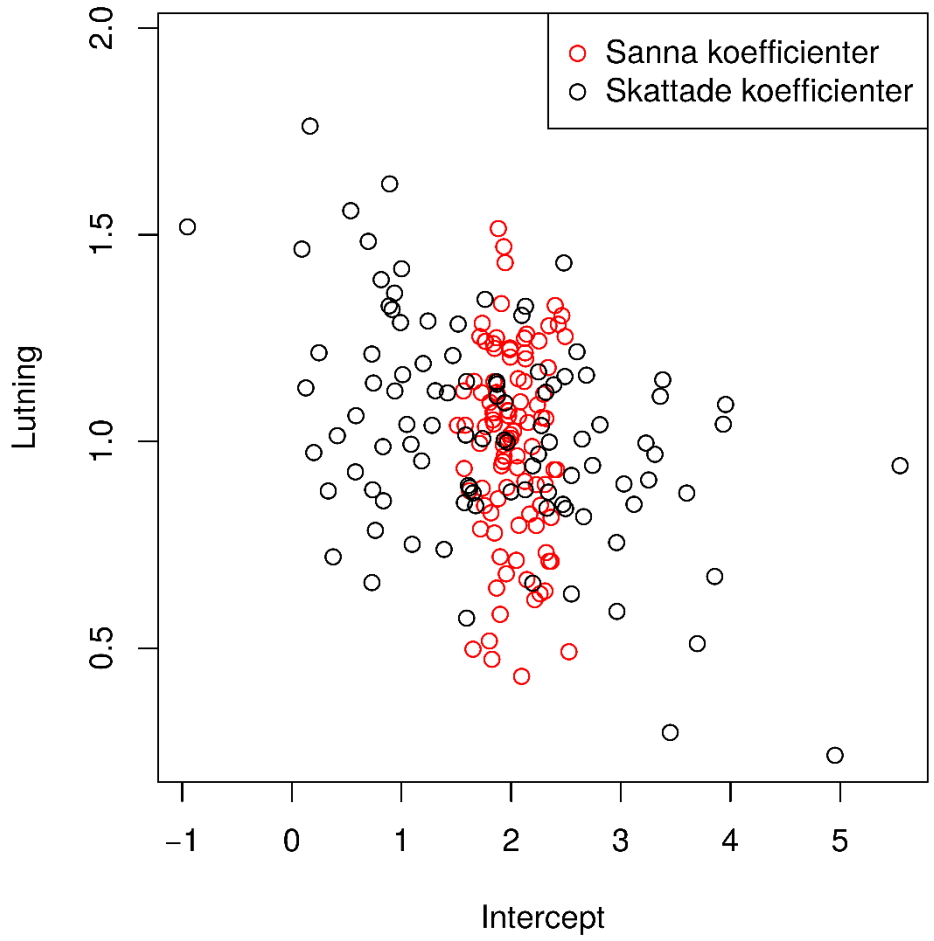
Figur 7 Intercept mot lutning för exemplet i Figur 6.

Exemplet ovan är inte heltäckande. Parametrarna är fixerade och hela exemplet härmar därför en tänkt situation där alla vägar hade samma egenskaper. Därför införs nu också en variation för tillståndsutvecklingen för de vägar som simuleras. Parametrarna intercept och lutning (β_0 och β_1) generas därför ur en tvådimensionell normalfördelning med väntevärden 1 och 2, standardavvikelse 0,25 utan korrelation. Simuleringen går till som ovan men nu alltså med ändringen att parametrarna varierar lite. Plotta (Figur 8) de verkliga sambandslinjerna med rött och de skattade sambandslinjerna med svart. En fråga är nu vart det leder om fenomenet att man får negativt korrelerade b_0 och b_1 enligt ovan förekommer samtidigt med egenskapen att man har slumpmässig variation i β_0 och β_1.



Figur 8 Varierande intercept och lutning, i övrigt samma förutsättningar som i Figur 6.

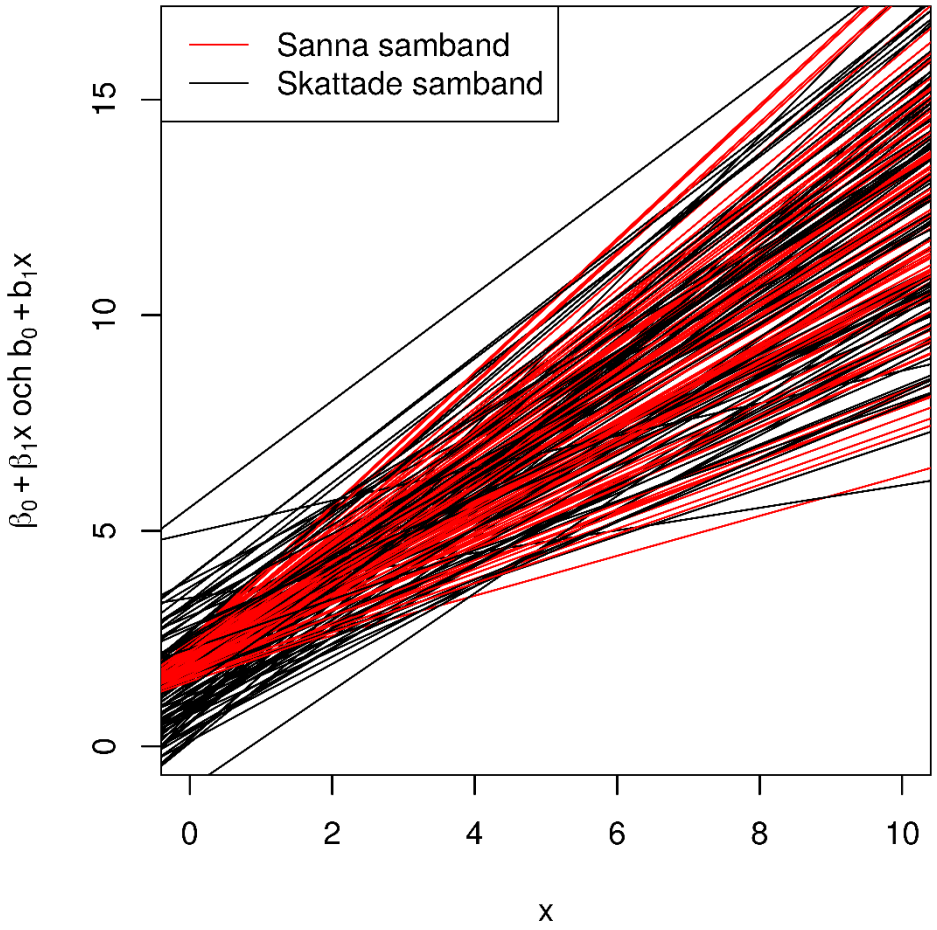
Om man istället redovisar materialet i ett diagram som visar koefficienterna och de skattade koefficienterna för varje simulering får man det diagram som visas i Figur 11.



Figur 9 Intercept mot lutning för exemplet i Figur 8

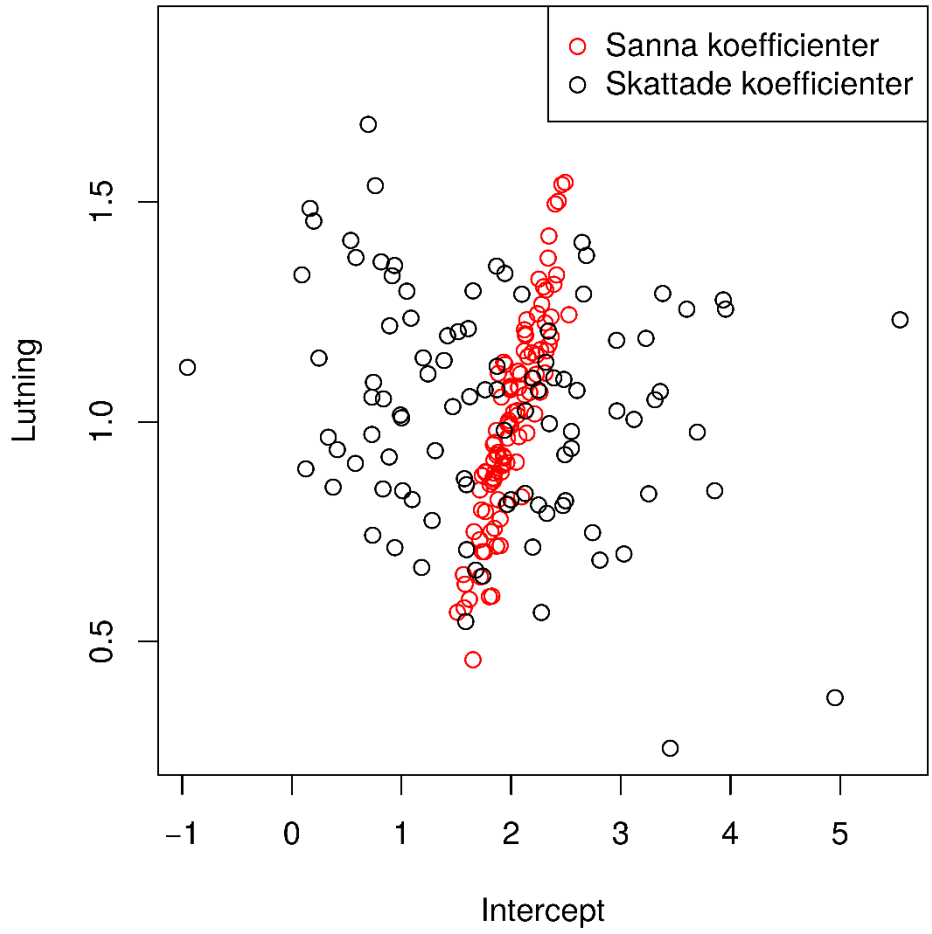
Det framgår av de röda ringarna att det finns slumpmässig variation i β_0 och β_1 men att de inte är korrelerade eftersom de bildar en svärm som inte tippar åt något håll. Skattningarna däremot tippar med samma riktning som tidigare men mindre tydligt. Korrelationskoefficienterna är -0,057 respektive -0,452. Fenomenet finns alltså kvar men har blandats upp med annan variation.

Nästa steg är att den slumpmässiga variationen i β_0 och β_1 påverkas så att de får en positiv korrelation. Här är den satt till 0,9. De sanna och de skatta sambanden med de här förutsättningarna visas i Figur 10.



Figur 10 Varierande intercept och lutning, i övrigt samma förutsättningar som i Figur 8

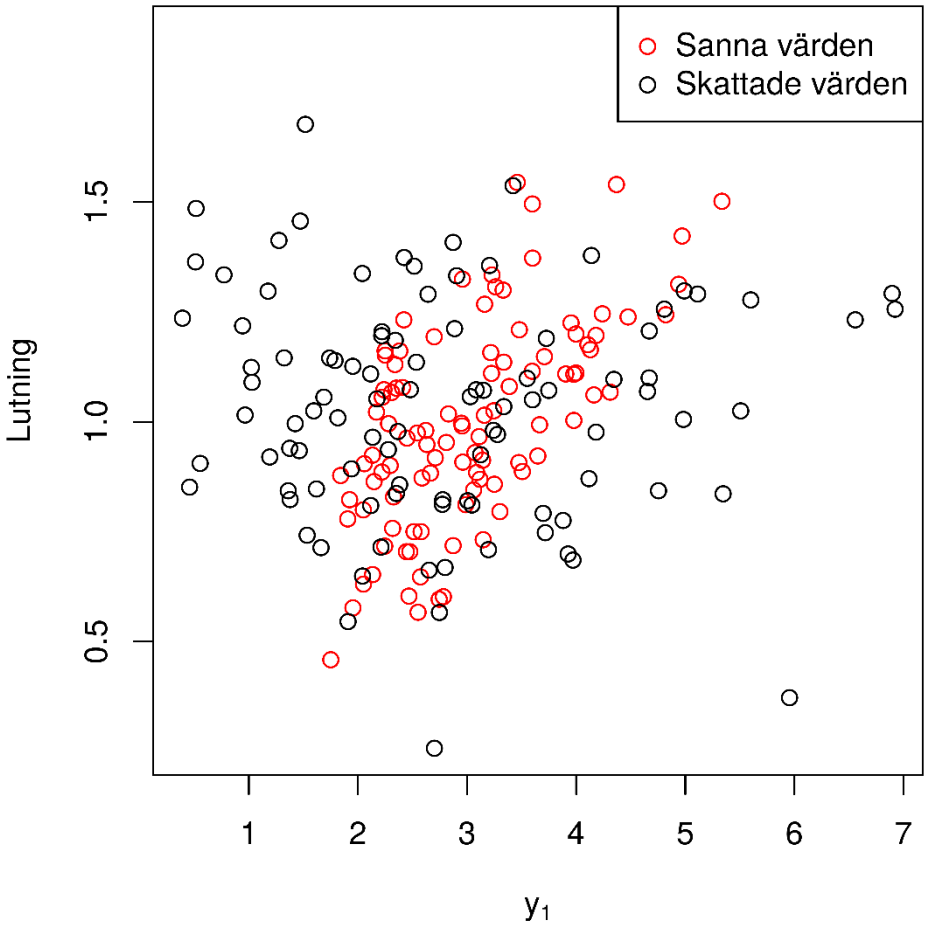
Man ser på de röda linjerna att de tänkta vägarna har egenskapen att högre startvärde vanligen förekommer tillsammans med snabbare förändring och omvänt, alltså så som man misstänker att det ser ut på vägnätet. Figur 11 visar hur β_0 och β_1 samvarierar och på samma sätt hur deras motsvarande skattningar samvarierar.



Figur 11 Intercept mot lutning för exemplet i Figur 10.

Det är tydligt att på det tänkta vägnätet är högre lutning mer vanligt förekommande vid högt startvärde och omvänt eftersom skuren av röda cirklar tippar lite. Skuren av svarta ringar tippar inte på samma sätt vilket visar att visar att skattningarna inte korrelerar på samma sätt som parametrarna. Skattningarna har negativ korrelation vid fixerade parametrar. Här är korrelationerna 0,898 respektive -0,195, den förra skulle vara 0,90 vilket antyder att metoden ger ungefär rätt värden trots att den bara omfattar 100 simuleringar. Fenomenet med negativt korrelerade skattningarna är tydligen starkt då det övervinner en tydlig positiv korrelation mellan parametrarna. Om man ska skatta ut sambandet mellan startvärde och lutning så får man problem därför att slumpmässig variation i mätningarna inför en tydlig bias i det sambandet.

I den situation som diskuteras här ska man hellre studera korrelationen mellan första värdet och lutningen (y_1, b_1). Den kanske uppenbara likheten med tidigare figurer är att plotta β_1 mot väntevärdet av Y_1 med rött och b_1 mot y_1 med svart i samma figur. Förutsättningarna för övrigt är samma som i steget närmast ovan. Man får resultat enligt Figur 12.



Figur 12 Första värde och lutning för samma material som i Figur 11.

Korrelationerna blir 0,618 respektive -0,026. Det alltså fortfarande samma problem. Om det finns en positiv korrelation mellan första förväntade värdet och lutningen så återkommer den inte alls på samma sätt som en korrelation mellan första observerade värdet och den observerade lutningen. Korrelationen i det senare sambandet blir mindre.

Simuleringen kan justeras så att den har realistiska förutsättningar eller förutsättningar anpassade till speciella fall. Det går också, som nämnts ovan, att framställa det här med mer matematisk och teoretisk stil. Det är dock inte lätt att göra en bias-justering. Antalet observationer kan tyckas litet men det ska gälla ungefär för det antal vägytemätningar man gör under den tid som är intressant för frågorna i den här rapporten. Sammanfattningsvis bör man vara försiktig med att dra slutsatser utifrån mätdata och skattad utveckling när det gäller frågan om ett högre startvärde är en förvarning om en högre tillväxttakt. Alla resultat ovan tyder på att en observerad korrelation i detta sammanhang underskattar motsvarande verkliga korrelation.

8.2. Spår- och jämnhetsutveckling som funktion av initialt värde

För att studera hur en vägs initiala tillstånd påverkar den framtida utvecklingen har ett större datauttag från Trafikverkets PM-system (Pavement Management) PMSv3 gjorts. Data från alla statligt belagda vägar för de tre största beläggningskategorierna används i studien (ABS, ABT och ytbehandling). Grunddata ligger som 20 metersvärden. Tillståndsdata efter senaste beläggningsåtgärd, och i

förekommande fall fiktiv åtgärd[2], används. De parametrar som används i analysen är följande (röd text innebär att data är använd för att identifiera en unik 100 m sträcka):

- OID (identifikation av en vägsträcka)
- Vägnummer
- Heltal(startdist20m/100) × 100 (för indelning i 100 m sträckor)
- Körfält
- Mätriktning (vilken riktning mätningen är gjord i)
- Vägroll (värdväg/gästväg)
- Länkroll (normal väg eller syskon väg fram eller bak)
- Mätår
- Spårdjup max 17
- IRI höger
- Beläggningsdatum
- Fiktivt beläggningsdatum
- ÅDT (årsdygnsmedeltrafik)

Mätningar gjorda på beläggningar med beläggningsdatum före 1990 sorteras bort och vi använder endast mätningar gjorda i körfält 1 (det högra). IRI i höger hjulspår (benämns IRI hädanefter) och spårdjup medelvärdesbildas till 100 m sträckor. Om flera mätningar är gjorda under ett år medelvärdesbildas de. Att just 100 m värden används i analysen beror på att vi vill kunna matcha mätningar gjorda vid olika tillfällen utan en för stor inverkan av fel i längdmätningen.

Det initiala tillståndsvärdet för respektive 100 m beräknas genom att extrapolera linjärt bakåt till datumet då beläggningsåtgärden utfördes med utgångspunkt från de två första mätningarna på 100-metersträckan. En 100-metersträcka används om det finns minst två mätningar. Orsaken till valet av att enbart använda de två första mätningar istället för hela trenden är att vägen fortfarande är intakt utan att driftåtgärder satts in, vilket kan ge en skev bild av vägens ”naturliga” nedbrytning.

Varje 100-metersträcka, där möjligheten finns att beräkna initialt tillstånd, klassas i fem nivåer. För spårdjup och IRI används följande klasser.

Tabell 9 Spår- och IRI-klasser för initialt värde vid trafikpåsläpp.

Klass	Spårdjup (mm)	IRI (mm/m)
1	0 < x < 1,5	0 < x < 0,75
2	1,5 ≤ x < 3,0	0,75 ≤ x < 1,25
3	3,0 ≤ x < 4,5	1,25 ≤ x < 1,75
4	4,5 ≤ x < 6,0	1,75 ≤ x < 2,50
5	6,0 ≤ x	2,50 ≤ x

För varje 100-metersträcka beräknas tillståndsutvecklingen mellan två mättillfällen på 100 m sträckan, år x och år x-1. Om utvecklingen varit negativ används inte denna data och en alternativ beräkning görs av år x och år x-2. Har den utvecklingen varit positiv så används det data istället, men inte om den utvecklingen också varit negativ.

Vidare utförs en kontroll av att spår- respektive IRI-utvecklingen ligger inom rimliga gränser, orimliga utvecklingstakt medför att 100-metersträckan exkluderas. Om tillståndsförändringen för IRI överstiger 0,5 mm/m/år och spårtillväxten är större än 2 mm/år används inte aktuell 100-metersträcka. Detta kan möjligen underskatta spårtillväxten något. Det bör i så fall exkludera mycket svaga vägar

[2] Fiktiv åtgärd är en tillståndsstyrd indikation på att en åtgärd är utförd men inte inrapporterad i Trafikverkets PM.

med tung trafik eller riktigt högtrafikerade vägar i storstadsregionerna. Vid beräkningen sparas årlig tillståndsförändring som *(tillstånd$_x$-tillstånd$_{(x-1)}$)/((mätdag$_x$-mätdag$_{(x-1)}$)/365,25)* och sammanställs för de olika beläggningsgrupperna och i olika ÅDT-klasser med avseende på initialt tillstånd (Tabell 10 och Tabell 9).

Tabell 10 ÅDT-intervall för redovisning av tillväxttakt.

Klass	ÅDT-intervall
1	0–500
2	500–1000
3	1000–2000
4	2000–3000
5	3000–4000
6	4000–5000
7	5000–6000
8	6000–7000
9	7000–8000
10	8000–10000
11	10000–15000
12	15000–20000
13	20000–100000

Det som registreras i PMSv3 avseende ÅDT är ett värde för båda riktningarna för vanlig väg men för motorväg och 2+1-väg registreras en riktning men summan av alla körfält. Med anledning av detta justeras ÅDT för att motsvara en riktning och ett körfält på följande sätt:

Vägtyp	Justerad ÅDT
Vanlig väg (mötande trafik)	$ÅDT_{just}$=ÅDT/2
Motorväg och väg med separerade körfält (2+1-väg)	$ÅDT_{just}$=ÅDT×0,8 (uppskattning av andel fordon i körfält 1)

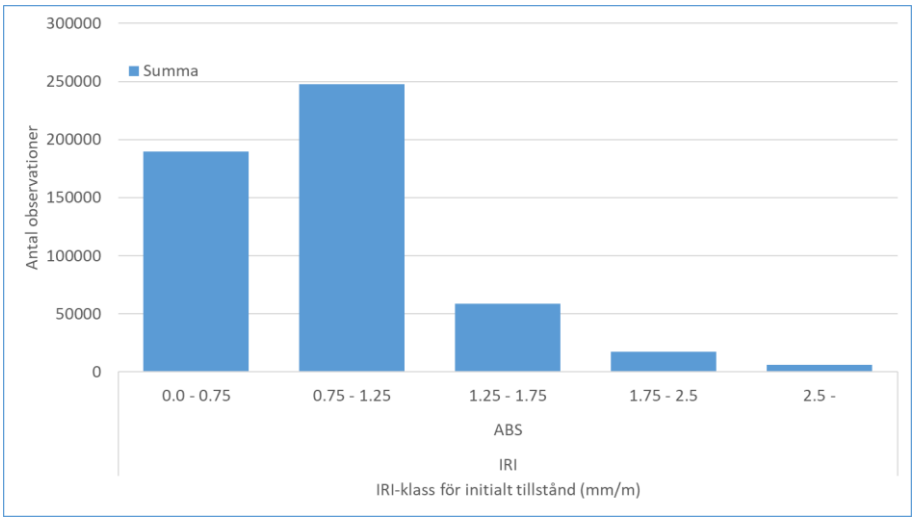
$ÅDT_{just}$ används i beräkningar och används för den klassindelning som beskrivs ovan.

Data sammanställs för olika beläggningstyper och olika ÅDT-klasser samt för hela materialet. Det ska förtydligas att den tillväxttakt som speglas i denna utvärdering är den genomsnittliga tillväxttakten under 100-metersträckans livslängd, d.v.s. både strax efter åtgärd fram till innan nästa åtgärd. De uttalanden om utvecklingstakt som presenteras är ett genomsnitt för de klasser som används, data ska alltså inte användas för att förutse enskilda 100 metersträckors utvecklingstakt.

8.2.1. Initialvärdets betydelse för den årliga tillväxten av IRI

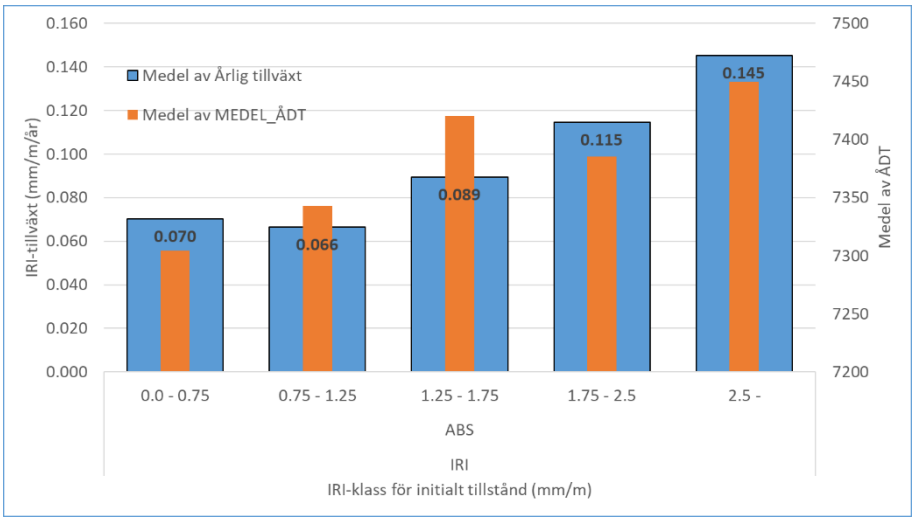
ABS

Vi inleder med att se till den årliga tillväxten av IRI på de tre beläggningstyperna som studeras. ABS-beläggningar är högkvalitativa beläggningar som används på det högtrafikerade vägnätet.



Figur 13 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för IRI för ABS-beläggningar.

Den övervägande majoriteten (84 %) av det initiala tillståndet ligger under 1,25 mm/m (Figur 13). För 20 m värden ligger godkännandenivån för en entreprenad i närheten av 1,25 mm/m.

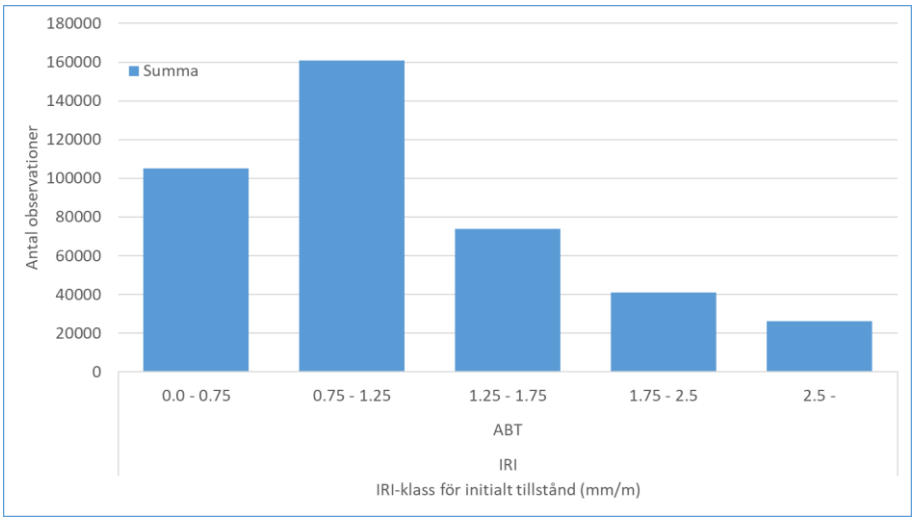


Figur 14 Årlig IRI-tillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ABS-beläggningar.

Vi ser att trafikmängden är ungefär lika i alla klasser för initialt tillstånd, ÅDT ligger mellan 7 300 och 7 450. Det ger en rättvisande jämförelse av IRI-tillväxten (grupperna har i genomsnitt samma trafikmängd). För de två lägsta intervallen är den årliga tillväxten måttlig, ungefär 0,07 mm/m. En vägsträcka med ett högre initialt tillstånd har en större årlig tillväxttakt, ca 30 % högre om IRI ligger mellan 1,25 och 1,75 mm/m och mer än den dubbla årliga tillväxttakten om initialt tillstånd är över 2,5 mm/m, allt detta kan ses i Figur 14. Fler exempel på årlig IRI-tillväxt för ABS-beläggningar i olika ÅDT-klasser finns beskrivet i Bilaga 1.

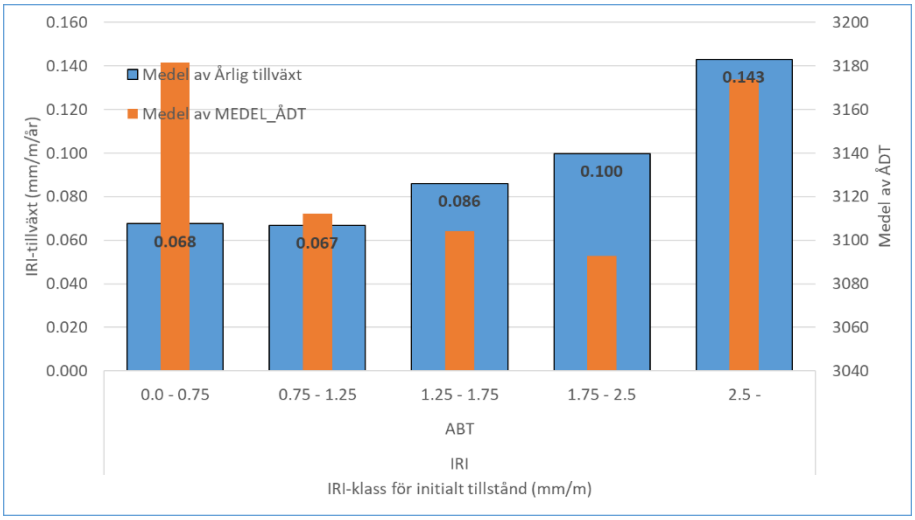
ABT

ABT-beläggningar ligger på det mellantrafikerade vägnätet. Jämför vi fördelningarna av andelen 100 meterssträckor i de två lägsta klasserna för lågt initialt IRI för ABT- och ABS-beläggningarna ser vi att det finns en lägre andel ABT-beläggningar i dessa klasser, se Figur 15. Det beror på den lägre vägstandarden med sämre tillstånd. 65 % av 100 meterssträckorna ligger i de två lägsta klasserna för initialt IRI mot 84 % för ABS.



Figur 15 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för IRI för ABT-beläggningar.

ABS-beläggningarna och ABT-beläggningarna uppvisar en likvärdig årlig tillväxttakt för IRI i de olika klasserna för initialt tillstånd. Trafikmängden (ÅDT) är likvärdig i de olika IRI-klasserna och mindre än hälften mot ABS-beläggningarnas ÅDT, se Figur 16.

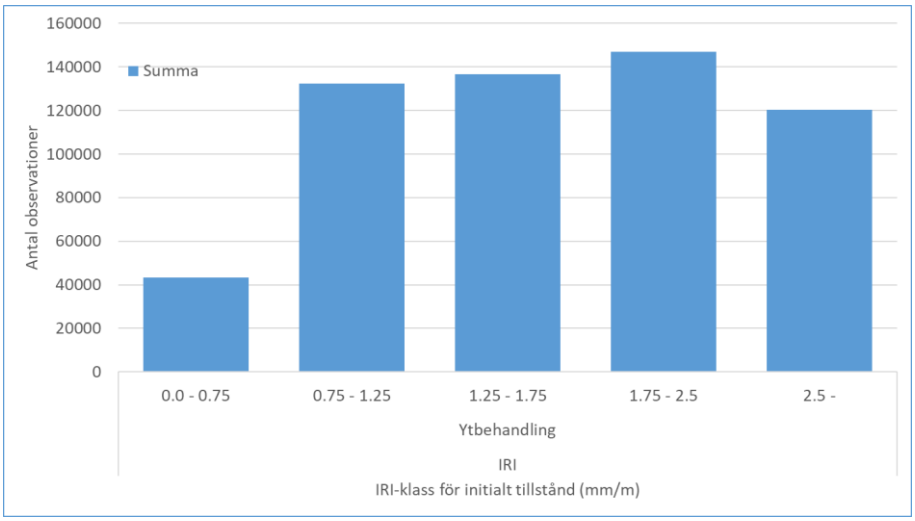


Figur 16 Årlig IRI-tillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ABS-beläggningar.

Fler exempel för årlig tillväxt av IRI på ABT-beläggningar i olika trafikklasser visas i Bilaga 2.

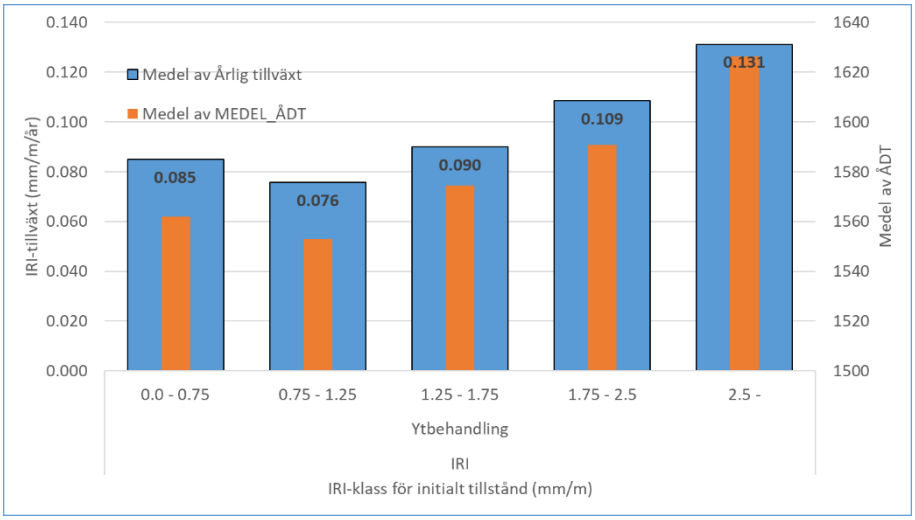
Ytbehandling

Slutligen ser vi till ytbehandlingar som läggs på det lågtrafikerade vägnätet. En ytbehandling är en åtgärd som ger en marginell förbättring av ytans jämnhet eftersom åtgärden är starkt beroende av det underliggande lagrets standard. Vi ser ganska tydligt i fördelningen av initialvärdet för IRI (Figur 17) att en ytbehandling inte förbättrar tillståndet i samma utsträckning som ABT och ABS, tyngdpunkten för initialt IRI är förskjutet till klassen 1,75 till 2,5 mm/m.



Figur 17 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för IRI för ytbehandlingar.

Tendenserna för den årliga utvecklingen av IRI på ytbehandlingar liknar den som observerades på ABT- och ABS-beläggningar, se Figur 18. Noterbart är att utvecklingstakten inte är högre (inom respektive kategori för initialt värde) för denna beläggningstyp vilket sannolikt beror på att trafikmängden är hälften av den som går på ABT-beläggningar och en fjärdedel av den som går på ABS-beläggningar.



Figur 18 Årlig IRI-tillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ytbehandlingar.

Fler exempel på årlig tillväxt av IRI på ytbehandlingar i olika trafikklasser visas i Bilaga 3.

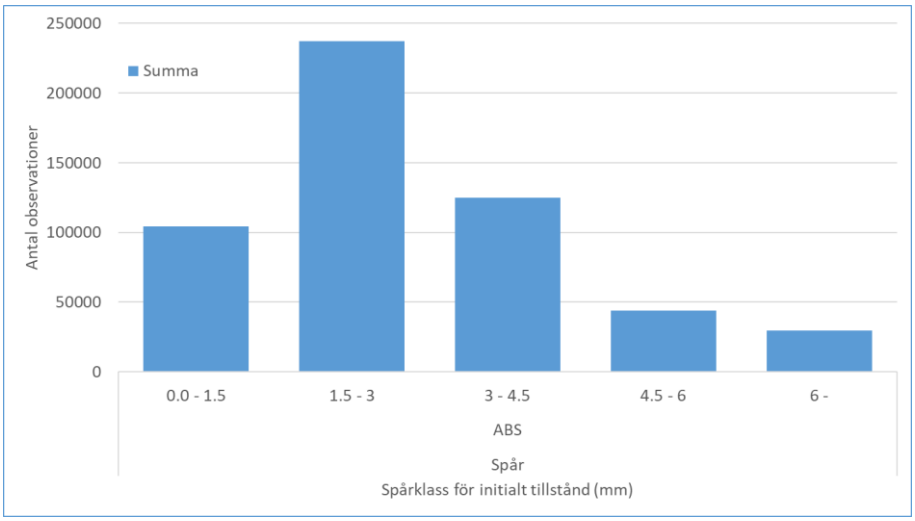
Verifiering av utvecklingstakt för IRI från LTPP-data

En rimlighetsbedömning av de årliga tillväxttakter som beräknats från 100 m data från PMSv3 har gjorts mot LTPP-data (Göransson, 2017) (Long Term Pavement Performance). De sträckor som ingår i LTPP-programmet har en trafikmängd som huvudsakligen är måttlig till låg, men en relativt hög andel tung trafik. Sträckorna har olika beläggningstyper, från tankbeläggning till ABS och är alla s.k. byggda vägar. Den genomsnittliga årliga tillväxttakten för IRI för alla sträckor ligger på 0,101 mm/m (detta inkluderar alla initiala tillstånd för IRI på LTPP-sträckorna), vilket är i samma härad som det resultat vi har observerat med data från PMSv3.

8.2.2. Initialvärdets betydelse för den årliga tillväxten av spårdjup

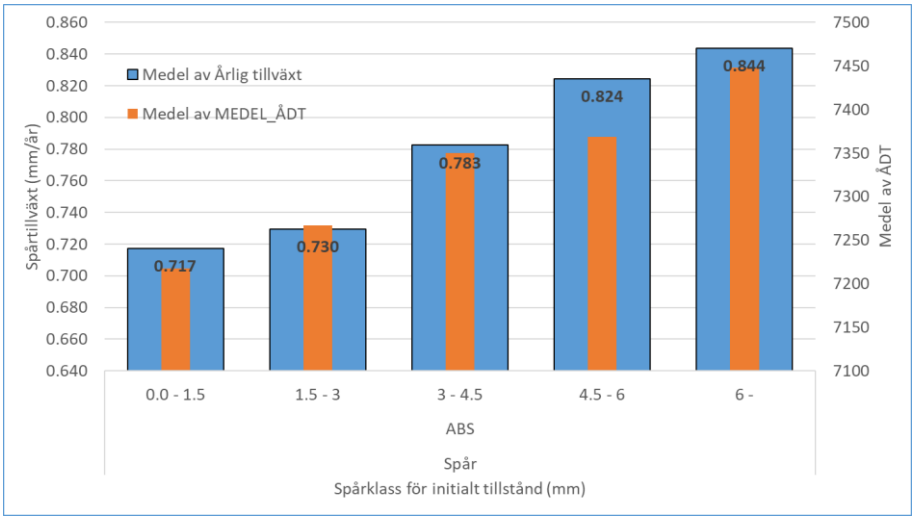
ABS

Vi inleder med att se till den årliga tillväxten av spår på ABS-beläggningar.



Figur 19 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för spår för ABS-beläggningar.

Vi ser av resultatet i Figur 19 att 63 % av det initiala tillståndet ligger under 3 mm, som är ett gränsvärde som normalt används för 20 m värden vid godkännande av en entreprenad. 86 % av initialvärdena ligger under 4,5 mm.

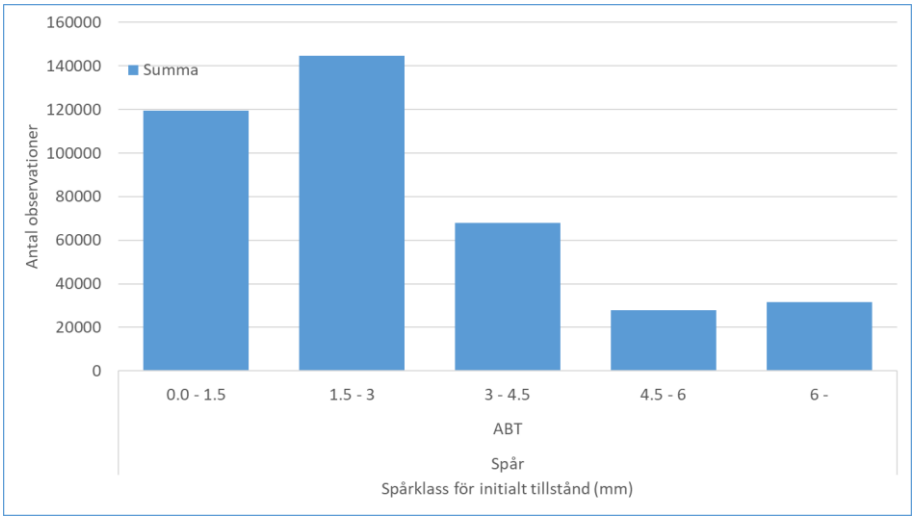


Figur 20 Årlig spårtillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ABS-beläggningar.

Medelvärdet för ÅDT inom de olika klasserna för initialt tillstånd är relativt lika, det skiljer drygt 200 fordon per dygn som mest. Den årliga spårdjupsutvecklingen visar en tydlig trend för ABS-beläggningarna, ett bra initialt tillstånd ger en lägre årlig utveckling, se Figur 20. Den årliga tillståndförändringen är ca 17 % högre för sträckor med stora initiala spår i jämförelse med de sträckor som har ett initialt spår under 3 mm. Fler exempel på årlig spårtillväxt för ABS-beläggningar i olika ÅDT-klasser finns beskrivet i Bilaga 4.

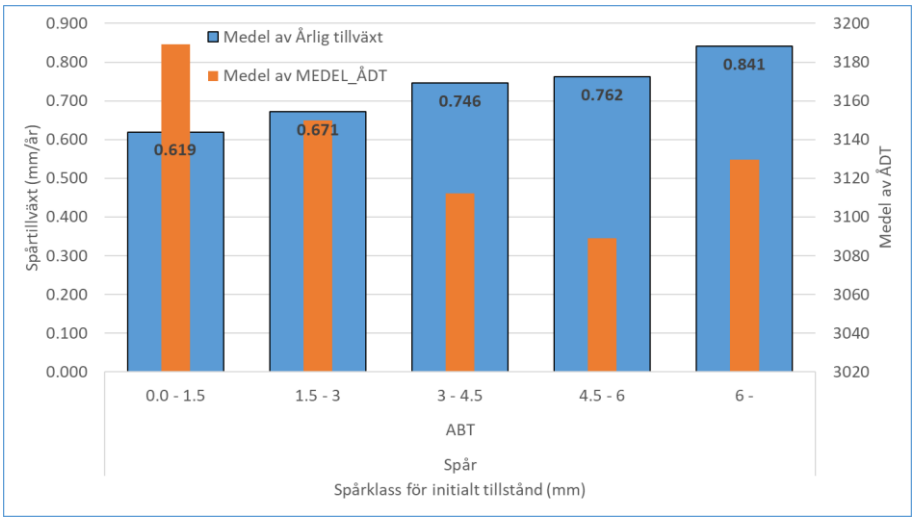
ABT

Vi går vidare med ABT-beläggningar.



Figur 21 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för spår för ABT-beläggningar.

Vi ser att huvuddelen av 100 metersträckorna fördelar sig på de två lägsta kategorierna för initialt spårdjup (<3 mm), ca 67 %, se Figur 21. Detta är jämförbart med ABS-beläggningar.

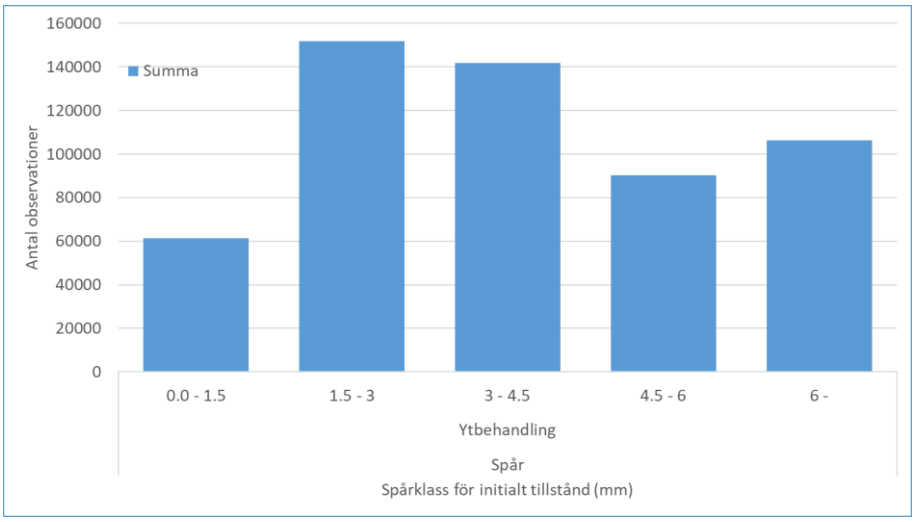


Figur 22 Årlig spårtillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ABT-beläggningar.

Medelvärdet för ÅDT inom de olika klasserna för initialt tillstånd är relativt lika, det skiljer drygt 100 fordon per dygn som mest, se Figur 22. Den årliga spårdjupsutvecklingen visar en tydlig trend för ABT-beläggningarna, ett bra initialt tillstånd ger en lägre årlig utveckling. Den årliga tillståndföränd-ringen är mer än 30 % större för sträckor med stora initiala spår i jämförelse med de sträckor som har ett initialt spår under 3 mm. Fler exempel på årlig spårtillväxt för ABT-beläggningar i olika ÅDT-klasser finns beskrivet i Bilaga 5.

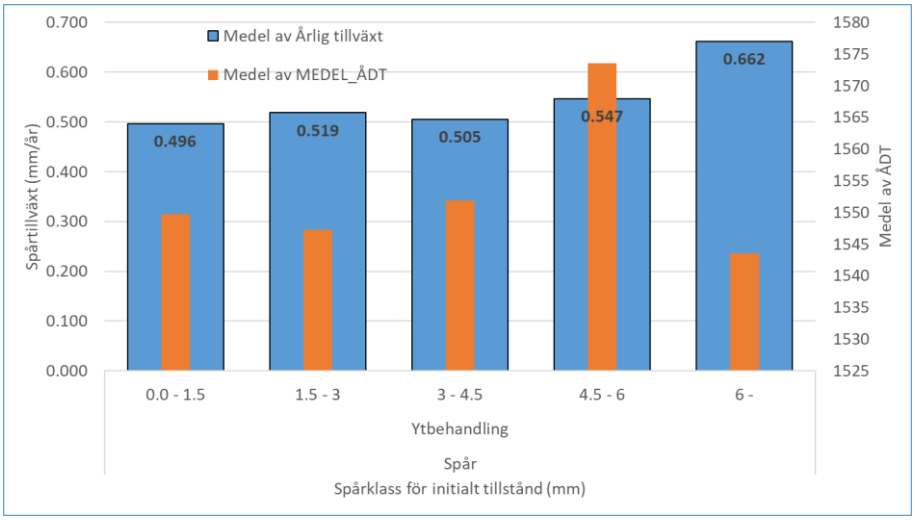
Ytbehandling

Slutligen visar vi spårtillväxten för ytbehandlingar. Inledningsvis ser vi hur antalet 100 metersträckor fördelar sig på initialt tillstånd, se Figur 23.



Figur 23 Antal observationer (100 m sträckor) inom intervallen för initialt tillstånd för spår för beläggningstypen ytbehandlingar.

Fördelningen av antal sträckor inom spårklasserna skiljer sig mellan ytbehandlingarna och ABS- och ABT-beläggningarna på så sätt att det finns fler observationer i klasserna för högre initialvärden, se Figur 23. Detta diskuterades i kapitlet för IRI (kapitel 8.2.1), en ytbehandling har en begränsad förbättringseffekt för jämnheten men ger en skyddande yta mot slitage och nedträngande vatten i eventuella sprickor.



Figur 24 Årlig spårtillväxt för sträckor med olika initialt tillstånd, ytbehandlingar.

Skillnaden av medelvärdena för ÅDT inom respektive klass för initialt tillstånd för spårdjup ligger under 100 fordon per dag. Det innebär att det är ungefär samma trafikarbete i de olika klasserna för initialt tillstånd. Vi ser i Figur 24 att den årliga spårtillväxten ligger på samma nivå för vägar med initialspår under 4,5 mm, i de två högre klasserna ökar tillväxttakten. Årlig tillväxttakt för spår är generellt lägre för ytbehandlingar än för både ABS- och ABT-beläggningar. Fler exempel på årlig spårtillväxt för ytbehandlingar i olika ÅDT-klasser finns beskrivet i Bilaga 6.

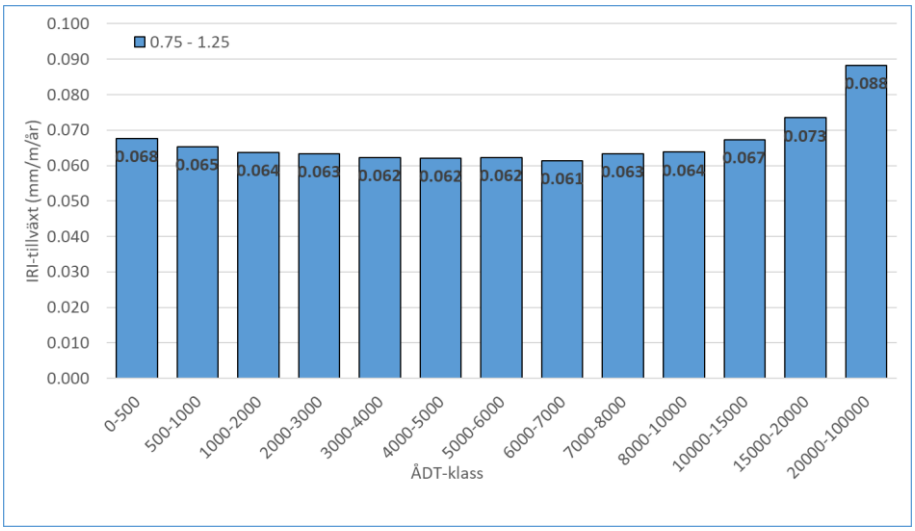
Verifiering av utvecklingstakt för spårdjup från LTPP-data

En rimlighetsbedömning av de årliga tillväxttakter som beräknats från 100 m data från PMSv3 har gjorts mot LTPP-data (Göransson, 2017). Den genomsnittliga årliga tillväxttakten för spårdjup max_{17} (samma mätstorhet som undersöks från PMSv3) för alla sträckor ligger på 0,90 mm (detta inkluderar alla initiala tillstånd för spårdjup på LTPP-sträckorna), vilket ligger i samma härad som det resultat vi har observerat med data från PMSv3.

8.2.3. Förväntad utvecklingstakt vid bra initialt tillstånd i olika ÅDT-klasser

De vanligaste initiala IRI-värdena för en ABS-beläggning ligger mellan 0,75 mm/m och 1,25 mm/m. Detta är den nivå på jämnheten som man strävar efter att ha på en totalentreprenad. Resultatet i detta kapitel skulle därför kunna användas som underlag för att beräkna förväntad livslängd (tid till nästa åtgärd). För att öka på användbarheten ytterligare behöver även skyltad hastighet, vägbredd och geografisk information tas hänsyn till.

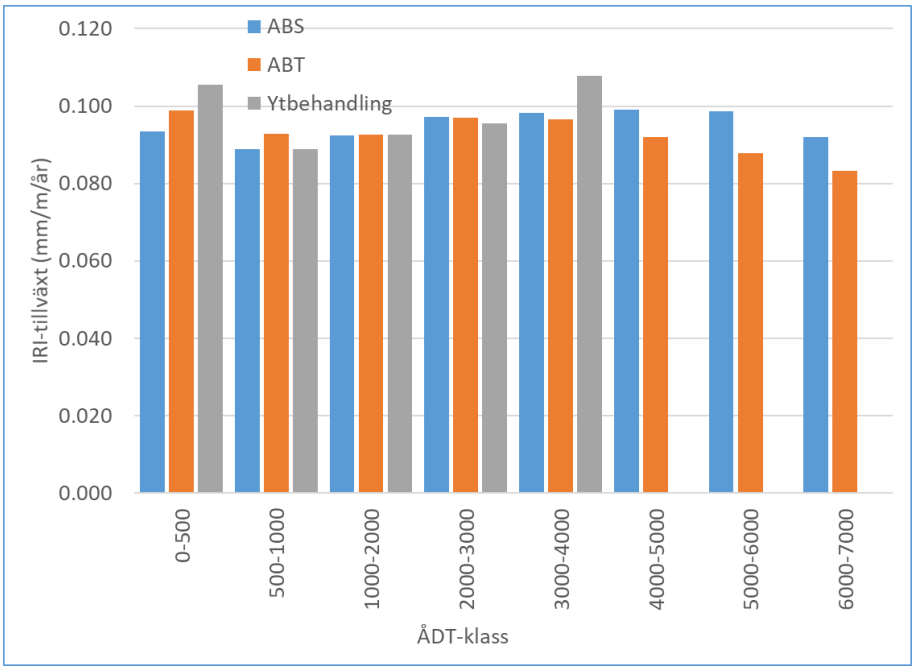
I Figur 25 visas den årliga tillväxttakten för IRI i olika ÅDT-klasser då IRI har ett initialtillstånd mellan 0,75 mm/m och 1,25 mm/m.



Figur 25 Årlig tillväxttakt för IRI i olika ÅDT-klasser på ABS-beläggningar för sträckor med initialt IRI-tillstånd mellan 0,75 och 1,25 mm/m.

På vägar med ÅDT mellan 1 000 och 10 000 är den årliga tillväxttakten väldigt stabil, runt 0,063 mm/m. Vägar med låg ÅDT har något högre årlig tillväxttakt vilket förmodligen beror på att denna vägkategori har en svagare konstruktion. Den kategorin bygger också på relativt få observationer. Även de vägarna med högre trafikvolymer (> 10 000 fordon/dygn) har en högre årlig tillväxttakt av IRI. Här är större trafikbelastning och påverkan på ytan och vägkroppen den troliga förklaringen.

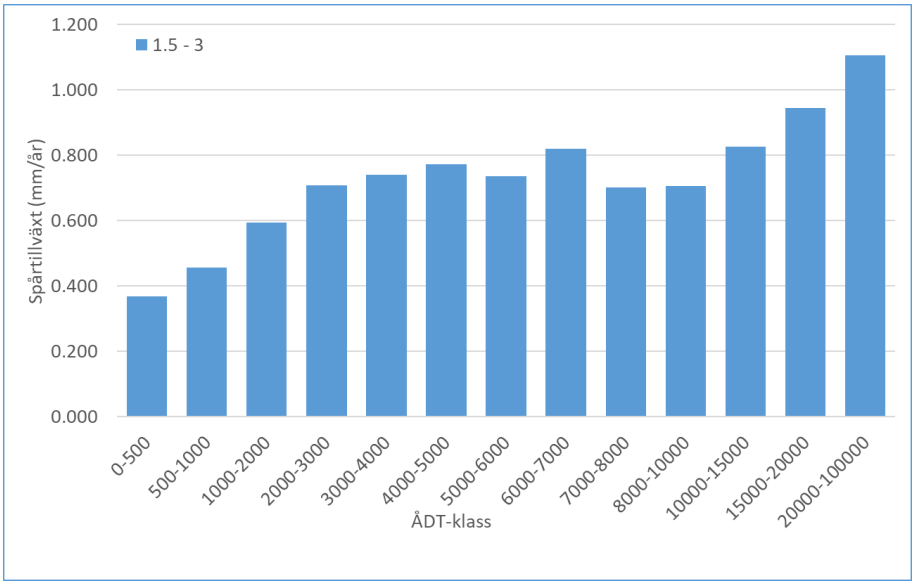
En jämförelse avseende årlig IRI-tillväxt mellan de tre beläggningstyperna som ingår i undersökningen finns sammanställt i Figur 26 (oberoende av initialt tillstånd). Det finns inga tydliga tendenser att en beläggningstyp har högre eller lägre årlig IRI-tillväxt. En förväntad bild hade varit att ABS-beläggningarna skulle klara sig bäst i jämförelsen, men resultatet är inte entydigt.



Figur 26 Årlig IRI-tillväxt per ÅDT-klass för ABS, ABT och ytbehandling.

Motsvarande sammanställning för den årliga tillväxttakten för spårdjup vid initialt tillstånd mellan 1,5 mm och 3,0 mm uppdelat på trafikarbetet (ÅDT), visas i Figur 27. Ett initialt tillstånd för spårdjup mellan 1,5 mm och 3,0 mm strävar de flesta totalentreprenader att åstadkomma.

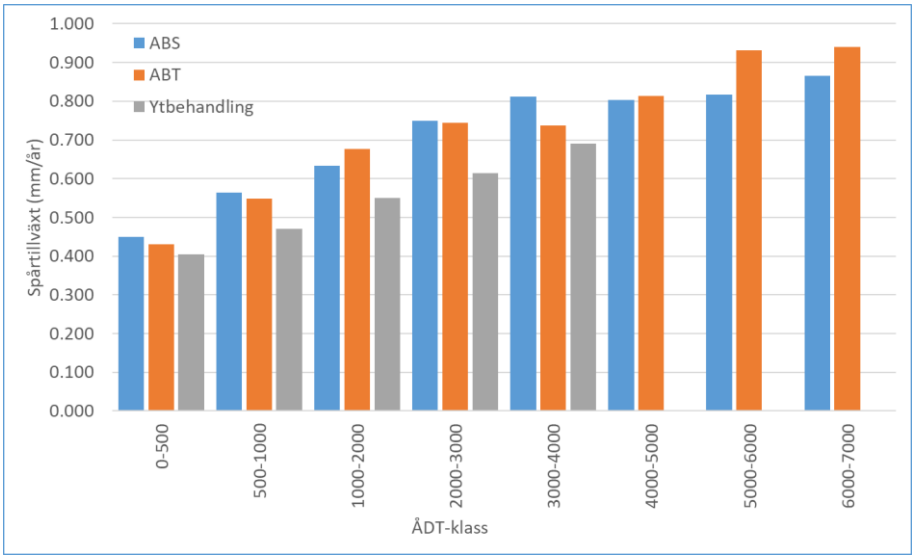
De fyra lägsta klasserna för ÅDT har ett relativt linjärt samband mellan ÅDT och tillväxttakten. För ÅDT-klasserna mellan 2 000 och 10 000 fordon/dygn är nivån relativt stabil, runt 0,7 mm/år, med något enstaka undantag (ÅDT-klass 6 000 och 7 000). Den årliga tillväxttakten för spår vid ÅDT över 10 000 ökar med ökande trafikmängd och uppgår till nästan 1,1 mm/år vid ÅDT större än 20 000.



Figur 27 Årlig tillväxttakt för spårdjup i olika ÅDT-klasser på ABS-beläggningar för sträckor med initialt spår mellan 1,5 och 3,0 mm.

En jämförelse avseende årlig spårtillväxt mellan de tre beläggningstyperna som ingår i undersökningen finns sammanställd i Figur 28 (oberoende av initialt tillstånd). Det finns tendenser att

ytbehandlingarna har en lägre årlig tillväxttakt i motsvarande ÅDT-klass, tvärtemot vad som kan förväntas. Vi ser också en tydlig trend att årlig spårtillväxt ökar med ökad trafikmängd, som förväntat.



Figur 28 Årlig spårtillväxt per ÅDT-klass för ABS, ABT och ytbehandling.

9. Initialvärden för nya beläggningar

En väl utförd beläggningsåtgärd har förutsättningar att ge långa åtgärdsintervall för beläggningen, det ser vi från resultatet av föregående kapitel (kapitel 8). Om initialspåret på en väg ligger på 5 mm när kravet är 3 mm har vi redan tappat mer än två år på beläggningens livslängd. Om vi dessutom schablonmässigt räknar med att utvecklingstakten är sämre på ett sådant vägavsnitt är vi uppe i mer än tre års skillnad i livslängd mellan en godkänd sträcka och en sträcka med ett spår 2 mm över kravgränsen. Visserligen finns det en stor osäkerhet i den schablonmässiga tillväxttakten men den avspeglar ändå ett snitt för de statliga vägarna.

För att orientera läsaren om vilka nivåer vi kan förvänta oss vid vägytemätning på nya beläggningar har en sammanställning gjorts av IRI, spårdjup från tre olika datakällor. MPD har också sammanställts från vägnätsmätningen, punkt 1 nedan.

1. Kapitel 9.1 – Data från vägnätsmätning. Uttag ur PMSv3 är gjort med villkoret att mätningen ska vara utförd max 6 månader efter beläggningsåtgärd.
2. Kapitel 9.2 – Data från objektmätning. En sammanställning av objektmätningar utförda på underhållsbeläggningar. Mätning, oftast inom en månad efter åtgärd.
3. Kapitel 9.3 – Data från objektmätning. En sammanställning av objektmätningar utförda på investeringsobjekt. Mätning, oftast inom en månad efter åtgärd.

9.1. Initialvärden beräknat från vägnätsmätning

Trafikverket handlar upp vägnätsmätning i konkurrens. Det har pågått sedan 1996 då den första konkurrensutsatta upphandlingen genomfördes. Ett kontrakt omfattar normalt fem år. Det innebär att olika mätleverantörer utför mätningen under olika perioder och i olika delar av landet. Under vissa perioder har en leverantör stått för all mätning medan mätningen delats mellan som mest två leverantörer under andra perioder. Vi sammanställer initialvärdena dels för respektive upphandlingsperiod och dels sammanslaget för hela den period vi valt att begränsa oss till, 2005 – 2017. Det ger oss tre perioder, 2005–2009, 2010–2014 och den pågående perioden 2015–2017 utöver sammanslagningen som inkluderar hela tidsspannet.

När vi ser på resultatet av sammanställningen av initialvärden från vägnätsmätning måste vi vara medvetna om att det finns brister i inrapporteringen av åtgärder och åtgärdsdatum. Mycket tyder på att rapporteringen är mer noggrann idag än för tio år sedan och att mer information om åtgärden rapporteras idag. Detta innebär att vi har större tilltro till sammanställningen av de senare perioderna. Vi redovisar varje beläggningstyp för sig med en uppdelning på maximal stenstorlek.

Den data som selekterats och ingår i analysen är mätningar vars mätdatum är 0 till 6 månader efter rapporterat datum för beläggningsåtgärd. I och med att den period då mätningar normalt görs följer beläggningssäsongen som infaller mellan första maj till sista oktober räknar vi med att den absoluta majoriteten av sträckor som ingår i analysen är mätningar gjorda under samma säsong som beläggningen är lagd, d.v.s. vi har endast en försvinnande liten del dubbdäckstrafik på sträckorna som skulle kunna påverka resultatet. All data har medelvärdesbildats till 100 m innan beräkningarna har utförts. För att en sträcka ska användas i analysen krävs dessutom att maximal stenstorlek är registrerad för den åtgärd som är utförd.

Extra information om initialvärdets fördelning för beläggningstyperna, ABS, ABT, ytbehandling, TSK, IM, IMT och MJOG finns i Bilaga 7.

9.1.1. ABS

Asfaltbetong stenrik (ABS) är den mest förekommande beläggningstypen på våra större vägar utanför tätbebyggt område. Den läggs ofta för att motstå slitage och hög belastning på högtrafikerade vägar.

Normalt används 16 mm maximal stenstorlek men 11 mm är inte heller ovanlig. Antal 100 meters-sträckor som använts i analysen är för

- ABS11 108 000 stycken
- ABS16 595 000 stycken

Tabell 11 Initialvärden på ny ABS11 beläggning för IRI, spårdjup och MPD.

ABS16	**IRI (mm/m)**		**Spår (mm)**		**MPD (mm)**		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	1,17	1,18	3,81	2,88	0,96	0,99	0,99
2010–2014	1,23	1,25	3,58	2,91	0,96	0,98	0,94
2015–2017	1,15	1,17	4,62	4,29	0,95	0,86	0,94
2005–2017	1,18	1,19	4,04	3,38	0,96	0,94	0,96
Stdav.							
2005–2009	0,80	0,82	2,94	2,14	0,31	0,48	0,65
2010–2014	0,97	1,01	3,22	2,57	0,29	0,33	0,30
2015–2017	0,85	0,86	2,99	2,81	0,19	0,29	0,21
2005–2017	0,86	0,88	3,05	2,58	0,27	0,39	0,47
Median							
2005–2009	0,98	0,97	2,80	2,20	0,95	0,94	0,92
2010–2014	0,95	0,94	2,40	1,90	0,98	0,96	0,96
2015–2017	0,91	0,92	4,20	3,90	0,95	0,82	0,93
2005–2017	0,94	0,94	3,10	2,50	0,95	0,90	0,93

De felaktigheter som tidigare diskuterats med framförallt bristande rapportering av beläggningsdatum kan avspegla sig relativt mycket vid beräkning av medelvärde och standardavvikelse om mätningar på gamla beläggning av misstag ingår i analysen. Medianvärdet är därför en bättre skattning för ”medeltillståndet” på en ny beläggning, då extremvärden inte påverkar beskrivningen i samma utsträckning.

Skillnaderna är relativt små mellan de olika upphandlingsperioderna med undantag för spårdjup. Den innevarande perioden, 2015 till 2017 har betydligt större initialspår. Vi ser också att standardavvikelserna är stora om de sätts i relation till medel- och medianvärdena. MPD har en standardavvikelse som är ungefär en tredjedel av medelvärdet medan IRI och spårdjup har standardavvikelser i paritet med medelvärdet.

Tabell 12 Initialvärden på ny ABS16 beläggning för IRI, spårdjup och MPD.

ABS16	IRI (mm/m)		Spår (mm)		MPD (mm)		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	1,09	1,08	3,56	2,88	1,12	1,18	1,13
2010–2014	1,04	1,04	4,17	3,44	1,12	1,20	1,10
2015–2017	1,11	1,12	4,21	3,41	1,17	1,18	1,15
2005–2017	1,07	1,08	3,95	3,24	1,14	1,19	1,13
Stdav.							
2005–2009	0,57	0,58	2,41	2,04	0,41	0,46	0,42
2010–2014	0,56	0,56	3,27	2,79	0,36	0,36	0,33
2015–2017	0,66	0,69	4,13	3,45	0,32	0,30	0,31
2005–2017	0,60	0,57	3,01	2,56	0,36	0,37	0,34
Median							
2005–2009	0,96	0,94	2,90	2,30	1,11	1,16	1,12
2010–2014	0,90	0,90	3,20	2,50	1,12	1,19	1,08
2015–2017	0,93	0,93	2,80	2,20	1,19	1,19	1,16
2005–2017	0,93	0,91	3,10	2,50	1,14	1,19	1,12

Om vi ser till ABS16 är medianvärdena för de olika upphandlingsperioderna relativt likvärdiga. Jämför vi med ABS11 (Tabell 11) ligger spårdjup och IRI väldigt lika medan MPD är högre för ABS16 beläggningen. Storleken för MPD korrelerar positivt med maximal stenstorlek.

9.1.2. ABT

Asfaltbetong tät används inte på de mest högtrafikerade vägarna men heller inte på de minst trafikerade. Ytan är tätare än ABS-beläggningen, vilket framgår av namnet.

Antal 100 m sträckor, som använts i analysen är för

- ABT11 221 000 stycken
- ABT16 445 000 stycken

Tabell 13 Initialvärden på ny ABT11 beläggning för IRI, spårdjup och MPD.

ABT11	**IRI (mm/m)**		**Spår (mm)**		**MPD (mm)**		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	2,17	2,18	5,14	4,11	0,83	0,84	0,83
2010–2014	1,90	1,93	5,65	4,82	0,79	0,85	0,84
2015–2017	2,34	2,55	5,72	4,51	0,95	1,08	1,01
2005–2017	2,19	2,30	5,55	4,49	0,88	0,96	0,92
Stdav.							
2005–2009	1,45	1,47	4,85	3,76	0,49	0,51	0,51
2010–2014	1,35	1,40	4,22	3,64	0,35	0,45	0,39
2015–2017	1,53	1,65	4,35	3,36	0,37	0,48	0,42
2005–2017	1,48	1,57	4,46	3,55	0,41	0,49	0,45
Median							
2005–2009	1,81	1,85	3,50	2,90	0,68	0,68	0,66
2010–2014	1,56	1,55	4,60	3,80	0,73	0,76	0,75
2015–2017	1,97	2,15	4,70	3,70	0,91	1,05	0,95
2005–2017	1,80	1,90	4,40	3,50	0,82	0,89	0,83

Initialvärdena för ABT11 (Tabell 13) är förvånansvärt höga. Höga IRI och spårdjup, genomgående högre spridning än motsvarande ABT16 (Tabell 14) beläggning. Ett initialt IRI-värde på runt 2,0 mm/m är ovanligt dålig för att vara en nylagd väg. ABT16 uppvisar mer normala nivåer, den standard som vi förväntar oss att en ny beläggning ska ha.

Tabell 14 Initialvärden på ny ABT16 beläggning för IRI, spårdjup och MPD.

ABT16	IRI (mm/m)		Spår (mm)		MPD (mm)		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	1,52	1,57	4,08	3,14	0,70	0,76	0,71
2010–2014	1,30	1,31	4,25	3,51	0,80	0,81	0,77
2015–2017	1,20	1,24	3,44	2,89	0,83	0,82	0,81
2005–2017	1,30	1,32	3,83	3,15	0,79	0,80	0,78
Stdav.							
2005–2009	1,13	1,17	3,89	2,77	0,34	0,56	0,42
2010–2014	0,96	0,91	3,49	2,89	0,33	0,38	0,32
2015–2017	0,84	0,88	3,03	2,53	0,32	0,31	0,30
2005–2017	0,95	0,96	3,39	2,71	0,33	0,39	0,33
Median							
2005–2009	1,19	1,22	2,70	2,20	0,62	0,65	0,63
2010–2014	1,06	1,06	3,00	2,50	0,77	0,73	0,72
2015–2017	0,98	0,99	2,40	2,00	0,75	0,75	0,76
2005–2017	1,04	1,05	2,70	2,20	0,73	0,72	0,72

9.1.3. Ytbehandlingar

Ytbehandlingar läggs främst på det lågtrafikerade vägnätet, en enklare och mer miljövänlig metod i jämförelse med asfaltbetong och dessutom mer kostnadseffektiv men som inte ger några förstärkningseffekter eller nämnvärd förbättring av jämnheten. Ganska ofta justeras underlaget innan åtgärden utförs vilket ger bättre förutsättningar för en jämn yta. Resultatet för MPD från en mätning på en ytbehandling är starkt beroende av hur tätt inpå åtgärden mätningen är gjord. I hjulspåren minskar texturen (MPD) relativt snabbt efter trafikpåsläpp då stenarna orienterar sig och trycks fast ordentligt av trafikbelastningen och emulsionen kan också tryckas upp varma sommardagar vilket också ger minskande texturnivåer.

Antal 100 m sträckor, som använts i analysen är för

- Y8 532 000 stycken
- Y11 623 000 stycken
- Y16 61 000 stycken

Tabell 15 Initialvärden på ny ytbehandling med max stenstorlek 8 mm för IRI, spårdjup och MPD.

Y8	**IRI (mm/m)**		**Spår (mm)**		**MPD (mm)**		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	2,80	2,76	6,28	5,16	1,33	1,42	1,37
2010–2014	2,35	2,35	2,83	5,58	1,30	1,51	1,39
2015–2017	2,80	2,77	6,77	5,23	1,79	2,05	1,92
2005–2017	2,66	2,64	6,73	5,33	1,58	1,80	1,68
Stdav.							
2005–2009	1,52	1,51	4,03	3,16	0,48	0,53	0,47
2010–2014	1,53	1,45	4,24	3,34	0,55	0,69	0,58
2015–2017	1,50	1,52	5,01	3,78	0,50	0,54	0,47
2005–2017	1,53	1,51	4,66	3,57	0,57	0,66	0,58
Median							
2005–2009	2,47	2,42	5,30	4,40	1,32	1,43	1,37
2010–2014	1,93	1,96	6,10	4,90	1,24	1,43	1,34
2015–2017	2,45	2,39	5,30	4,10	1,85	2,04	1,93
2005–2017	2,30	2,27	5,50	4,40	1,62	1,84	1,73

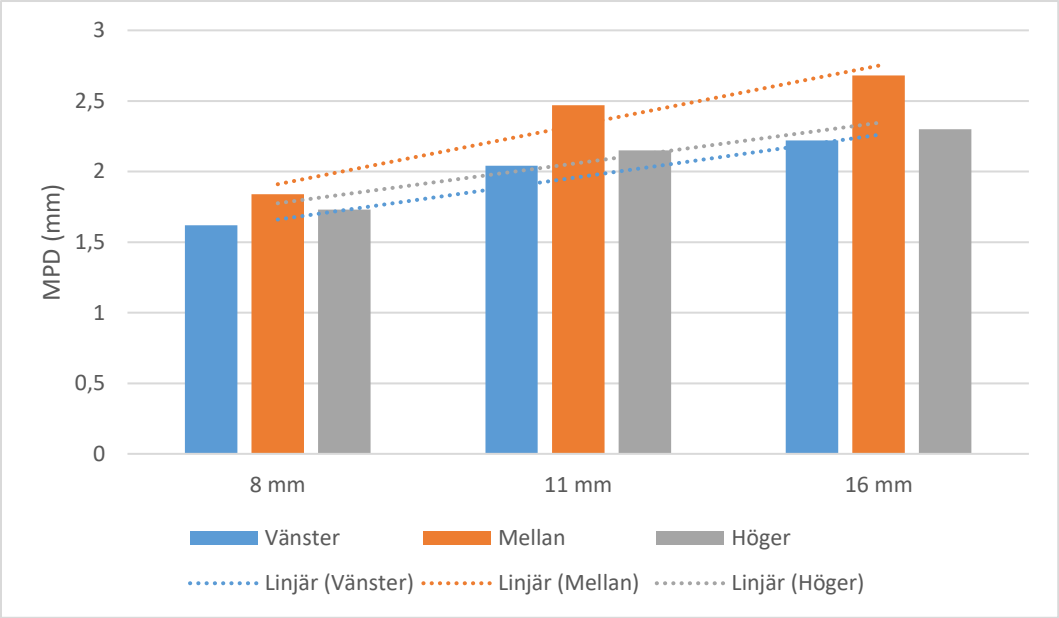
Tabell 16 Initialvärden på ny ytbehandling med max stenstorlek 11 mm för IRI, spårdjup och MPD.

Y11	**IRI (mm/m)**		**Spår (mm)**		**MPD (mm)**		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	1,72	1,72	5,33	4,42	1,67	2,03	1,78
2010–2014	1,97	2,01	6,42	5,00	1,88	2,27	1,96
2015–2017	1,96	1,97	5,97	4,81	2,20	2,63	2,36
2005–2017	1,93	1,96	6,10	4,84	1,97	2,37	2,09
Stdav.							
2005–2009	0,98	0,98	3,08	2,53	0,55	0,55	0,56
2010–2014	1,18	1,18	3,78	2,84	0,54	0,64	0,55
2015–2017	1,06	1,08	3,43	2,73	0,48	0,53	0,50
2005–2017	1,11	1,12	3,58	2,77	0,55	0,63	0,58
Median							
2005–2009	1,48	1,48	4,60	3,70	1,71	2,10	1,83
2010–2014	1,65	1,69	5,60	4,30	1,96	2,39	2,05
2015–2017	1,68	1,68	5,10	4,10	2,25	2,72	2,40
2005–2017	1,64	1,66	5,20	4,20	2,04	2,47	2,15

De stenfraktioner som främst ska användas vid ytbehandling idag är 8 mm och 11 mm. 16 mm stenstorlek läggs endast undantagsvis när speciella krav på slitstyrka efterfrågas. Med 16 mm stenstorlek blir färden bullrig, mindre komfortabel och genererar högre rullmotstånd än med de mindre fraktionerna.

Resultatet från 8 mm och 11 mm stenstorlek (Tabell 15 och Tabell 16) visar på initialspår runt 5 mm och IRI värden mellan 1,6 mm och 2,0 mm. Förvånansvärt är att initialvärden för ABT11 ligger i paritet med Y8 och högre än Y11.

Nivån på MPD beror av stenstorleken, se Figur 29. MPD mellan spåren är det värdet som avspeglar texturen på en ny otrafikerad yta bäst medan MPD i hjulspåren är påverkat av trafiken och är därmed lägre än mellan spåren.



Figur 29 Förhållande mellan stenstorlek och MPD för ytbehandlingar.

Tabell 17 Initialvärden på ny ytbehandling med max stenstorlek 16 mm för IRI, spårdjup och MPD.

Y16	**IRI (mm/m)**		**Spår (mm)**		**MPD (mm)**		
Medel	V	H	17	15	V	M	H
2005–2009	2,46	2,47	6,55	5,37	2,17	2,61	2,24
2010–2014	2,89	2,88	6,86	5,69	1,79	2,07	1,96
2015–2017	1,90	1,85	7,17	5,84	2,29	2,64	2,44
2005–2017	2,46	2,45	6,74	5,53	2,10	2,49	2,21
Stdav.							
2005–2009	1,69	1,63	4,39	3,23	0,62	0,82	0,63
2010–2014	1,33	1,29	4,37	3,49	0,93	1,05	0,96
2015–2017	0,84	0,92	3,27	2,63	0,52	0,55	0,54
2005–2017	1,52	1,48	4,21	3,20	0,71	0,87	0,73
Median							
2005–2009	1,96	1,99	5,60	4,60	2,24	2,78	2,31
2010–2014	2,59	2,64	5,90	5,00	1,53	1,78	1,69
2015–2017	1,73	1,62	6,90	5,60	2,31	2,72	2,44
2005–2017	2,09	2,09	5,80	4,90	2,22	2,68	2,30

För ytbehandling med maximal stenstorlek 16 mm får vi ett initialt spår runt 5 mm och ett IRI-värde runt 2 mm/m. Texturnivåerna är höga och ligger väl över 2 mm.

9.2. Initialvärden från underhållsobjekt

Vid utförande av underhållsbeläggningar, vilket här definieras som nytt slitlager på befintlig väg, ställer Trafikverket krav på att den färdiga beläggningen ska uppfylla en viss jämnhet i både längsled och tvärled. Jämnhet i längsled kravställs med avseende på IRI medan jämnhet i tvärled kravställs med avseende på spårdjup max 17 eller spårdjup max 15. För att testa kraven genomförs vägytemätning med mätbil enligt TDOK 2014:0005 (eller tidigare versioner).

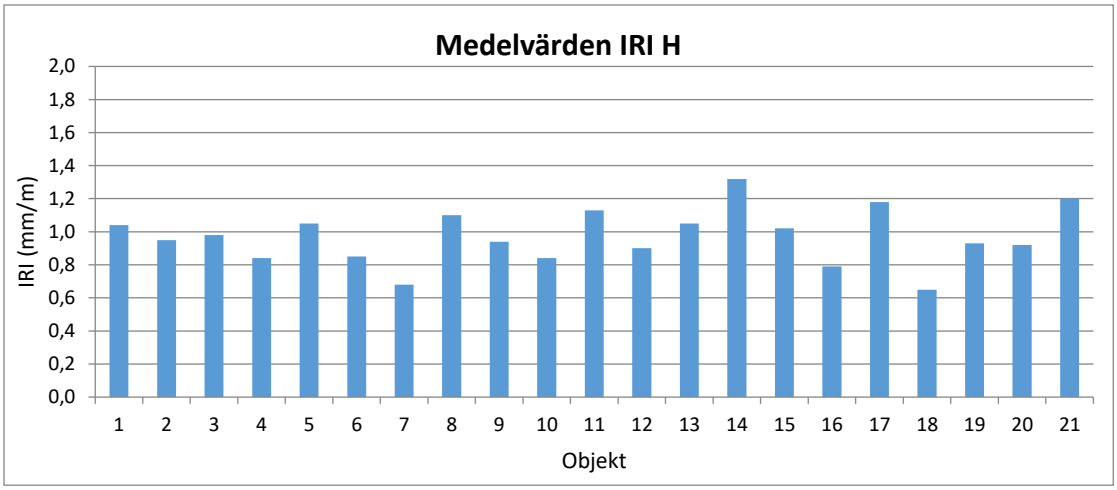
Underhållsbeläggningar innebär, som nämndes ovan, att endast ett nytt slitlager tillförs befintlig väg. Dock kan åtgärderna innan slitlagret skilja sig åt beroende på vägtyp och nödvändig förbättring av vägytan. Det kan exempelvis vara fräsning av befintligt slitlager, planfräsning av vägytan och justering av ojämnheter med asfaltmassa. I och med detta så är förutsättningar för att uppfylla kravnivåerna olika och den förväntade jämnheten är därmed också olika. Detta gäller framförallt för jämnhet i längsled där även tillståndet för den befintliga vägen kan inverka på den slutliga jämnheten.

Nedan redovisas mätvärden för 21 underhållsbeläggningar som är genomförda under perioden 2014–2017. Objekten är slumpmässigt utvalda, dock så att de är geografiskt spridda över landet samt att olika vägtyper finns representerade (vägbredd, ÅDT etc.). Trafikverkets princip har de senaste åren varit att genomföra objektmätning enligt TDOK 2014:0005 på vägar med $ÅDT_{total}$ >2000 vilket innebär att nedan redovisade mätvärden representerar denna kategori av vägar. Mätningarna är till största delen genomförda inom en månad från färdigställandet och endast inom den yta som åtgärden innefattar. Till skillnad från mätvärdena i föregående kapitel (9.1) så minskar därför risken att trafiken inverkat på mätvärdena. Det säkerställer också att mätvärdena endast representerar den nybelagda ytan.

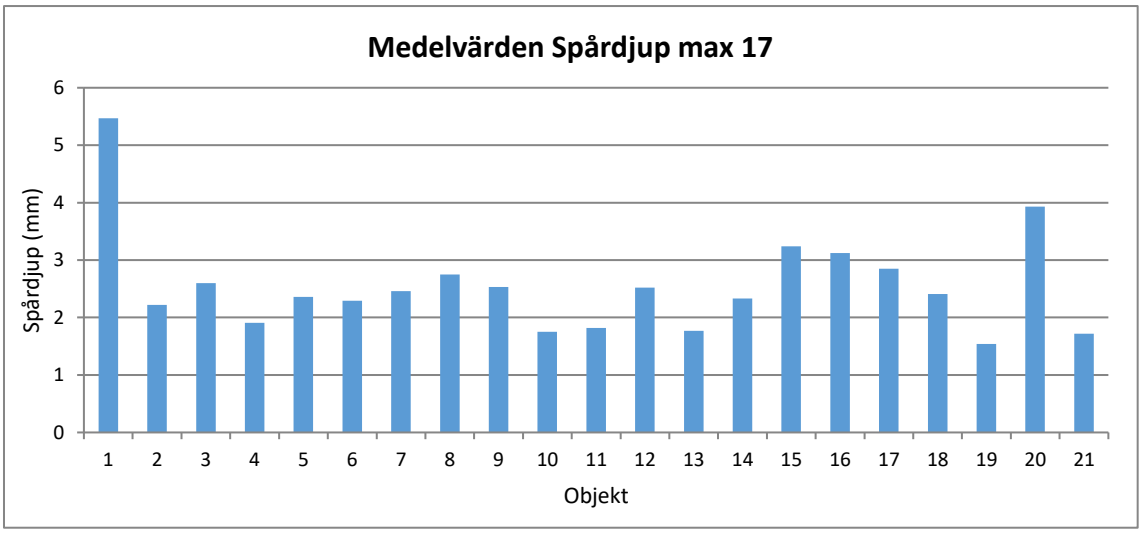
I Tabell 18 redovisas medelvärde, medianvärde, standardavvikelse och 97,5 % percentilen för parametrarna IRI H, spårdjup max 17 och spårdjup max 15. Till skillnad från mätvärdena i föregående kapitel så redovisas här endast de parametrar som kravställts i kontraktet mellan Trafikverket och utföraren av underhållsbeläggningen.

Tabell 18 Initialvärden baserat på 21 slumpmässigt utvalda underhållsbeläggningar under perioden 2014–2017.

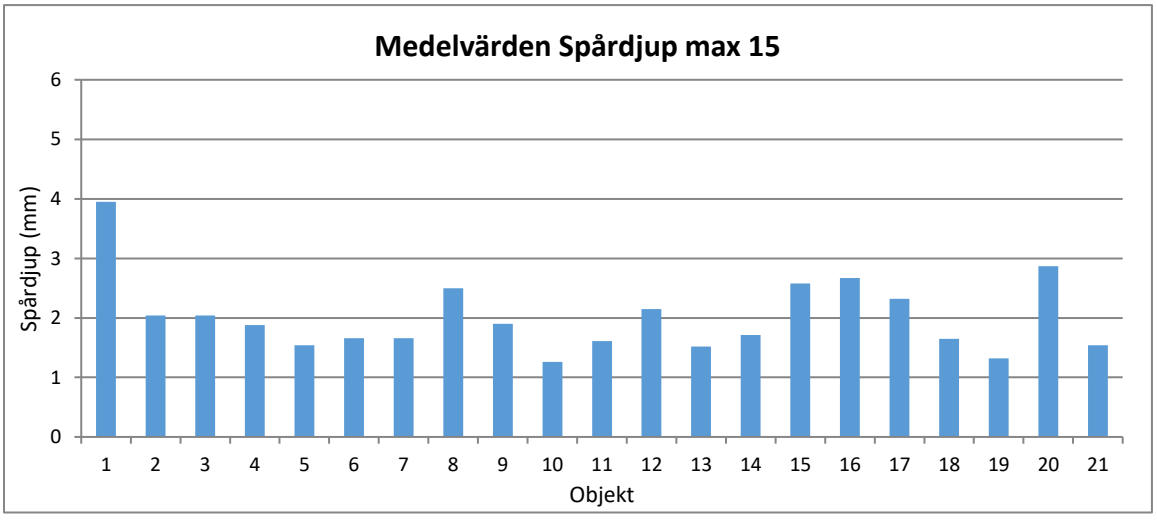
	IRI H	**Spårdjup max 17**	**Spårdjup max 15**
Medel	0,97	2,55	2,02
Median	0,88	2,42	1,93
Stdav	0,38	0,77	0,52
97,5 perc.	1,90	4,31	3,19



Figur 30 Medelvärden för IRI H för 21 underhållsbeläggningar.

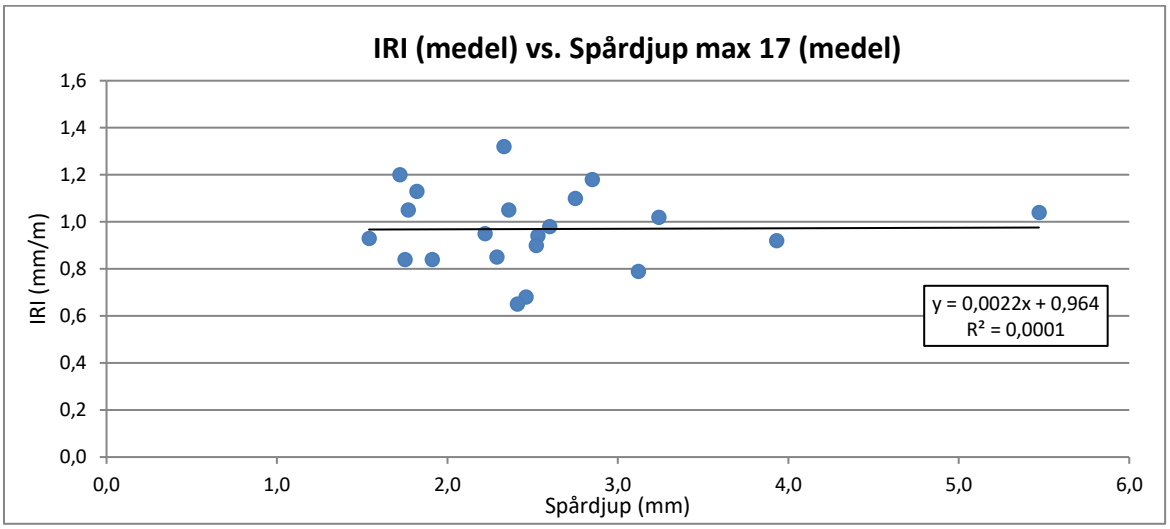


Figur 31 Medelvärden för Spårdjup Max 17 för 21 underhållsbeläggningar.

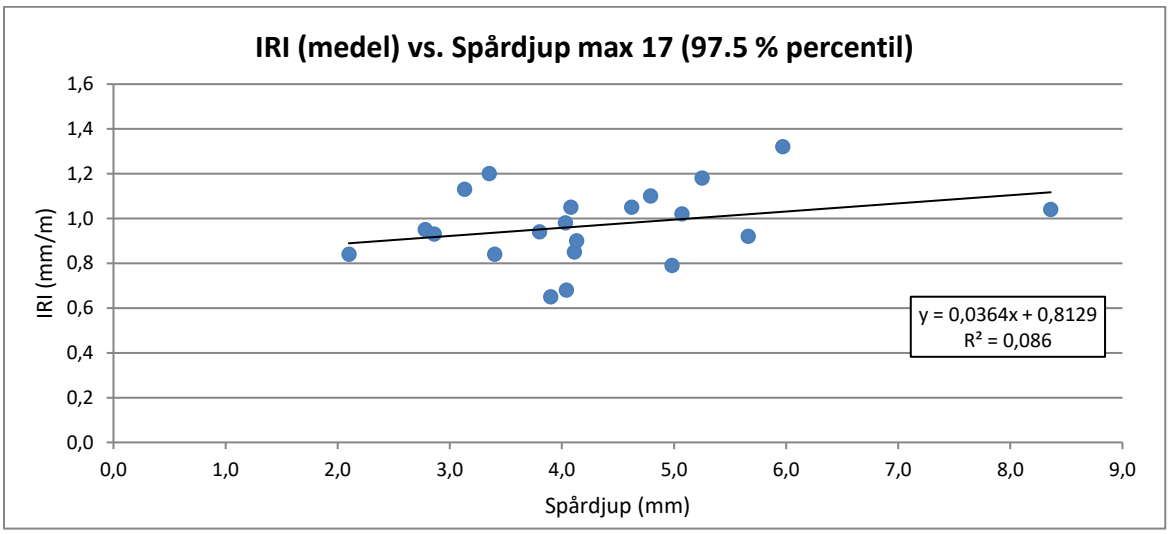


Figur 32 Medelvärden för Spårdjup Max 15 för 21 underhållsbeläggningar.

Resultatet visar en viss spridning för de ingående objekten, se Figur 30 till Figur 32. IRI varierar mellan 0,65 mm/m och 1,32 mm/m, spårdjup max 17 mellan 1,54 mm och 5,47 mm och spårdjup max 15 mellan 1,26 mm och 3,95 mm. Medelvärdet summerat för samtliga objekt ligger dock på det förväntade; 0,9 mm/m–1,0 mm/m för IRI och 2,0 mm–2,5 mm för spårdjup. Spridningen mellan objekten kan sannolikt förklaras dels med skillnader i utförandekvalitet, d.v.s. entreprenörens skicklighet att utföra arbetet, och dels med förutsättningarna inför åtgärden vilket innefattar vägytans tillstånd samt omfattningen av förberedande åtgärder innan slitlagret läggs. I Figur 33 och Figur 34 visas sambandet mellan IRI (medelvärde) och spårdjup max 17 (medelvärde) respektive IRI (97,5 % percentil) och spårdjup max 17 (97,5 % percentil).



Figur 33 IRI (medel) jämfört med spårdjup max 17 (medel) för underhållsbeläggningar.



Figur 34 IRI (medel) jämfört med spårdjup max 17 (97,5 % percentil) för underhållsbeläggningar.

Resultatet visar att ett lågt IRI-värde inte innebär att även spårdjupsvärdena är låga efter åtgärden. En sannolik förklaring till detta är att vägens tillstånd innan åtgärd har relativt stor inverkan på jämnheten i längsled efter åtgärd. Entreprenören har med andra ord inte lika stor möjlighet att påverka den slutliga jämnheten i längsled utan är beroende av en tillräckligt bra längsgående jämnhet innan åtgärd men också av åtgärdens omfattning.

Jämfört med resultatet i föregående kapitel så är medianvärdena för IRI relativt likvärdiga då en jämförelse med ABS16- och ABS11-beläggningar görs. Detta är sannolikt den mest rättvisande jämförelsen eftersom de ingående objekten från denna beräkning i huvudsak består av ABS-beläggningar på grund av att det är större vägar som ingår i underlaget. För spårdjup är skillnaden större. Resultatet i föregående kapitel ger högre värden än motsvarande resultat i detta kapitel. Detta förklaras troligtvis med att mätvärdena i detta kapitel kommer från mätningar som är utförda direkt efter färdigställandet medan mätvärdena i föregående kapitel har påverkats av trafikbelastningen i större utsträckning.

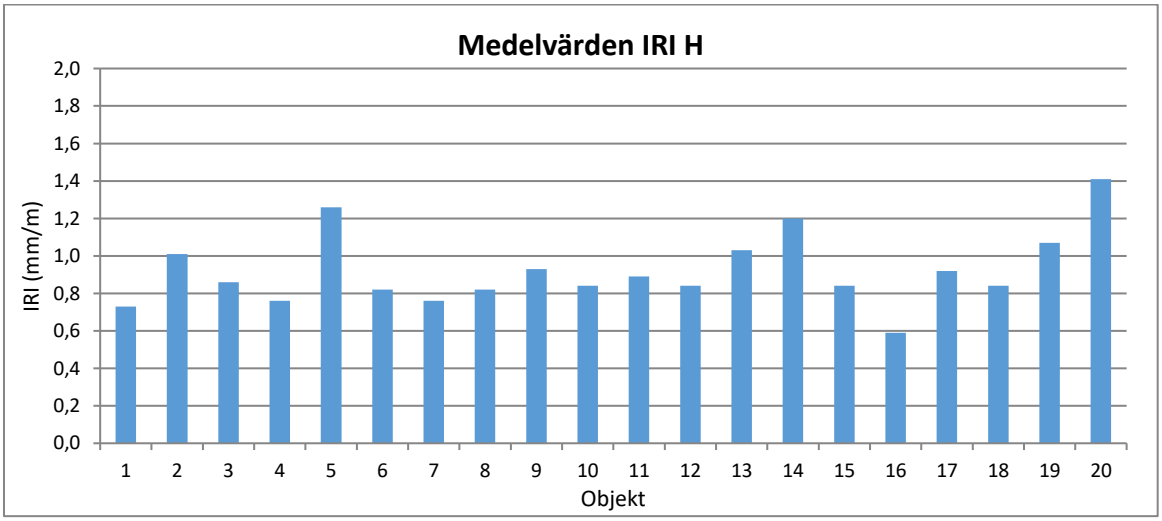
9.3. Initialvärden från investeringsobjekt

Nedan redovisas mätvärden från 20 investeringsprojekt (totalentreprenader) som upphandlats enligt en teknisk beskrivning. Projekten är spridda över landet och omfattar mestadels större vägar med mycket trafik. Dock finns det en del mindre vägar med i underlaget. Merparten av projekten har inneburit nybyggnad av väg, men det finns även befintliga vägobjekt som byggts om och/eller förstärkts. Även om projektet inte inneburit nybyggnad av väg så är det ändå relativt omfattande åtgärder som genomförts. Dock bör en viss skillnad i slutlig kvalitet nås för en nybyggd motorväg jämfört med en förstärkning av befintlig mindre väg.

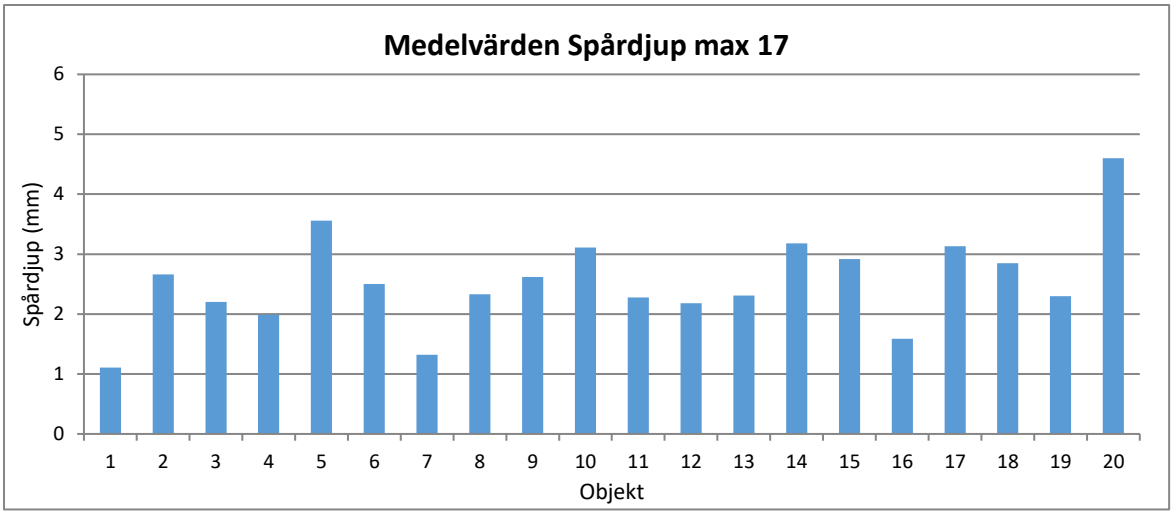
I Tabell 19 redovisas medelvärde, medianvärde, standardavvikelse och 97,5 % percentilen för parametrarna IRI H, spårdjup max 17 och spårdjup max 15. Till skillnad från mätvärdena i kapitel 9.1 så redovisas här endast de parametrar som kravställts i kontraktet mellan Trafikverket och utföraren av projektet.

Tabell 19 Initialvärden baserat på 20 totalentreprenader

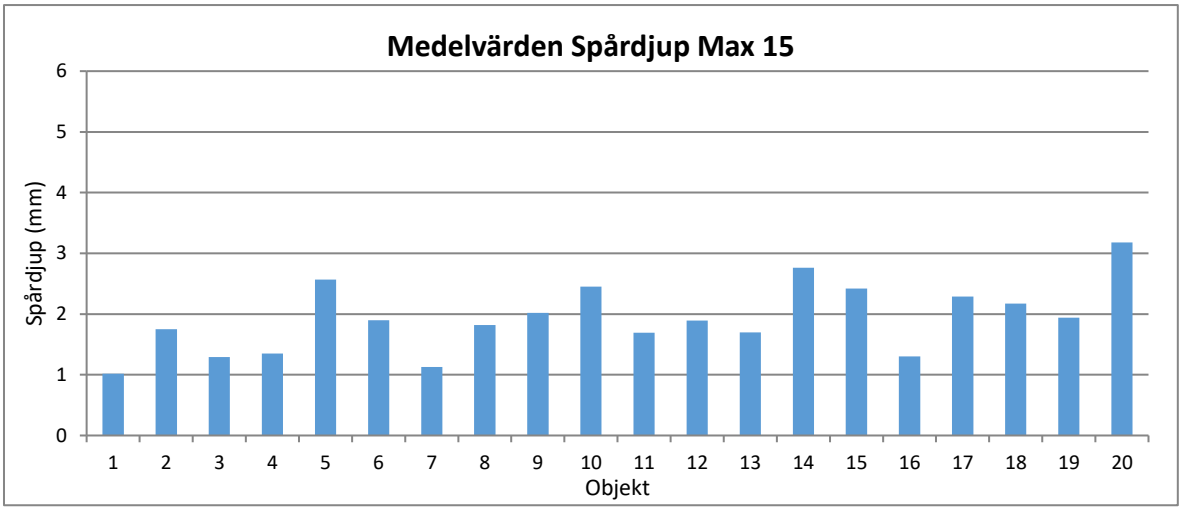
	IRI H	Spårdjup max 17	Spårdjup max 15
Medel	0,92	2,54	1,93
Median	0,84	2,35	1,83
Stdav	0,35	0,85	0,54
97,5 perc	1,77	4,60	3,22



Figur 35 Medelvärden för IRI H för 20 totalentreprenader.



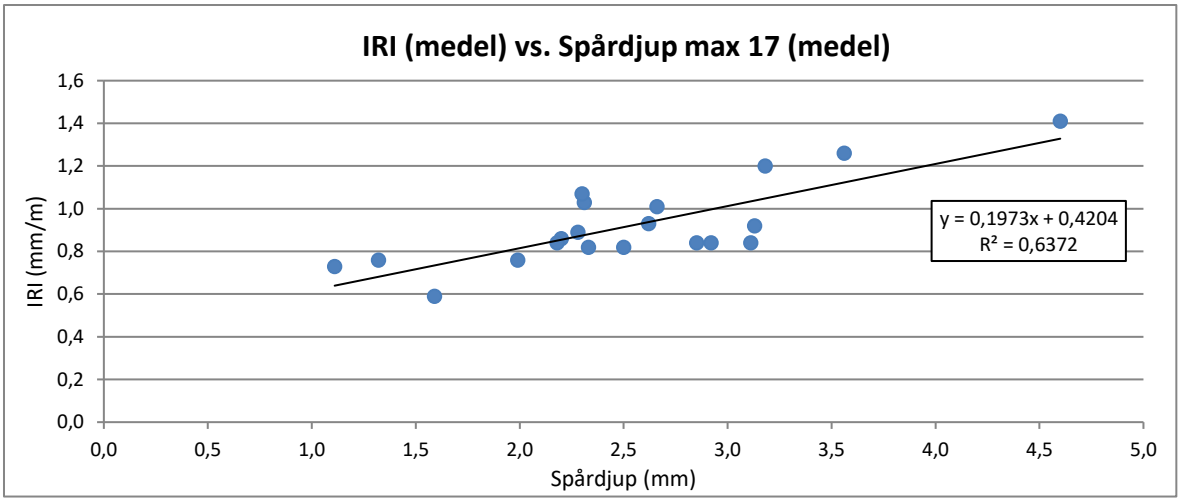
Figur 36 Medelvärden för Spårdjup Max 17 för 20 totalentreprenader.



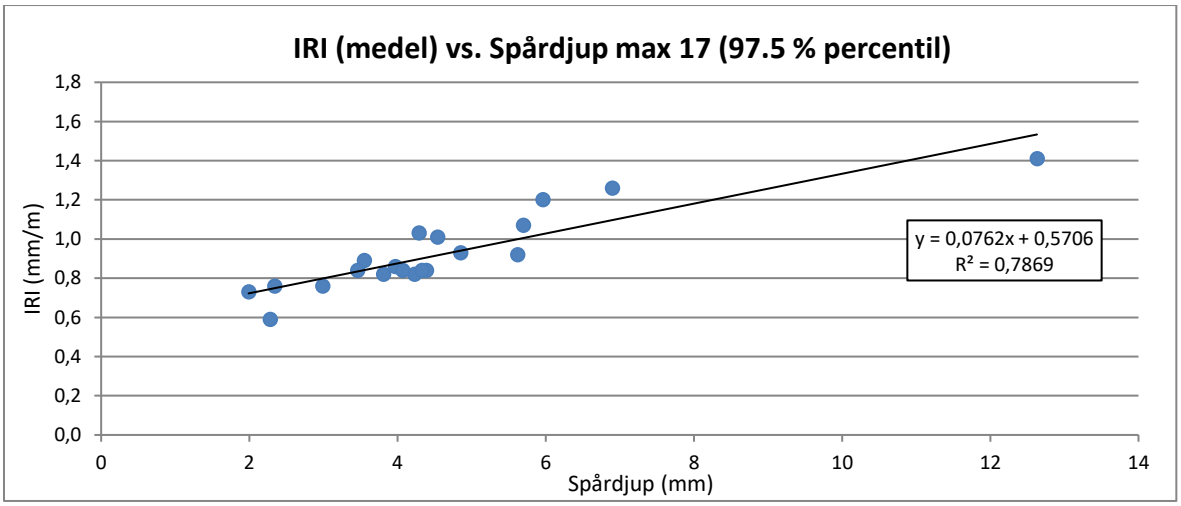
Figur 37 Medelvärden för Spårdjup Max 15 för 20 totalentreprenader.

Resultatet visar att det även förekommer en spridning av den slutliga kvaliteten för denna typ av projekt, se Figur 35 till Figur 37. Precis som för underhållsbeläggningar så beror spridningen troligtvis på entreprenörens skicklighet och om projektet varit nybyggnad eller ombyggnad och/eller förstärkning av befintlig väg då även tillståndet innan åtgärd kan påverka resultatet. En viss skillnad i slutlig kvalitet ses för projekt som inneburit nybyggnation. Jämfört med underhållsbeläggningar är medelvärdet för IRI något lägre för dessa projekt medan spårdjupet är nästintill identiskt (ca 2,5 mm och 2,0 mm för spårdjup max 17 resp. spårdjup max 15). Att skillnaden mellan en nybyggd väg och en underhållsbeläggning inte är större vad gäller IRI kan troligtvis förklaras med att de objekt som ingår i beräkningen i kapitel 9.2 är större vägar som är relativt jämna även innan åtgärden genomförts. Den vanligaste orsaken för åtgärd för dessa objekt är höga spårdjupsvärden.

Skillnaden i kvalitet mellan olika nybyggnadsprojekt kan endast förklaras med entreprenörens skicklighet. I detta ingår sannolikt också en förståelse för vad kravställningen och dess nivåer innebär. För att åstadkomma ett jämnt och bra slutresultat krävs ett ”kvalitetstänk” redan innan projektet påbörjas. I Figur 38 och Figur 39 nedan visas sambandet mellan IRI (medelvärde) och spårdjup 17 (medelvärde) respektive IRI (medelvärde) och spårdjup 17 (97,5 % percentil).



Figur 38 IRI (medel) jämfört med spårdjup max 17 (medel) för investeringsprojekt.



Figur 39 IRI (medel) jämfört med spårdjup max 17 (97,5 % percentil) för investeringsprojekt.

Till skillnad från underhållsbeläggningar kan det för totalentreprenader ses ett relativt starkt samband mellan IRI- och spårdjupsvärden även om antalet objekt är få för att definitivt kunna fastslå sambandet. Förklaringen till sambandet är troligtvis att entreprenörens ”kvalitetstänk” och skicklighet återspeglas i hela produktionskedjan ända ut till slutprodukten. Till skillnad från underhållsbeläggningar har entreprenören i de flesta fallen möjlighet att påverka jämnheten i längsled för hela vägkonstruktionen och därmed skapa förutsättningar för låga IRI-värden.

10. Livslängd och restvärde vid överlämnande av entreprenad

Inom Trafikverket lämnas ansvaret för ett investeringsobjekt över till Underhåll efter slutbesiktning. Underhåll blir ansvarig för de kontroller som ska utföras under garantitiden och för de brister som inte reglerats vid slutbesiktning. Uppföljning av förväntad livslängd och restvärde kan vara viktig information i detta sammanhang, för såväl Underhåll som ansvarig entreprenör.

Det finns en rad olika angreppssätt för att estimera livslängd för en beläggning och beräkna restvärde. I denna studie riktar vi endast in oss på underhållsbehovet för vägytan, inte vägutrustning, vägmarkering och dyl. Vi kommer att göra förenklingar och definiera livslängden som tiden mellan åtgärd och nästkommande underhållsåtgärd och restvärdet översätter vi till *tid till nästa åtgärd*. Det är en stor förenkling men det är oftast den realiteten som används och fungerar i praktiken. Det görs försök att beräkna restvärden för vägar monetärt, med varierande resultat. Osäkerheten i dessa beräkningar är ofta stor beroende av att nedbrytningen av en väg är svår att förutse och prisvariationer för olika tjänster, material och åtgärder skiljer sig åt beroende på en rad olika faktorer som är svåra att förutse. I denna rapport utgår vi från att det som avspeglar sig på vägytan avgör tillståndet och underhållsbehovet.

I rapporten “Estimated Lifetimes of Road Pavements in Sweden Using Time-To-Event Analysis” (Svensson, 2013) används en modell (Cox proportional hazards model) för att estimera beläggningens livslängd. De parametrar som används är

- vägbredd
- skyltad hastighet
- bärighetsklass
- max stenstorlek
- klimatzon
- beläggningstyp
- ÅDT.

Man använder även IRI och spårdjup för att avgöra återstående livslängden för en beläggning genom att beskriva tid till åtgärd enligt underhållsstandard. Ett par slutsatser om beläggningens livslängd från arbetet är att

- beläggningstypen har stor inverkan
- vägtyp påverkar men inte i samma utsträckning som beläggningstyp
- klimatzonen har mindre betydelse än de två ovan nämnda parametrarna
- vägbredd och skyltad hastighet har mindre effekt
- stenstorlek har en viss betydelse.

Det är kunskap som kan användas för att estimera underhållsintervall för en vägkategori och bidra till en översiktlig planering och budgetering. Detta tillvägagångssätt skulle också kunna användas för en specifik väg.

En väg, men även delsträcka inom en väg, förändras inte homogent och därför måste tillståndet utmed vägen övervakas och prognostiseras. Om man ser till litteraturen så illustreras oftast nedbrytnings-kurvor med ett icke linjärt samband. Ett problem med dessa kurvor är att de beskriver ett tänkt eller teoretiskt förlopp, de är sällan eller aldrig baserade på verkligt data.

Ett arbete utfört på VTI (Andrén, et al., 2014) undersöker om en lokal eller global prognosmodell är bäst lämpad för att prognostisera vägens tillstånd. En lokal modell bygger på att prognostisera korta avgränsade vägavsnitt, i detta fall 100 meterssträckor, medan den globala modellen är tänkt att beskriva tillståndet på en kategori av vägar med samma förutsättningar genom att definiera flera förklaringsvariabler, t.ex. trafikvolym, beläggningstyp, vägbredd etc. De variabler som behandlas i rapporten är IRI och spårdjup. Slutsatserna av rapporten förordar att använda en lokal prognosmodell för enskilda 100 meterssträckor med ett linjärt förlopp eftersom osäkerheten med den globala modellen är för stor. Att just 100 meterssträckor använts beror på att man vill minska inverkan av bristande noggrannhet i mätningens positionering som får en större betydelse då kortare vägavsnitt jämförs mellan årsvisa mätningar.

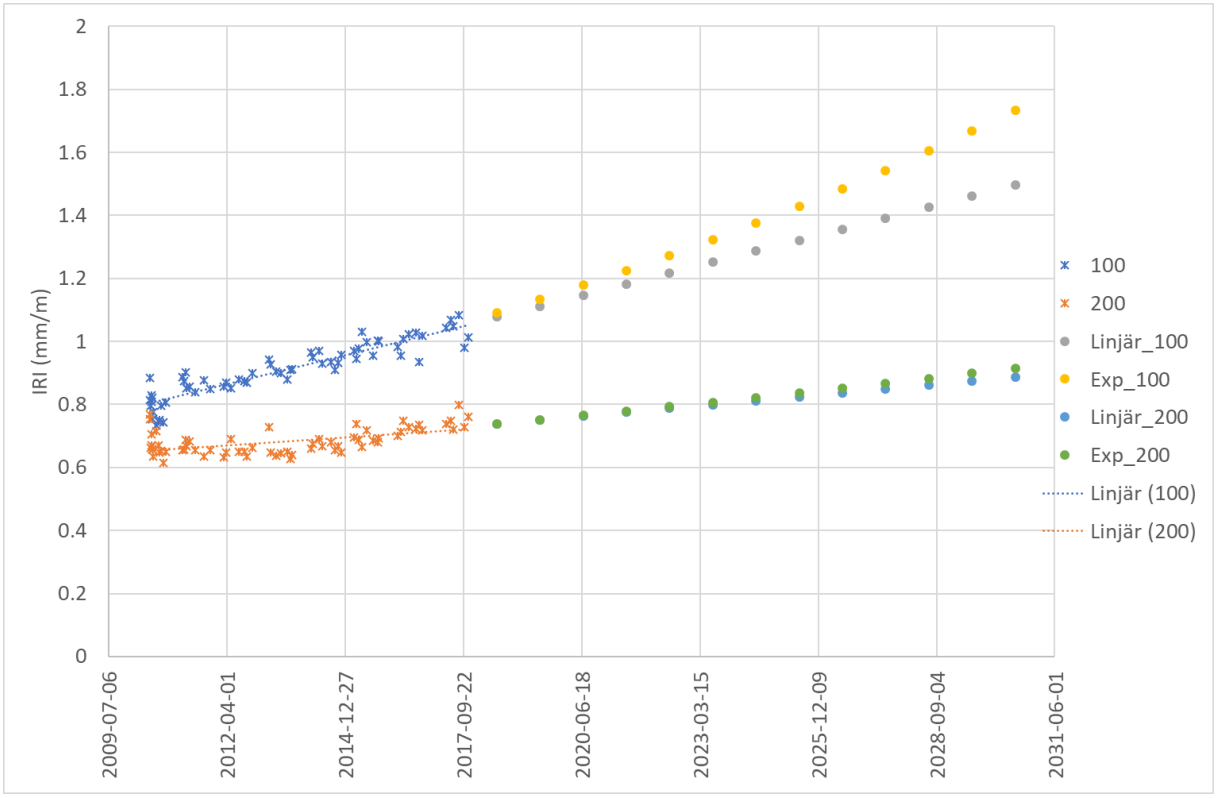
Vi tror att detta angreppssätt också är det bästa för att hantera återstående livslängd för en totalentreprenad. En prognos eller övervakning av vägens tillstånd är ett viktigt instrument för entreprenören för att kunna förutse och planera åtgärder under garantitiden men även för kunskapsåterföring om hur den tekniska lösning som valdes för det specifika objektet fungerade. De funktionella kraven i en entreprenad som kontrolleras med vägytemätning kan sammanfattas i följande punkter:

- jämnhet i längsled – mått IRI
- jämnhet i tvärled – mått spårdjup max_{17}, spårdjup max_{15}
- tvärfall – avvikelse mot projekterat tvärfall (mäts normalt endast vid slutbesiktning).

Det ger oss endast två variabler vars tillstånd vi idag kontrollerar vid garantitidens utgång. Efter entreprenadens garantitid kommer vägen antingen ingå i Trafikverkets normala underhållsverksamhet eller så låter Trafikverket upphandla underhållet i en ny entreprenad med nya krav och ny garantitid. Om Trafikverket ska ta över underhållet av vägen efter garantitiden borde kraven vid totalentreprenadens garantibesiktning ställas så att det finns en viss marginal till nästa åtgärd (enligt underhållsstandarden för belagd väg (Trafikverket, 2012-A)) för att ge Trafikverket möjlighet att planera och upphandla lämplig åtgärd. Vi bedömer att minst tre års livslängd bör återstå vid entreprenadens utgång. Längden på entreprenaden (garantitiden) bör därför sättas så den matchar den prognostiserade livslängden för aktuell vägkategori och de förutsättningar som finns för vägen.

Vid uppföljningen av en entreprenad måste höga krav ställas på mätbilen och operatörerna eftersom en prognos bygger på att mätvärden från samma del av vägen används för att förutse kommande tillstånd.

I denna rapport riktar vi framförallt in oss på totalentreprenader med funktionskrav vilket innebär att vägens funktion ska säkerställas under tiden som entreprenaden pågår. Vi tar ett exempel från en uppföljning av ett investeringsobjekt i Östergötland. Vägen invigdes under sommaren 2010 och har inte till idag (2018-11-05) varit utsatt för några underhållsåtgärder. Objektet har mätts omkring sex gånger per år från mars till oktober mellan åren 2010 och 2017. Utvecklingen av IRI i höger hjulspår för sträckans två första delsträckor med längden 100 meter visas i Figur 40. Kryssen i diagrammet visar de mätta värdena och punkterna visar en framtida förväntad utveckling, prognostiserad med dels ett linjärt förlopp och ett exponentiellt. De två separata 100 meterssträckorna har olika initialvärden, 0,80 mm/m respektive 0,65 mm/m och utvecklingstakten skiljer sig också markant trots att 100 meterssträckorna ligger efter varandra och förutsättningarna verkar vara likvärdiga. Den första 100-meterssträckan har en utvecklingstakt på 0,035 mm/m/år och den andra har endast 0,012 mm/m/år.



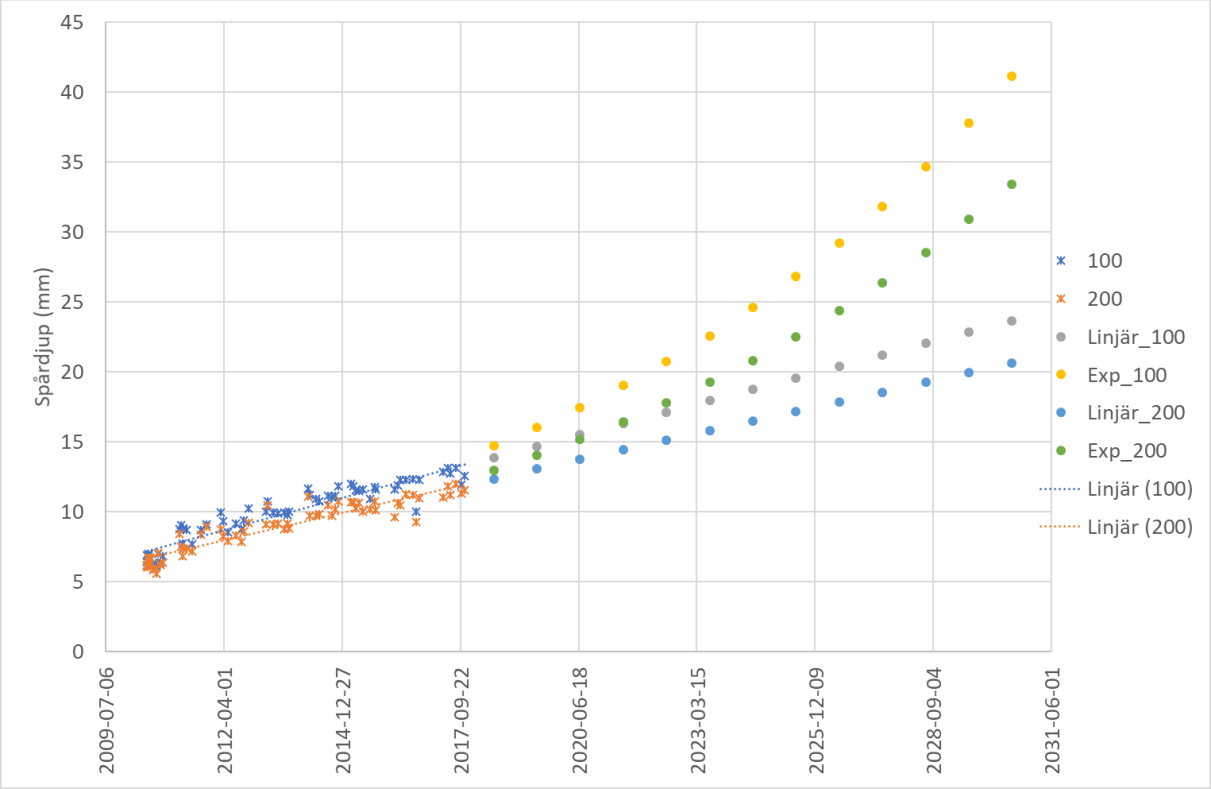
Figur 40 Utveckling av IRI höger för två efter varandra följande 100 m sträckor på ett investeringsobjekt, 8 m väg med mötande trafik, ABS16. Kryssen visar mätta värden och prickar visar prognostiserade värden, dels förutsatt en linjär utveckling och dels exponentiell utveckling.

Detta visar på att en prognos måste vara ”lokal” för en relativt kort presentationslängd, egentligen så kort som medges av mätmetodens och måttets kvalitet. Nedan följer två bilder som visar hur de två 100 meterssträckorna är belägna. Den först går i en svag högerkurva och den efterföljande är belägen på en rak del av vägen. Den enda skillnaden tycks vara att den första 100-meterssträckan har en slänt till höger om vägen vilket kan vara en källa till extra nedrinnande vatten vid nederbörd och snösmältning.

Figur 41 Startpunkten för sträckan 0 till 100 m, till vänster och 100 till 200 m till höger.

Underhållsstandarden för IRI på denna vägkategori (ÅDT 5000 och skyltad hastighet 80 km/h) ligger på ≤ 3,6 mm/m, vilket är långt ifrån de nivåer vi ser i Figur 41. För denna väg kommer spårdjupet vara den variabel som triggar beläggningsåtgärd. Utvecklingen av spårdjup max med 17 mätpunkter visas,

på samma sätt som IRI, i Figur 42. Här har den första 100-metersträckan en genomsnittlig årlig tillväxttakt på 0,81 mm medan den andra 100-metersträckan ligger på 0,69 mm.



Figur 42 Utveckling av Spårdjup max för två efter varandra följande 100 m sträckor på ett investeringsobjekt, 8 m väg med mötande trafik, ABS16. Kryssen visar mätta värden och prickar visar prognostiserade värden, dels förutsatt en linjär utveckling och exponentiell utveckling.

Triggern för underhåll för spårdjup på vägen ligger på 16,0 mm enligt underhållsstandarden. Om vi ser till dessa två 100 metersträckor lär den första 100-metersträckan nå upp till den nivån om tre till fyra år (feb. 2021) medan den andra klarar sig i fem till sju år (okt. 2023), om vi förutsätter en linjär utveckling och en viss osäkerhet.

Ett linjärt samband för att beskriva tillståndsutvecklingen ger en tillräckligt bra beskrivning för de flesta vägar. Under årets månader förändras ytan olika mycket, t.ex. vintertid då dubbdäcksanvändningen i kombination med våta vägar ger en ökad påfrestning på vägytan. Den olinjära delen av en nedbrytningskurva fångas vanligen inte vid en normal vägnätsövergripande vägytemätning eftersom de initiala förändringarna sker under så pass kort tid och underhållsstandardens krav ser till att en åtgärd vanligen sker innan vägen kommer in i fasen med accelererad nedbrytning. Det finns med andra ord ingen eller väldigt lite data som stödjer tesen att nedbrytningen är olinjär på de statliga vägarna. Det finns säkert exempel på olinjära förlopp, t.ex. vid trafikpåsläpp och de första veckorna därefter, vägavsnitt med bristande avvattning och när vägen är så pass dålig att beläggningsskador uppstår (genomsliten beläggning).

Slutstaser

Vi föreslår alltså följande:

- Garantitiden för en entreprenad ska läggas så att det finns minst tre års livslängd kvar innan vägen når upp till UH-standard. Beroende av trafikmängd och andra förutsättningar kan längden på garantitiden planeras så att en underhållsåtgärd måste göras.

- Kravnivån väljs med utgångspunkt från underhållsstandard och medeltalet för årlig tillväxt för aktuell beläggningstyp och ÅDT-klass (Bilaga 8).
  $Krav = UH_{standard} - 3 * Förväntad_Årlig_tillväxt.$
- Vi rekommenderar att använda en linjär modell för att beskriva utvecklingen av IRI och spårdjup.

Det finns ytterligare faktorer som påverkar vägens spårbildning. Spårbildningen kan delas upp i två huvudsakliga komponenter, slitage och deformation. Den tunga trafiken har den största inverkan på deformationen och kan mätas med ÅDT och andel tung trafik. Slitagets viktigaste parametrar är hastighetsgräns, körfältsbredd (vägtyp), ÅDT, dubbdäcksandel, beläggningstyp, stenstorlek och kulkvarnsvärde. Detta (VTI:s slitagemodell) beskrivs ingående i ett VTI-notat från 2007 (Jacobsson & Wågberg, 2007). I och med att underhållsstandarden innehåller parametrarna hastighet och ÅDT så tas det hänsyn till detta i föreslagen modell för kravnivåer enligt punktsatsen ovan. $Årlig_tillväxt$ kan justeras med hjälp av parametrar från slitagemodellen för att ta hänsyn till dessa faktorer. Den osäkra delen är deformation som bara uppskattas i slitagemodellen, men en nybyggd väg ska dimensioneras efter förväntad trafikbelastning och därmed ska deformationen vara liten. Detta kan användas för en enhetlig generell modell för kravställning.

11. Sammanfattning av slutsatser och rekommendationer

Allmänt

Totalentreprenad är en form av entreprenad som förväntas främja innovationer och ger entreprenören frihetsgrader i vägens byggskede. En totalentreprenad kan regleras av funktionella krav som företrädesvis bör kontrolleras med objektiva mätmetoder. I denna rapport begränsar vi oss till mätning med mätbil. Vi sammanfattar information om mätfel, risktagande för såväl entreprenör som beställare, förväntad tillväxttakt för de mätstorheter som används idag och slutligen ges en översiktlig genomgång av kravställning, livslängd och restvärde för en entreprenad. Vidare sammanfattar vi nybyggnadstillståndet för en genomsnittlig väg. Detta görs från tre olika datakällor, vägnätsmätning och objektmätning på underhålls- och investeringsobjekt.

Initialtillstånd på entreprenader

Från den sammanställning som är utförd på dels underhållsobjekt, dels totalentreprenader ser vi att initialtillståndet för IRI normalt är lägre på en totalentreprenad. Detta beror sannolikt på att förutsättningarna att uppnå en god jämnhet är bättre i en totalentreprenad där väglinjen projekteras istället för att utgå från befintlig väg. För spårdjup (jämnhet i tvärled) finns inga skillnader i standard efter åtgärd. Detta beror på att de ojämnheter som finns innan åtgärd på ett underhållsobjekt alltid fylls i, antingen med en kombination av justering och slitlager eller med enbart slitlagret. Vi ser också att det finns en positiv korrelation mellan initialtillståndet för IRI och spårdjup vid totalentreprenaderna något som inte kan ses på underhållsobjekten. Det ger oss anledning att tro att entreprenörens skicklighet och noggrannhet vid en totalentreprenad avspeglar sig i jämnheten både längs och tvärs färdriktningen. Förutsättningarna vid en underhållsåtgärd kan variera och det hjälper inte alltid med en skicklig entreprenör.

Mätfelens inverkan på bedömningen vid kontroll

Det mer allvarliga felet för entreprenören, att vid kontroll bli felaktigt underkänd, har mycket låg sannolikhet för den leverantör som är använd i undersökningen (leverantör 3). Beräkningen baseras på data från underhålls- och investeringsobjekt. Det spelar naturligtvis roll att en ganska liten andel av objekten ligger nära gränsen för godkänt och också att leverantör 3 tenderar att rapportera lite lägre spårdjup än en tänkt neutral leverantör.

Vid kontroll av en entreprenad görs normalt 3 överfarter (drag). Sannolikheterna för fel beslut vid kontroll förändras mycket lite av att använda 1 drag istället för 3. Den förväntade förändringen med att använda 1 drag är, precis som man kan förvänta sig, att risken för felbedömning ökar. Det finns dock andra vinster med att använda 3 drag, den kanske viktigaste är trovärdighetsbiten där man kan påvisa att mätsystemet upprepar sig vid en objektmätning.

Justering för hur den enskilde leverantörens värden tenderar att avvika från den generella leverantören verkar genomförbar om man har ett bra underlag för att jämföra leverantörer. Det blir speciellt viktigt om kontrollen genomförs av en leverantör som tenderar att rapportera lite högre värden än övriga om inte gränserna redan satts med marginal för att sådant kan hända.

Det initiala tillståndets inverkan på vägens framtida utveckling

Förutsättningen för att en väg ska fungera problemfritt under en lång tid avgörs till stor del i projekterings- och byggskedet. Hur pass bra vägen kan motstå trafikbelastningen är avgörande för om kraven i entreprenaden kan uppfyllas med så liten insats som möjligt från entreprenörens sida under garantitiden. Generellt ser vi att en väg som har låga initiala ojämnheter i längs och tvärled klarar sig bättre än en väg med ett motsatt förhållande, inte bara för att vägens nedbrytning börjar på en låg nivå utan också för att tillväxttakten blir lägre. I ett stort material som denna studie bygger på är

spridningen givetvis stor så ett lågt initialvärde är *inte* en garant för en låg utvecklingstakt. Ser vi till alla ABS beläggningar är tillväxttakten dubbelt så stor om det initiala tillståndet för IRI är större än 2,5 mm/m i jämförelse med om det initiala värdet för IRI ligger inom godkända nivåer för en entreprenad (under 1,25 mm/m). För spårdjup är skillnaderna inte lika stora men ändå betydande. Om det initiala spårdjupet är större än 6 mm resulterar det i ca 17 % högre tillväxttakt i jämförelse med om det initiala spårdjupet ligger i paritet med kraven i en entreprenad (under 3 mm).

Det är svårt att värdera observerade resultat där högt initialt värde tenderar att följas av snabbare tillväxt. Teoretiskt borde det gå åt andra hållet, åtminstone så länge förutsättningarna håller sig inom vissa begränsningar.

Garantitid

Vi har valt att beskriva en beläggnings livslängd som tiden mellan två beläggningsåtgärder. Längden för en totalentreprenad med funktionskrav kan sättas så att ingen eller en planerad beläggningsåtgärd behöver utföras under tiden entreprenaden pågår. Kraven bör dessutom sättas så att vägen inte är i akut behov av åtgärd vid utgången garantitid/överlämnande. Beläggningen bör ha minst tre års livslängd så att en ny entreprenad kan handlas upp eller en ny åtgärd kan planeras och handlas upp. Tillståndet på vägnätet utvecklas normalt linjärt under garantitiden och entreprenörens prognosverktyg bör därför utvecklas med dessa förutsättningar.

12. Fortsatt forskning och utveckling kring kontrollmetoder

Mätfel

Bedömningen av risk för fel beslut vid kontroll kräver att man har en god uppfattning om hur stort felet kan vara i ett enskilt värde. Uppfattningen om storleken på slumpmässiga fel blir lite olika för olika underlag. Analysen kan förfinas om man genom fortsatta studier söker bättre uppfattning om felens storlek och vad som kan påverka den. På liknande sätt kan man förfina metoden genom att samla in mer information om leverantörernas systematiska avvikelser.

I den här studien finns inte underlag för att bedöma risken för fel beslut vid kontroll på andra mätobjekt då de kan ha en annan andel sanna värden runt gränsen för godkänt. Det är möjligt att bedöma sannolikheterna för andra leverantörer, men det skulle kräva fler steg som drar med sig större osäkerhet.

Rådstexter

Man bör utnyttja den analys om tillväxttakt för olika beläggningstyper som utförts i denna rapport för att utveckla TB-mall för totalentreprenader med information om kravnivåer. I rådstexten ska hänsyn tas till de faktorer som vi vet påverkar utvecklingen. I de fall vi saknar information om hur en egenskap eller faktor påverkar utvecklingstakten bör det om möjligt utredas eller då det inte är möjligt, beskriva bristen.

Ett färdigt kontrakt innehåller ibland krav som är svåra att kontrollera för att de innebär en orimlig insats vid kontrollen. Det är oftast metoder med subjektiva inslag där avstängning av vägen krävs. En sådan kontroll utförs inte alltid. De krav som finns i kontraktet bör kunna kontrolleras! En modell för kontroll av kontraktets genomförbarhet bör därför utarbetas och dokumenteras. På så sätt blir alla parter medvetna om vad kontrollen innebär.

Referenser

Andrén, P., Eriksson, O. & Lundberg, T., 2014. *Prognosmodeller för tillståndsmått i Trafikverkets Pavement Management System: IRI och spårdjup, VTI Rapport 812,* Linköping: VTI.

CEN, 2003. *Road and airfield surface characteristics. Test methods. Irregularity measurement of pavement courses. The straightedge test, 13036-7,* u.o.: CEN.

Göransson, N.-G., 2017. *Tillståndsuppföljning av observationssträckor: lägesrapport för LTPP-projektet till och med december 2016, VTI notat 1-2017,* Linköping: VTI.

Jacobsson, T. & Wågberg, L.-G., 2007. *Utveckling och uppgradering av prognosmodell för beläggningsslitage från dubbade däck samt en kunskapsöversikt över inverkande faktorer, VTI-notat 7-2007,* Linköping: VTI.

Lundberg, T., 2012. *Kontrollmetod för nya vägbeläggningar - Makrotextur, VTI notat 35–2012,* Linköping: VTI.

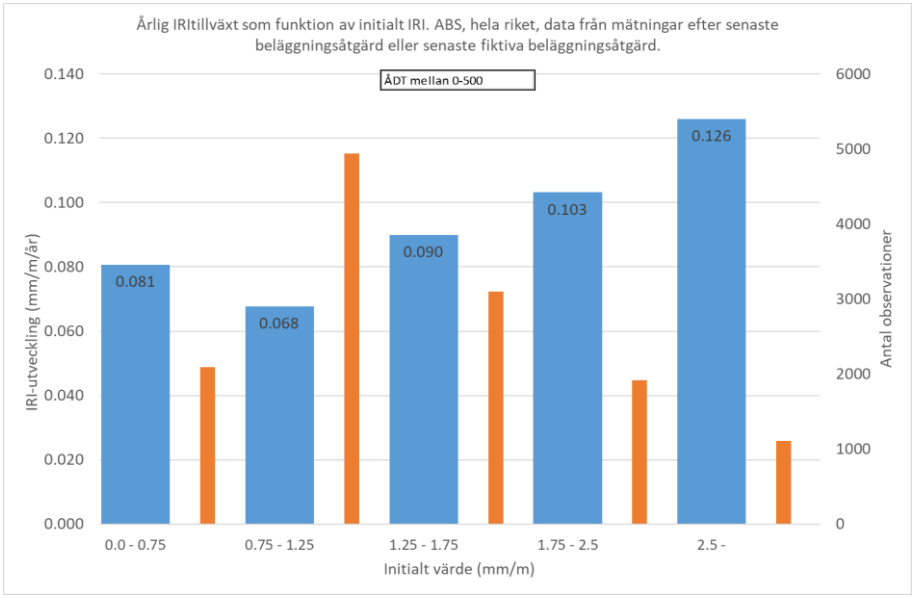
Svensson, K., 2013. *Estimating the marginal costs of road wear Using Time-To-Event Analysis, ISSN: 1650-5581,* Borlänge: Dalarna University.

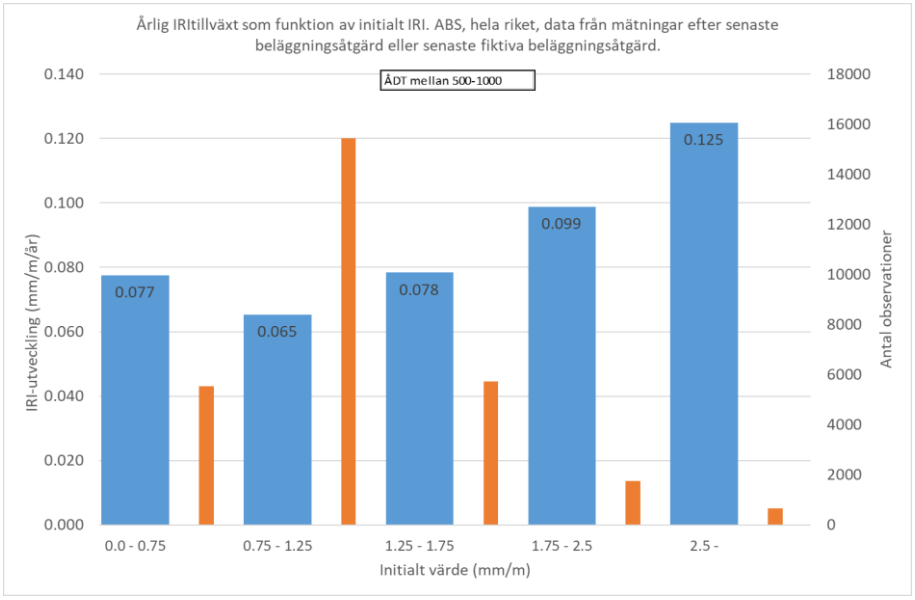
Trafikverket, 2012-A. *Underhållsstandard belagd väg 2011, Publikationsnummer: 2012:074.* Borlänge: Trafikverket.

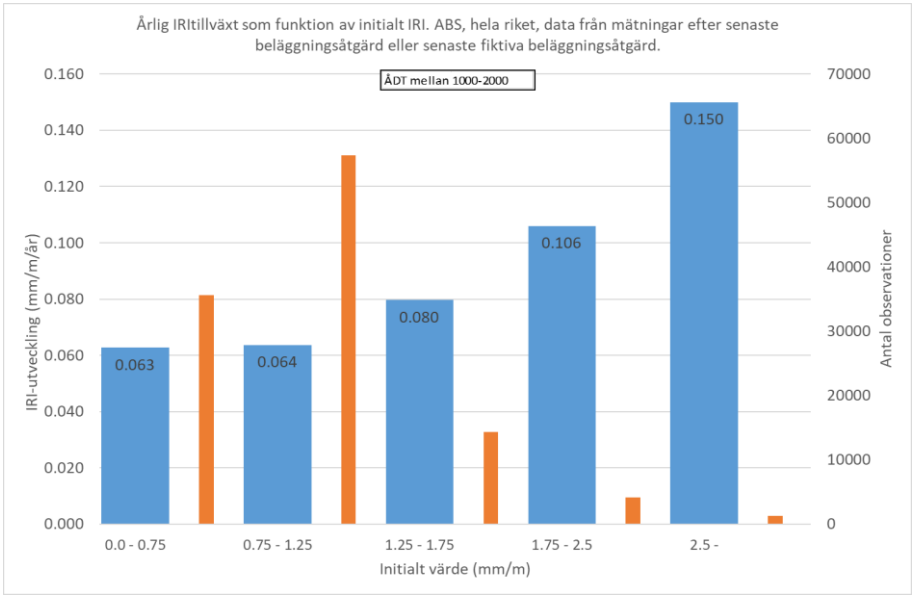
Trafikverket, 2014. *Bestämning av ojämnheter och tvärfall med rätskiva, TDOK 2014:0136.* 1.0 red. Borlänge: Trafikverket.

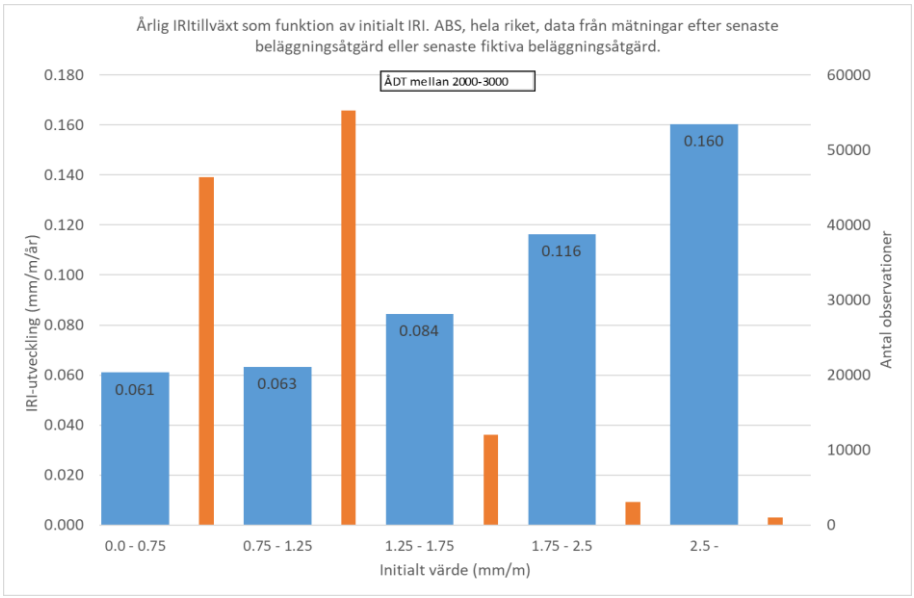
Bilaga 1. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ABS

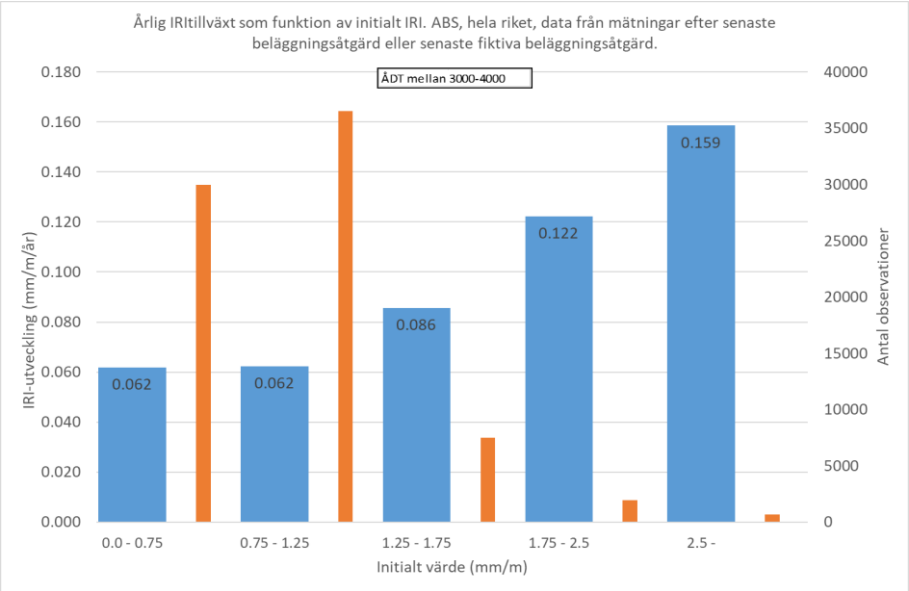
Här redovisas den årliga IRI-tillväxten inom intervall för initialt tillstånd för olika ÅDT-klasser.

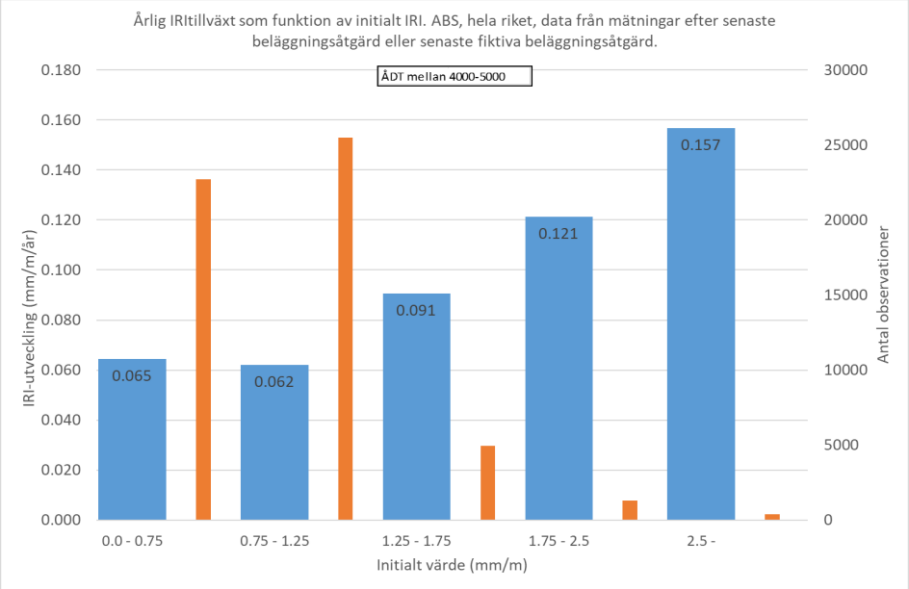


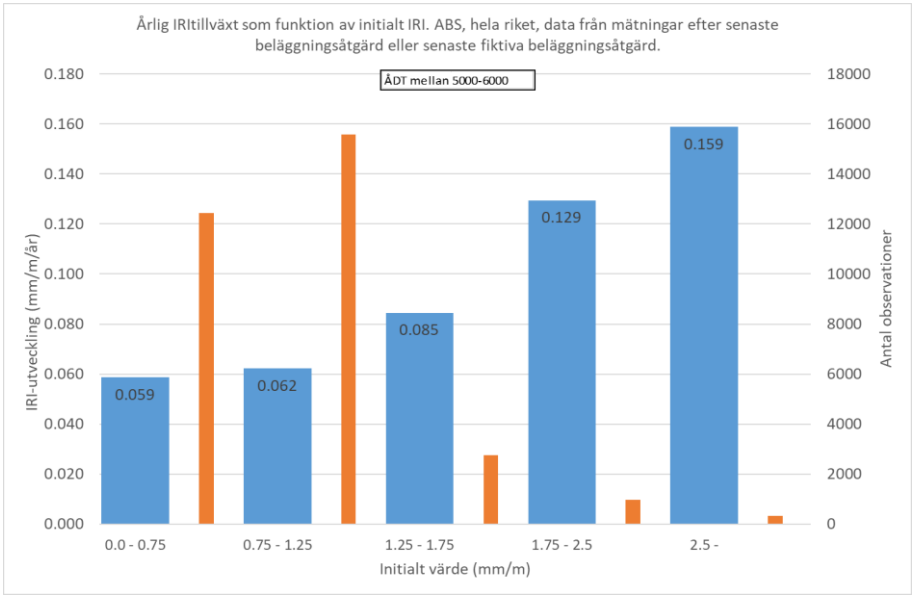


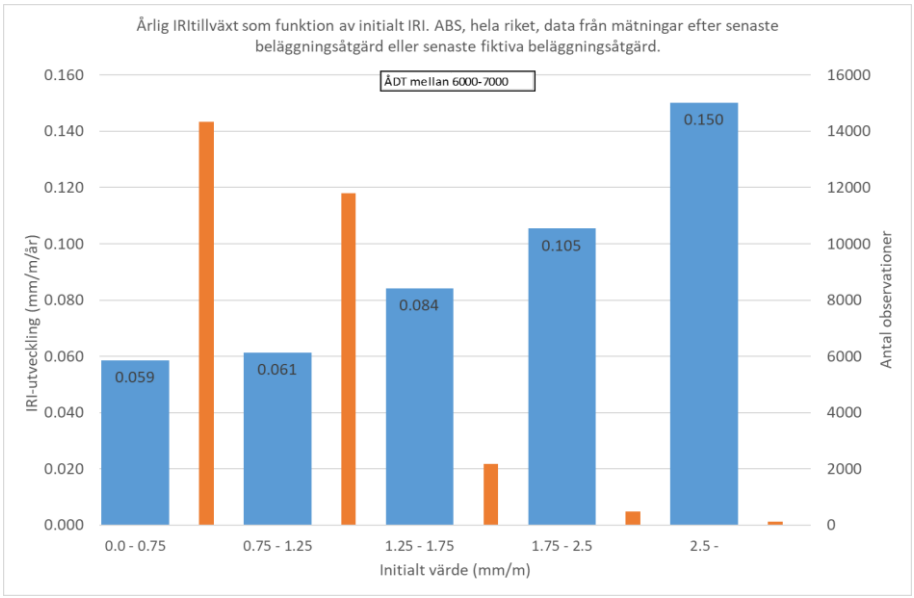

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.063
0.064
0.080
0.106
0.150

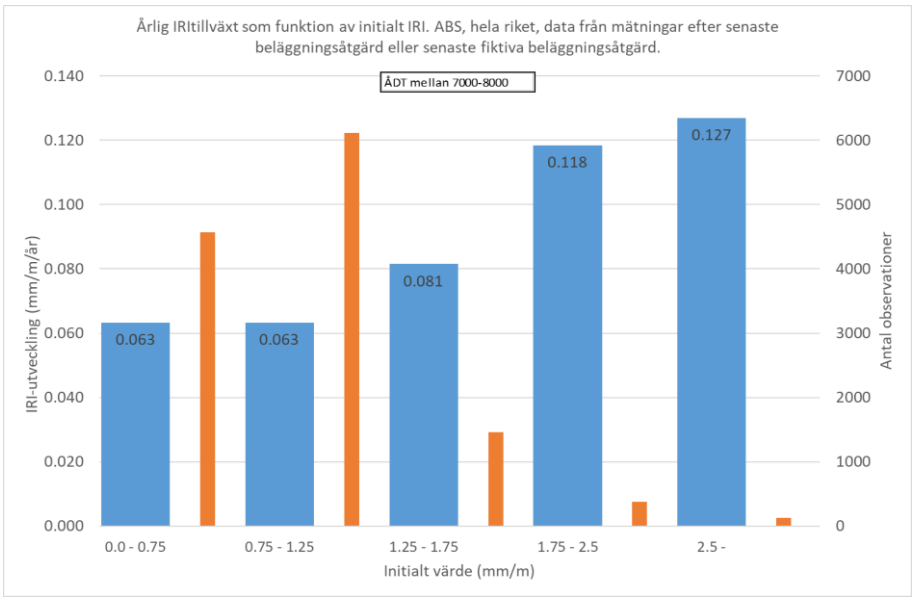

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.061
0.063
0.084
0.116
0.160

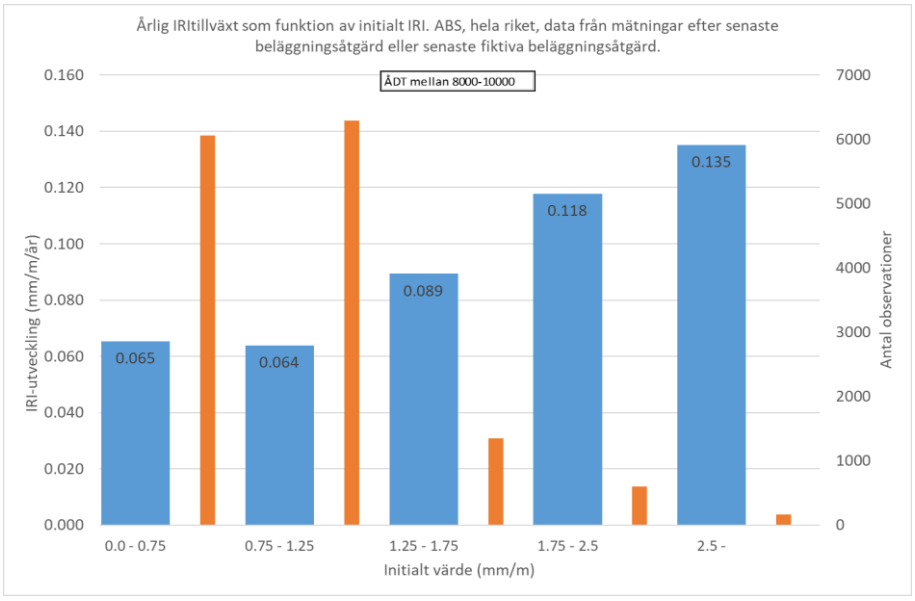

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.062
0.062
0.086
0.122
0.159
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -

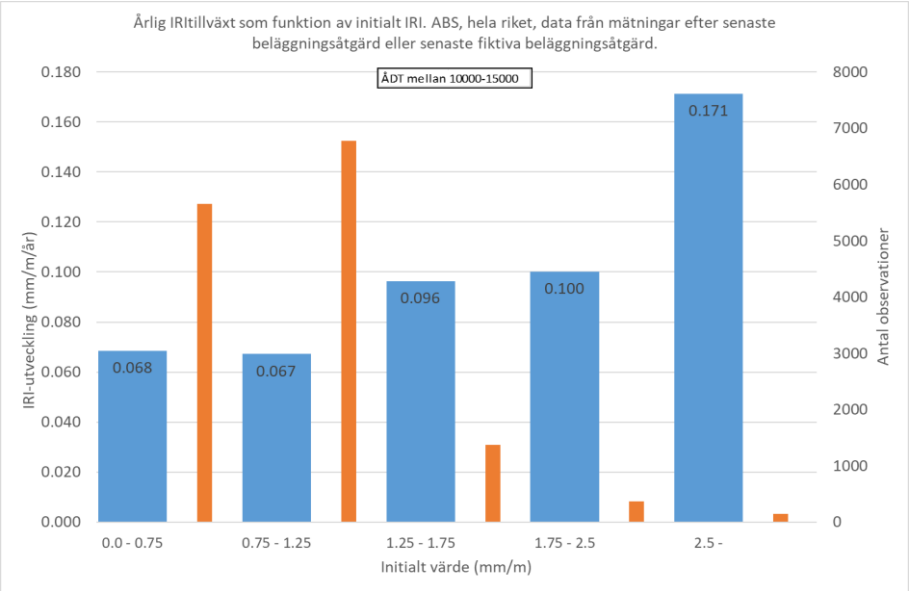

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 4000-5000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.065
0.062
0.091
0.121
0.157
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -

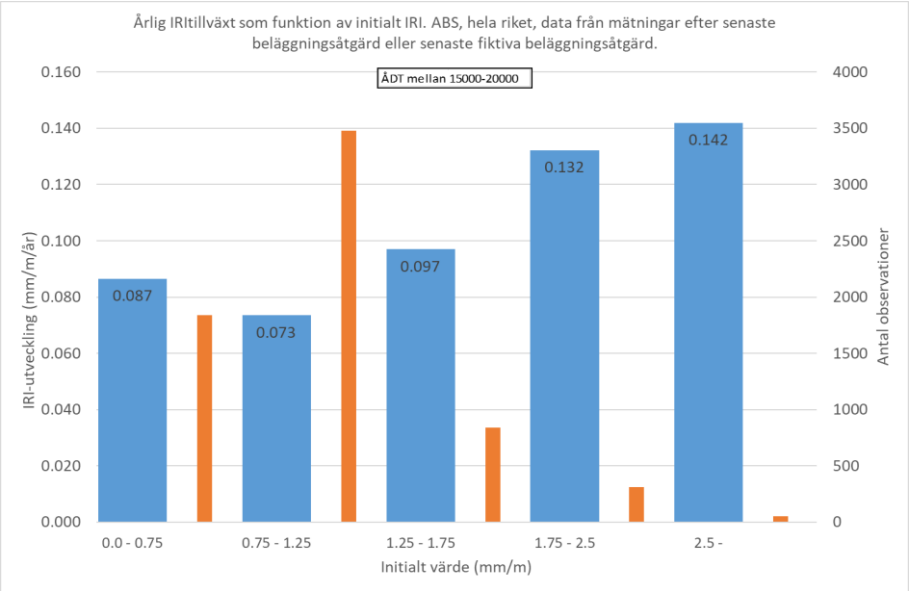

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 5000-6000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.059
0.062
0.085
0.129
0.159

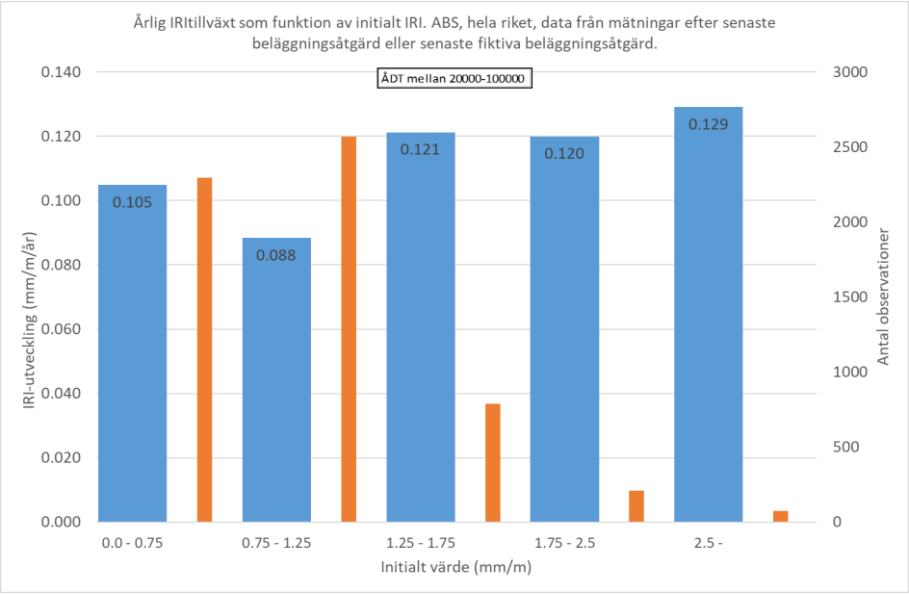

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 6000-7000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.059
0.061
0.084
0.105
0.150


Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 7000-8000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.063
0.063
0.081
0.118
0.127
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

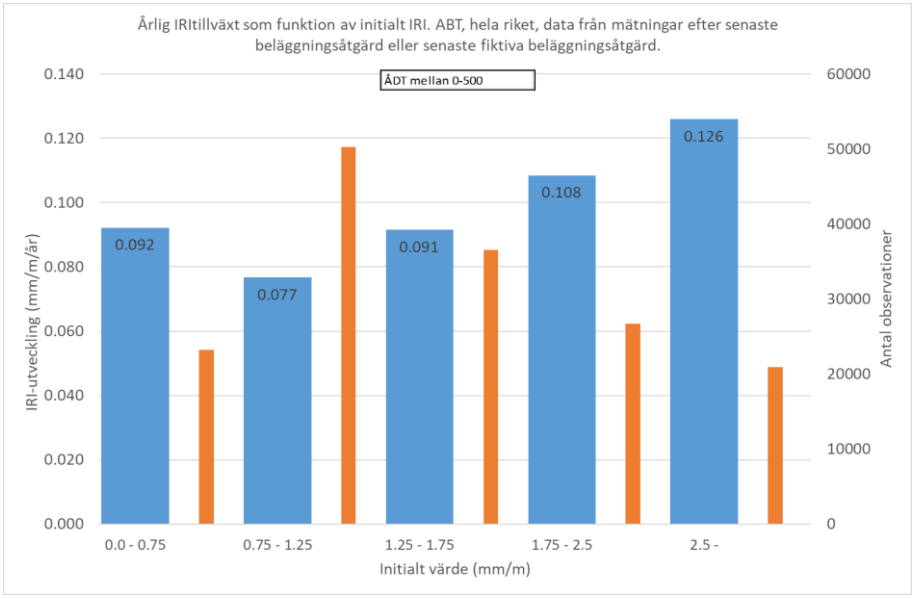

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 8000-10000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.160
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.065
0.064
0.089
0.118
0.135
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

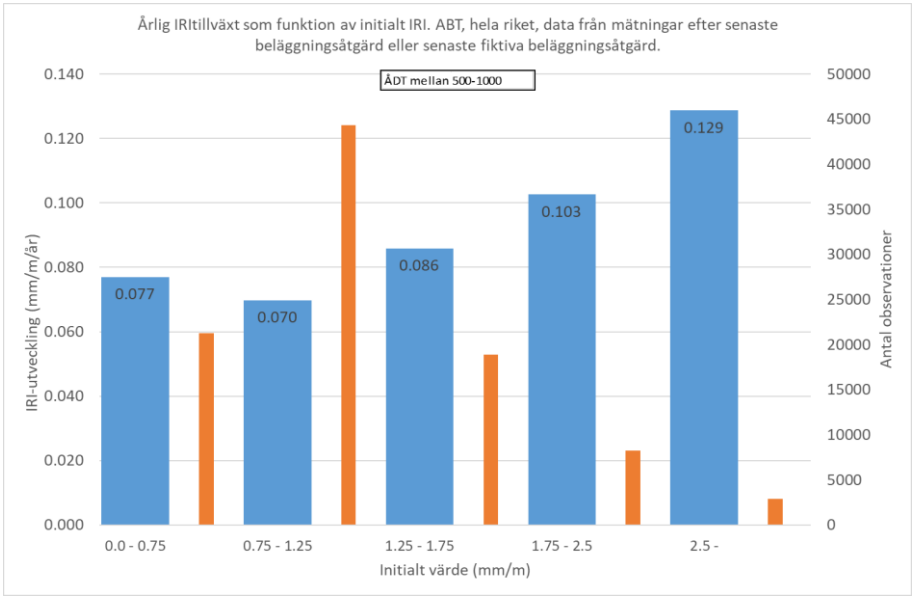

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 10000-15000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.180
0.160
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.068
0.067
0.096
0.100
0.171
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

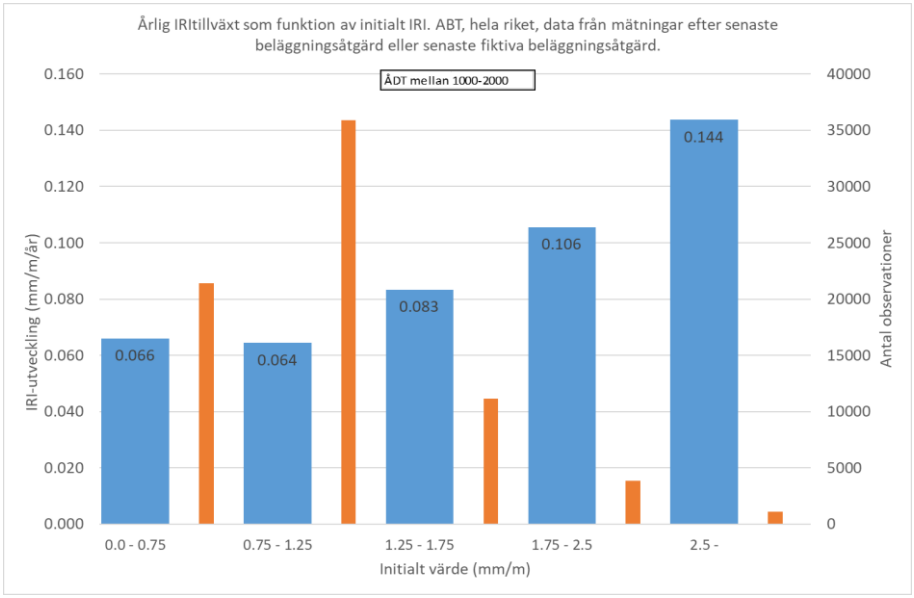

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 15000-20000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.160
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0.087
0.073
0.097
0.132
0.142
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

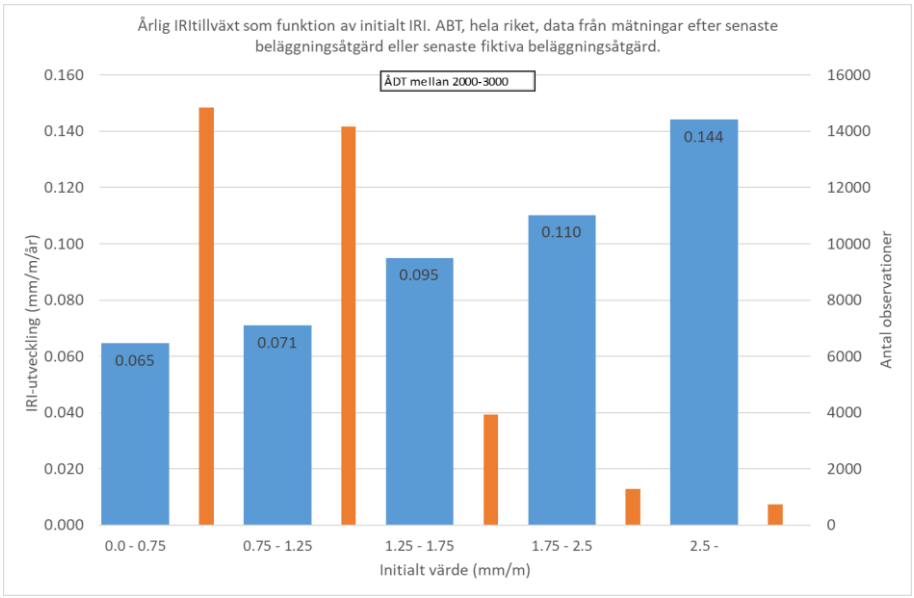

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 20000-100000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0.105
0.088
0.121
0.120
0.129
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

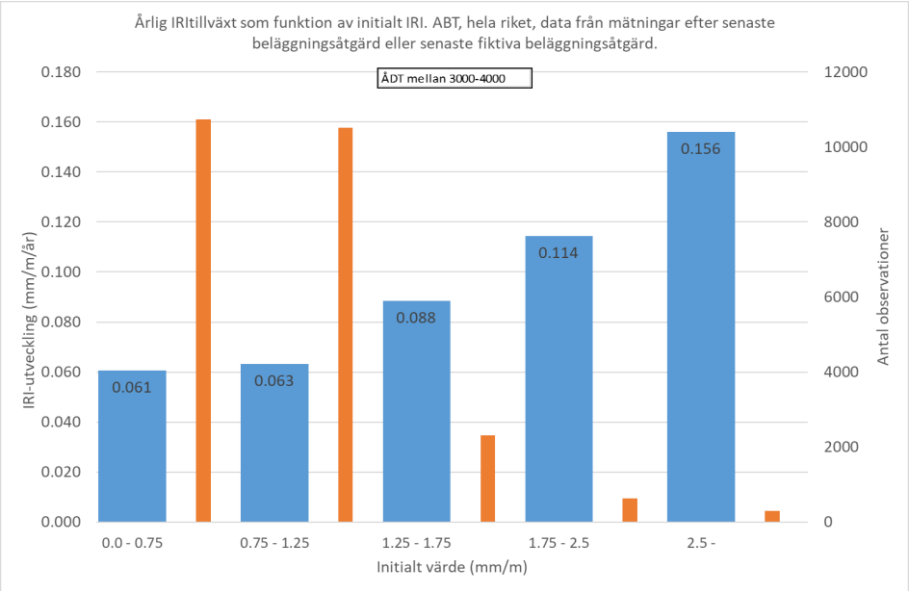
Bilaga 2. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ABT

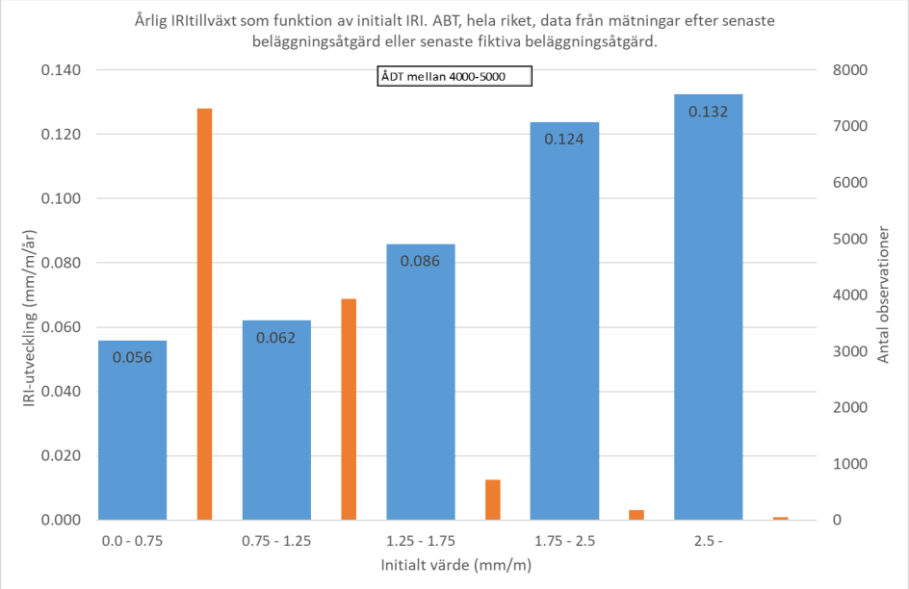


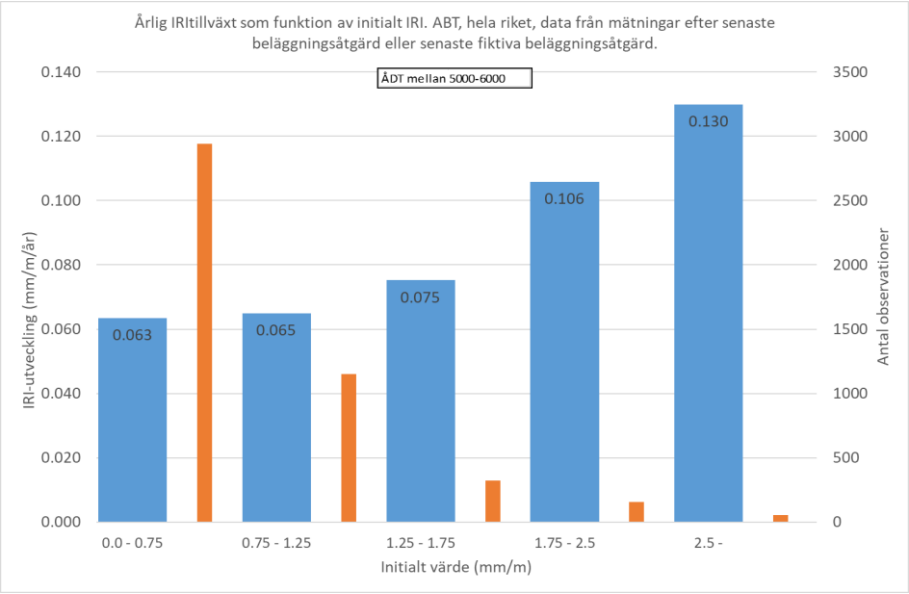



Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.066
0.064
0.083
0.106
0.144

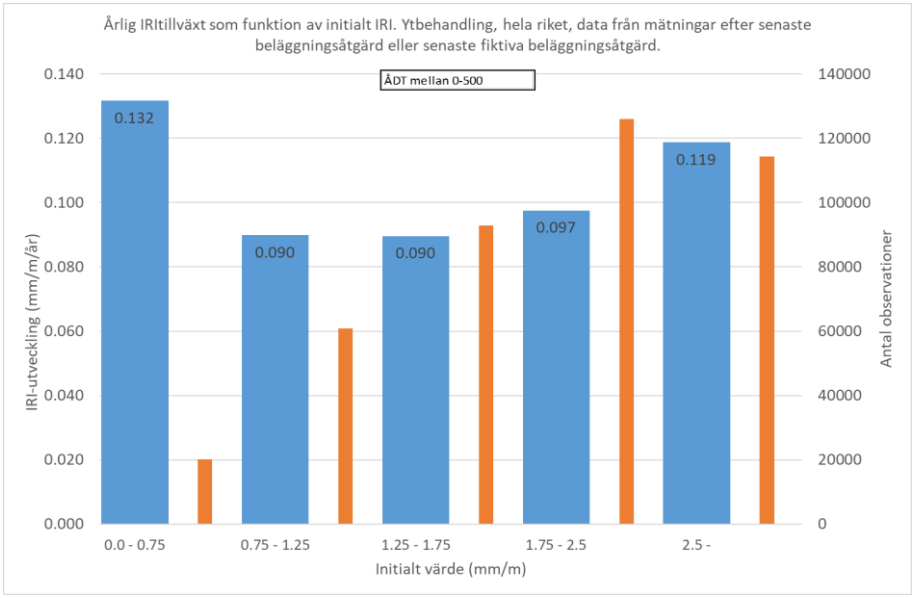

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm/m)
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
0.065
0.071
0.095
0.110
0.144

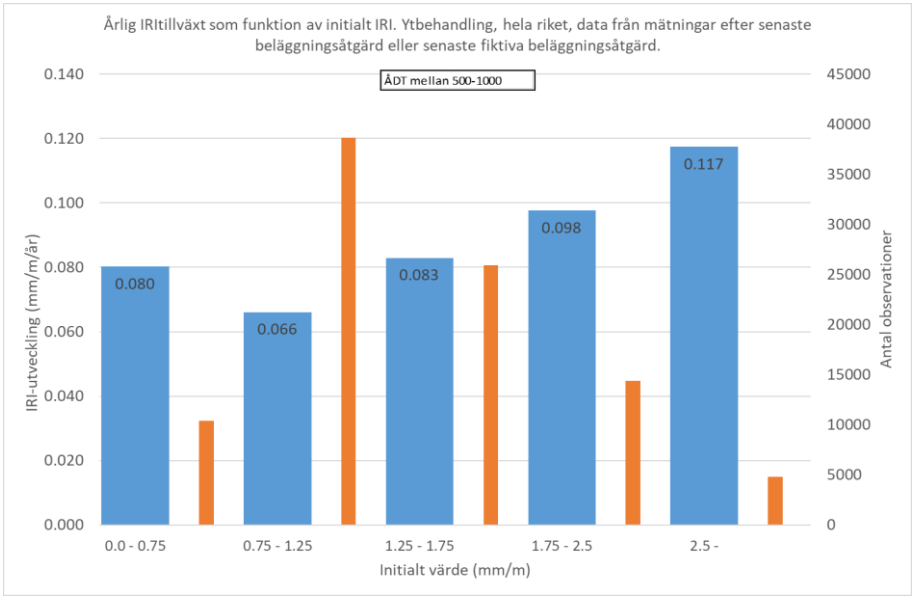

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.180
0.160
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.061
0.063
0.088
0.114
0.156
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

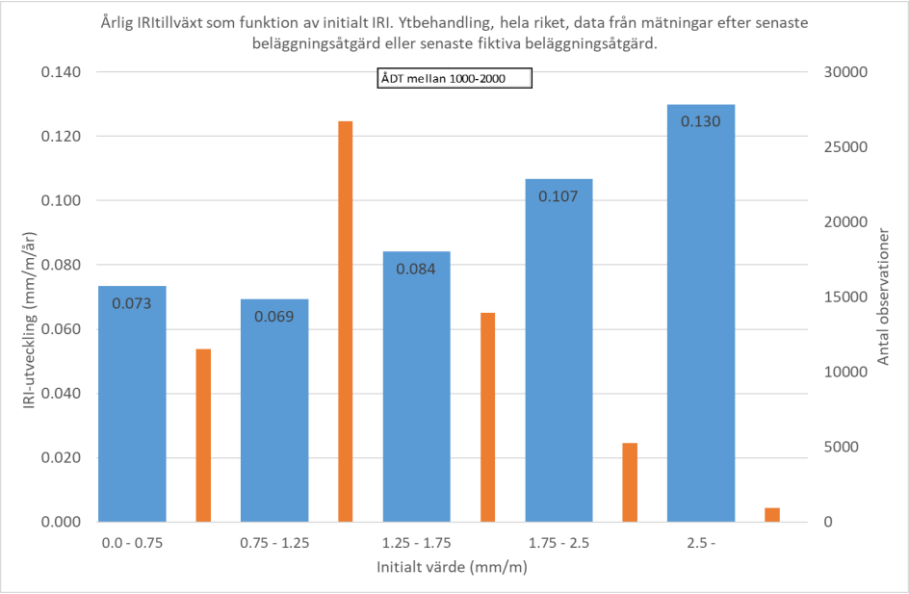

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 4000-5000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.056
0.062
0.086
0.124
0.132
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

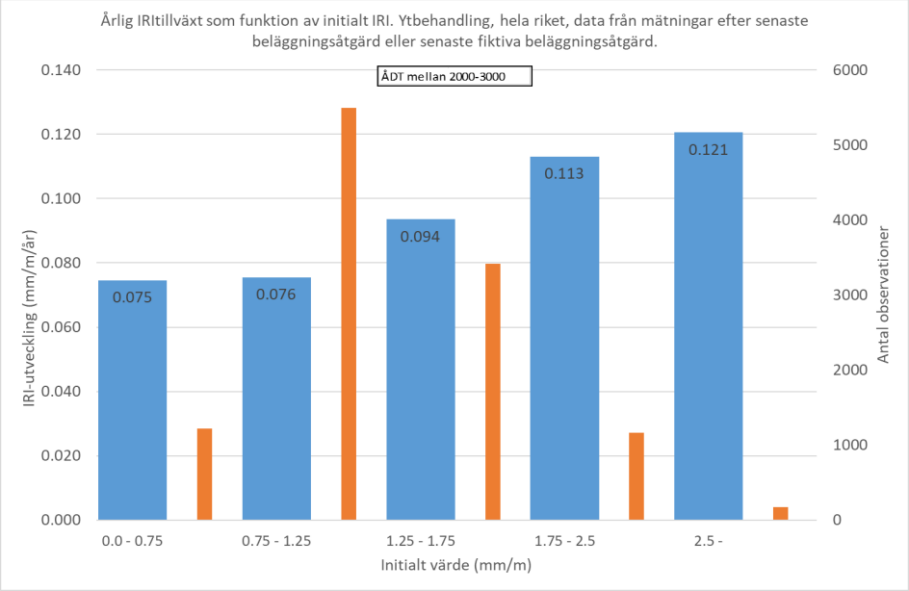

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 5000-6000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0.063
0.065
0.075
0.106
0.130
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

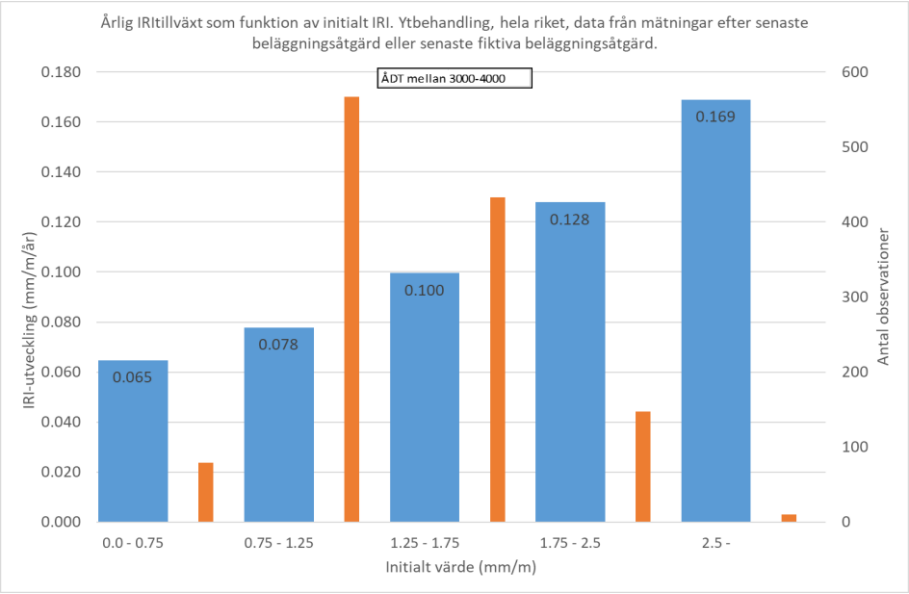
Bilaga 3. Årlig IRI-tillväxt för olika ÅDT-klasser för ytbehandlingar



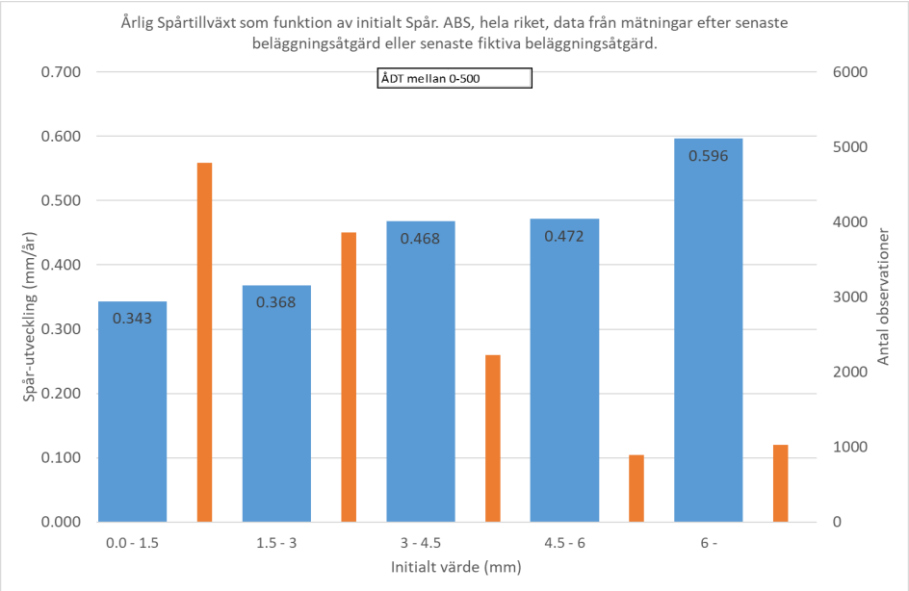


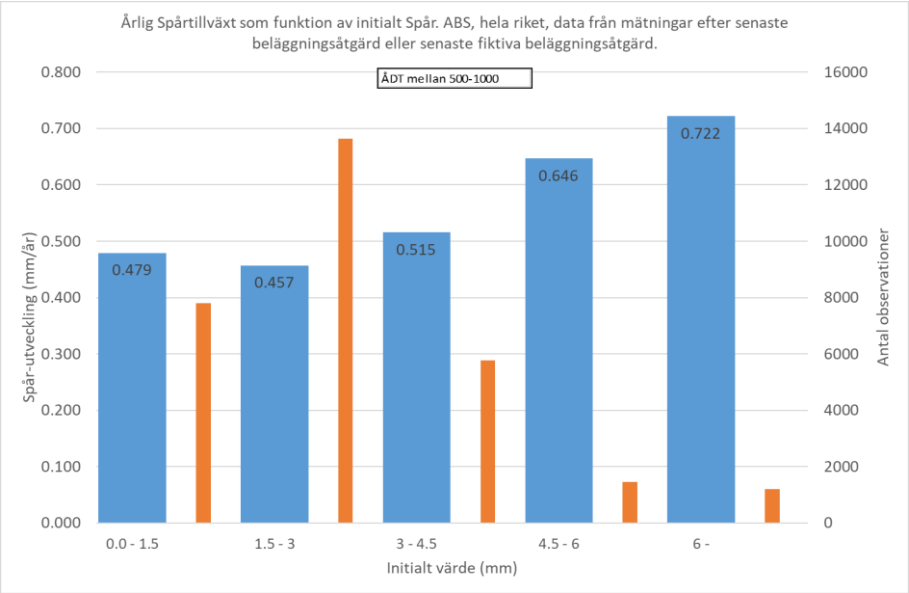

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0.073
0.069
0.084
0.107
0.130
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

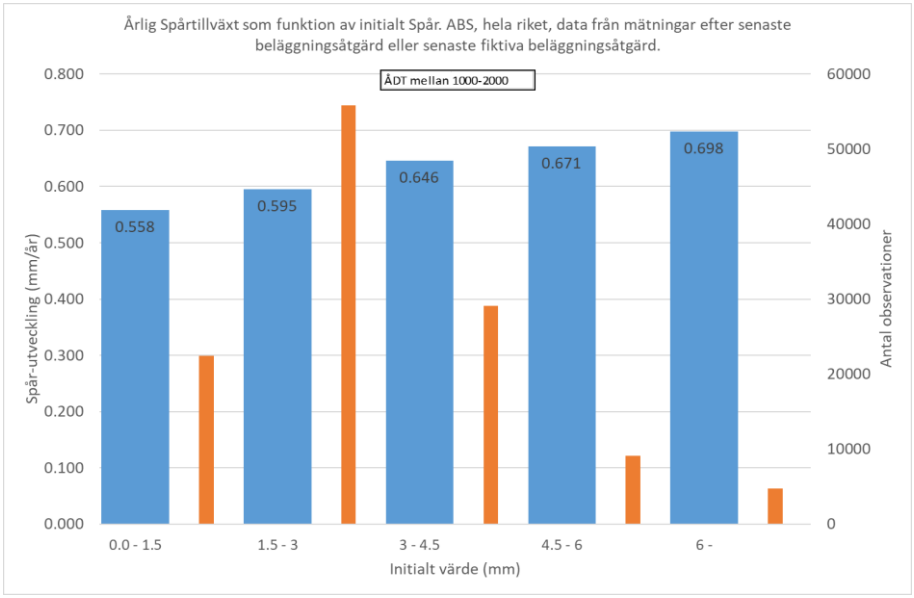

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
0.075
0.076
0.094
0.113
0.121
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

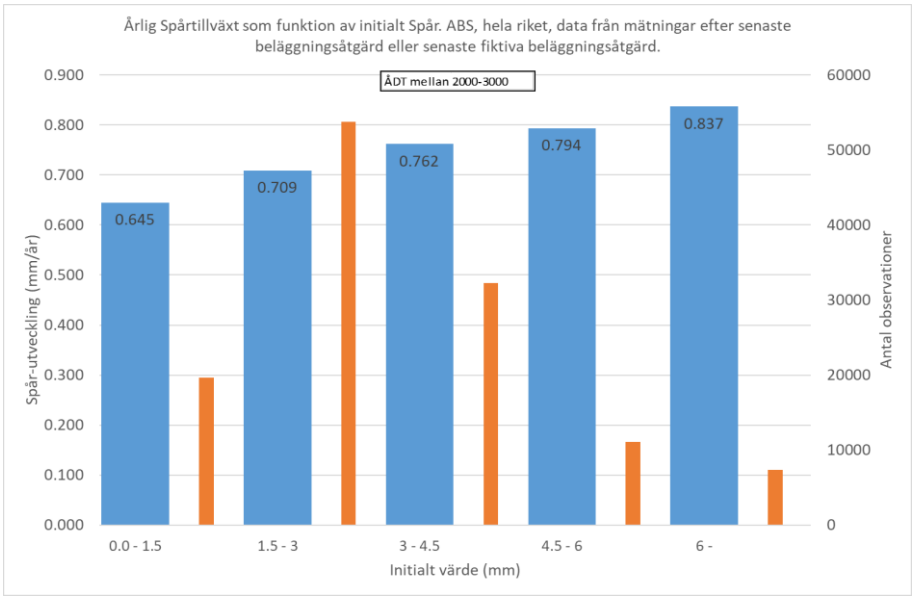

Årlig IRItillväxt som funktion av initialt IRI. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
IRI-utveckling (mm/m/år)
Antal observationer
0.180
0.160
0.140
0.120
0.100
0.080
0.060
0.040
0.020
0.000
600
500
400
300
200
100
0
0.065
0.078
0.100
0.128
0.169
0.0 - 0.75
0.75 - 1.25
1.25 - 1.75
1.75 - 2.5
2.5 -
Initialt värde (mm/m)

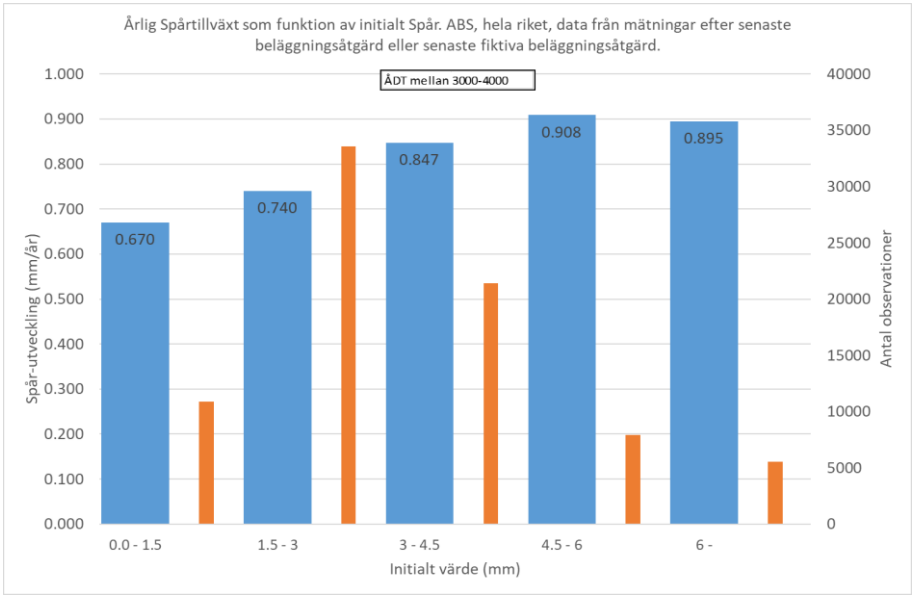
Bilaga 4. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ABS

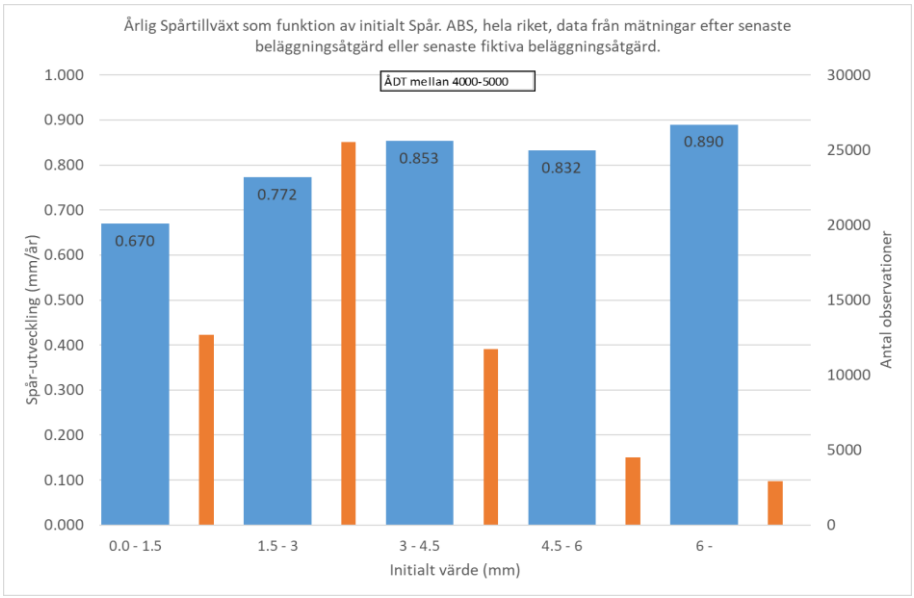


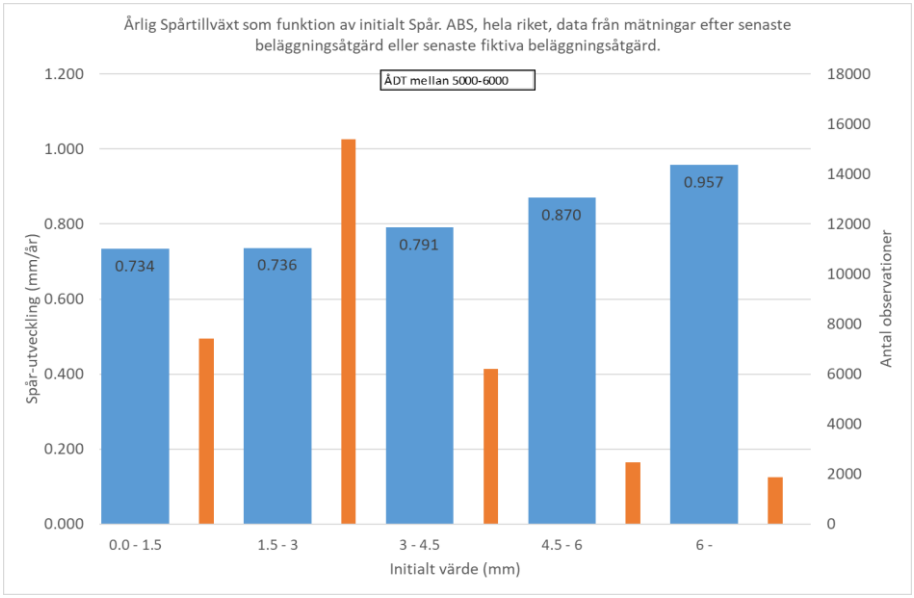


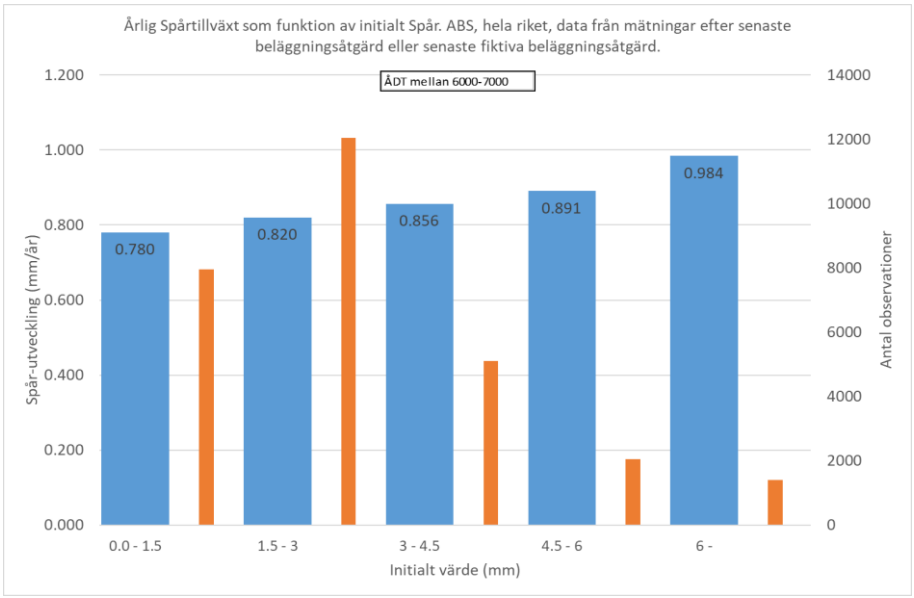

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
0.558
0.595
0.646
0.671
0.698
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

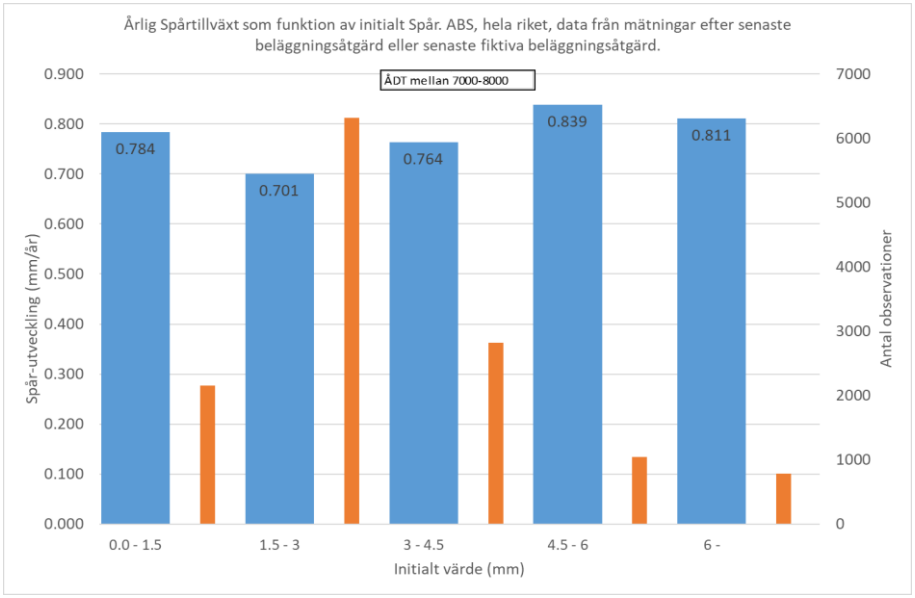

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.900
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
0.645
0.709
0.762
0.794
0.837
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

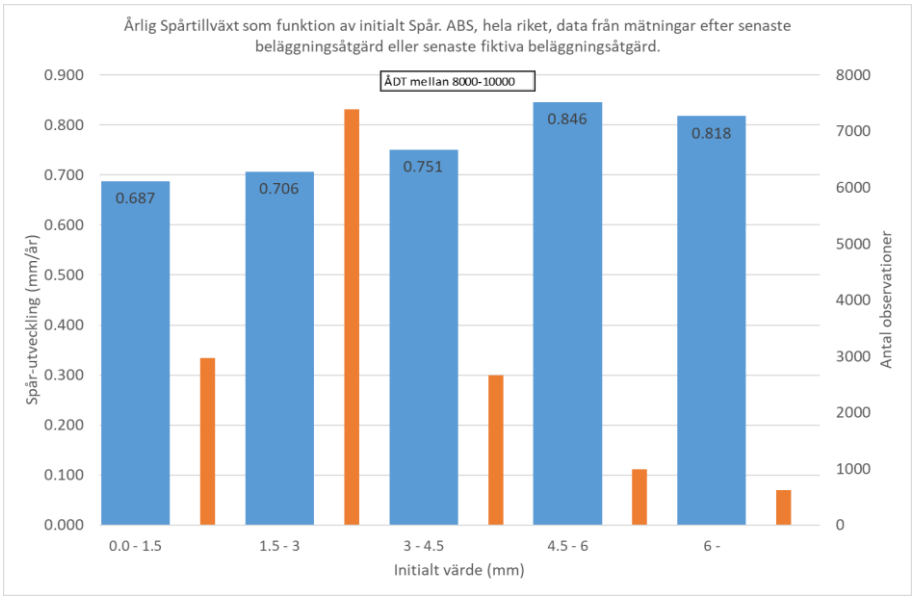

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
0.670
0.740
0.847
0.908
0.895

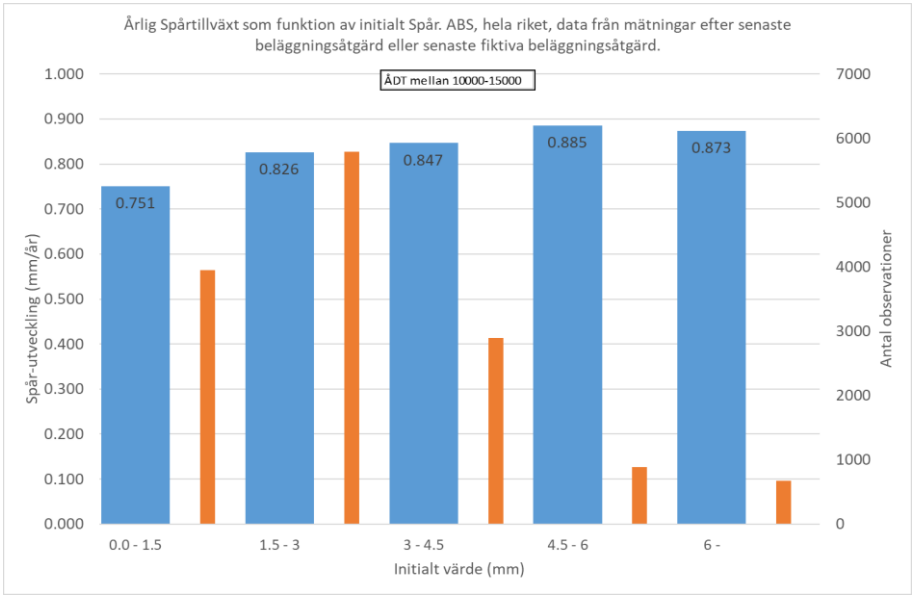

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 4000-5000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
0.670
0.772
0.853
0.832
0.890

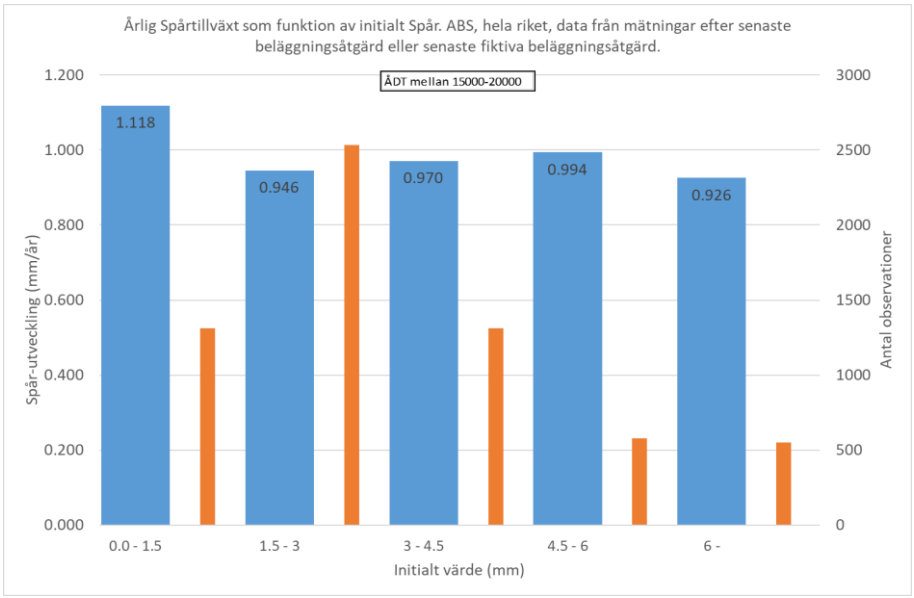

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 5000-6000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.734
0.736
0.791
0.870
0.957
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

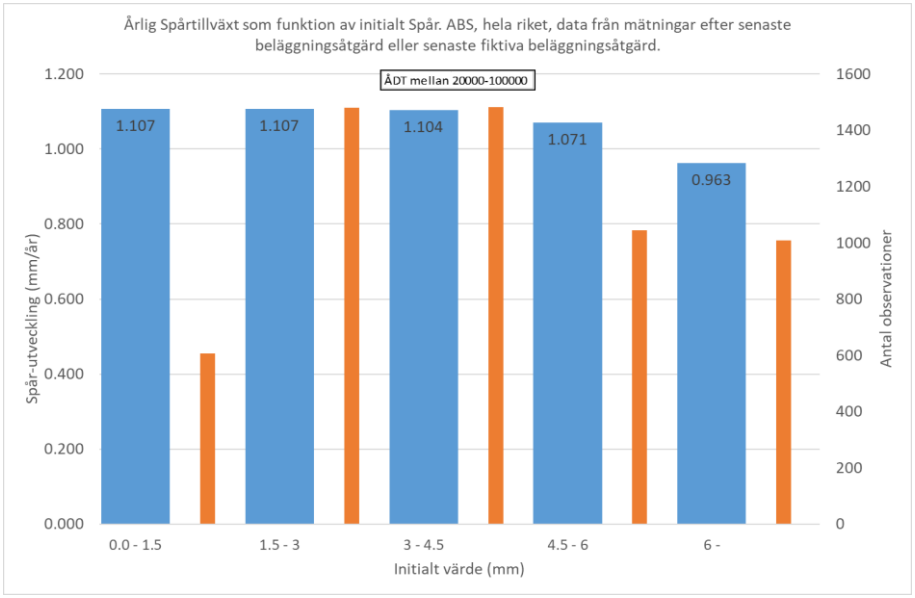

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 6000-7000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.780
0.820
0.856
0.891
0.984
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)


Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 7000-8000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.784
0.701
0.764
0.839
0.811
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

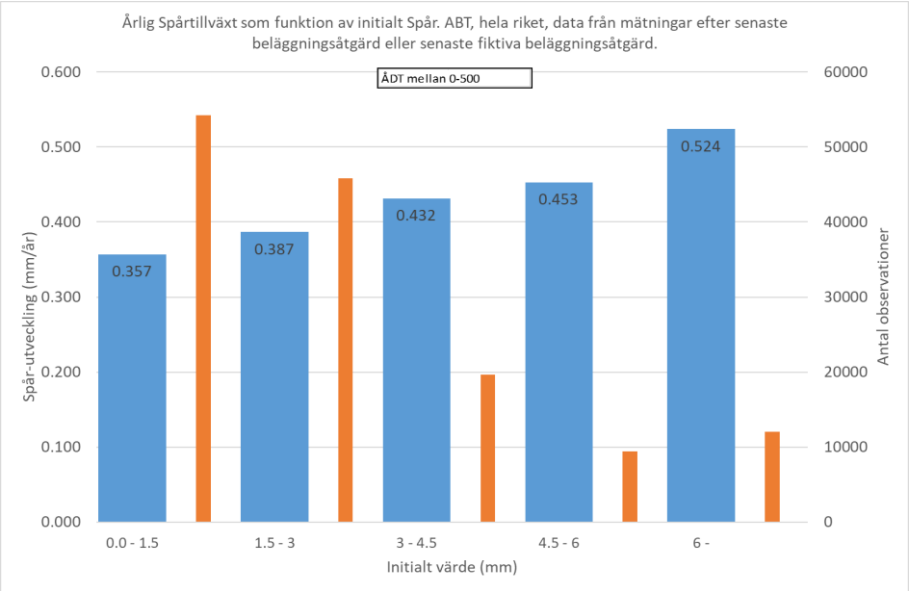

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 8000-10000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.687
0.706
0.751
0.846
0.818
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

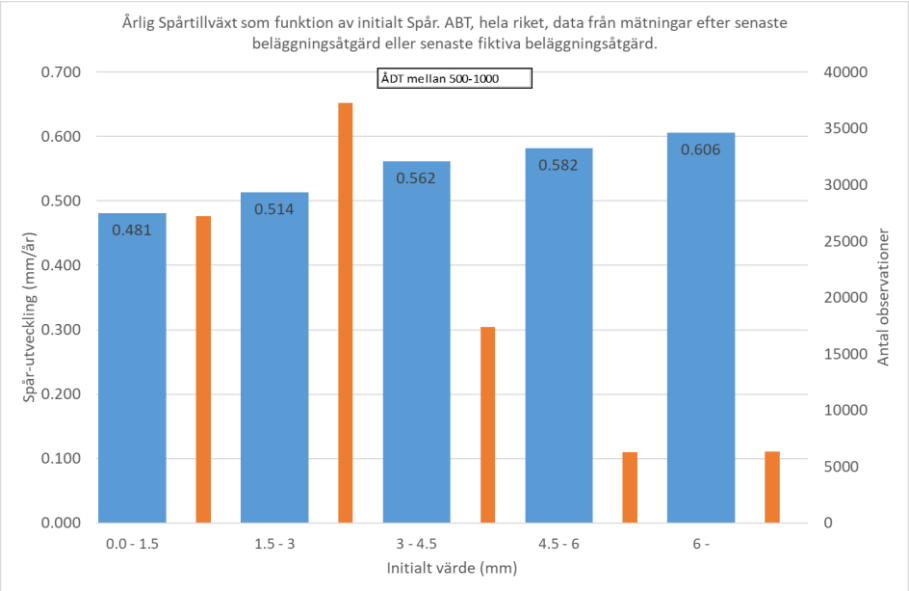

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 10000-15000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.751
0.826
0.847
0.885
0.873
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

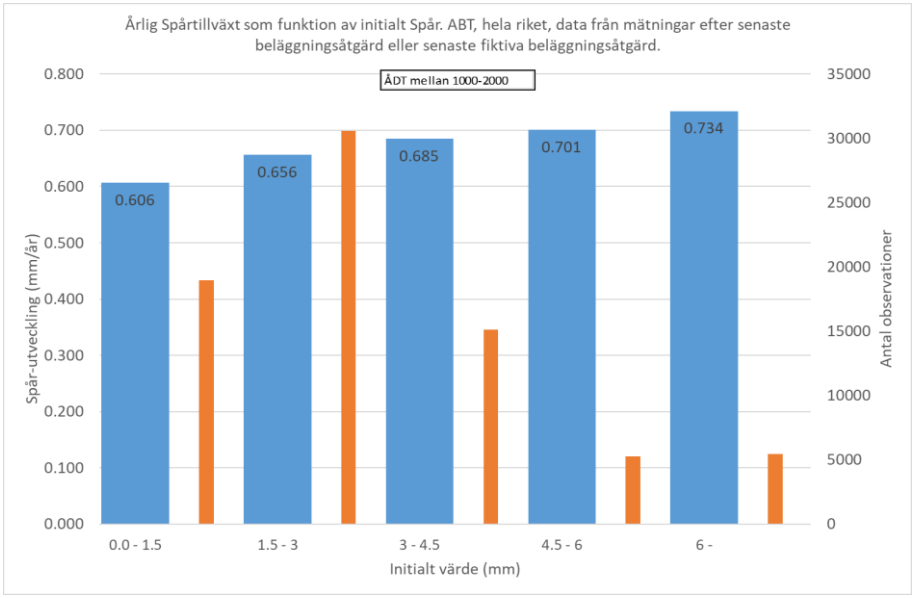

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 15000-20000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
1.118
0.946
0.970
0.994
0.926
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

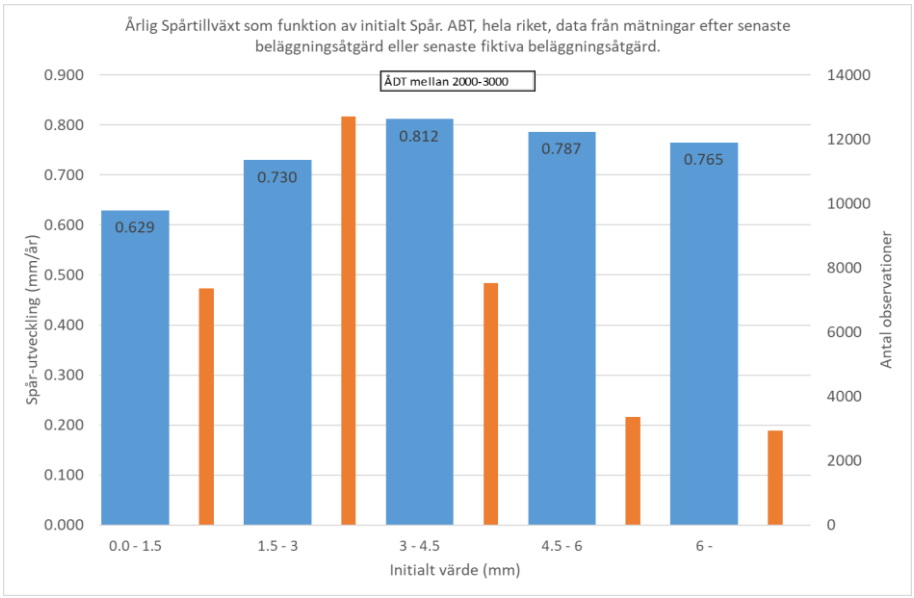

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABS, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 20000-100000
1.107
1.107
1.104
1.071
0.963
1.200
1.000
0.800
0.600
0.400
0.200
0.000
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

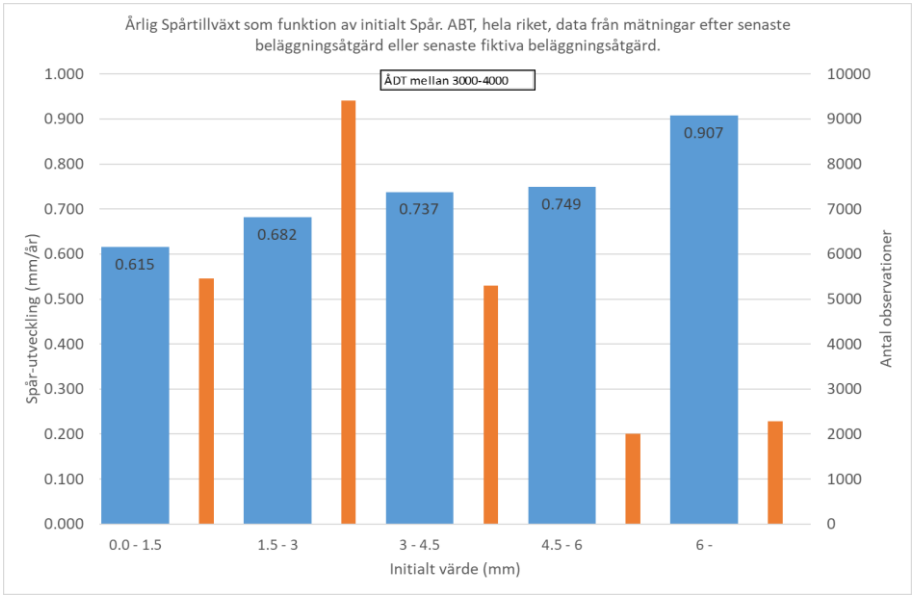
Bilaga 5. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ABT

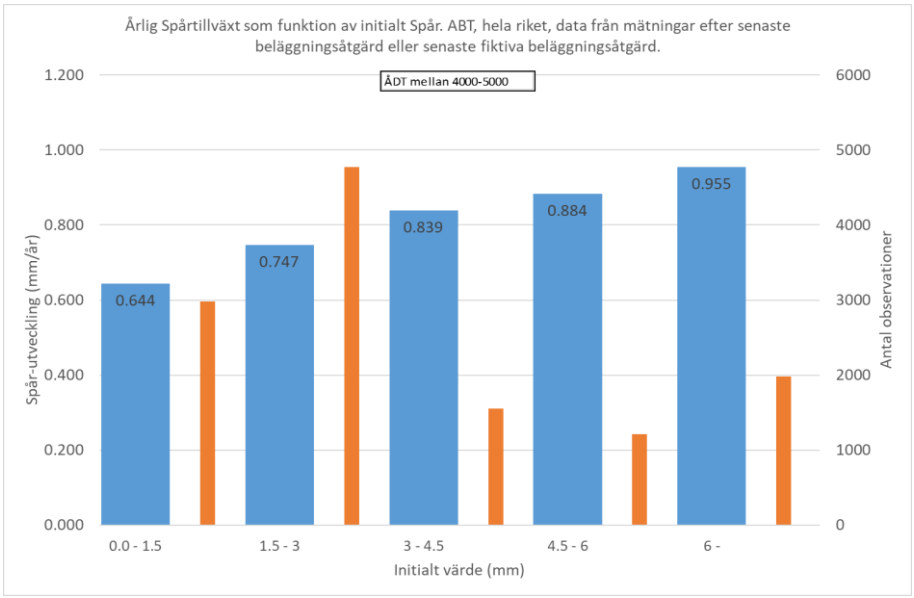


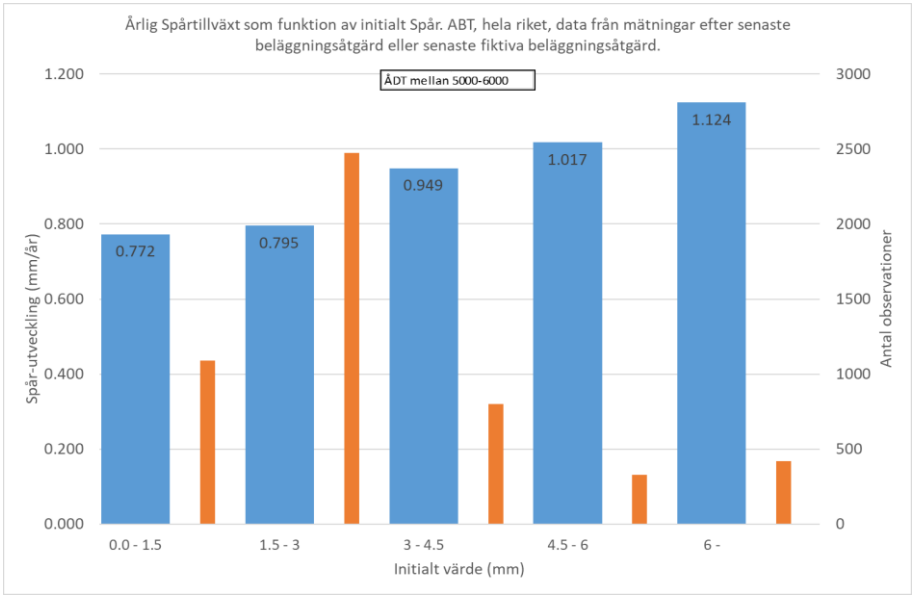


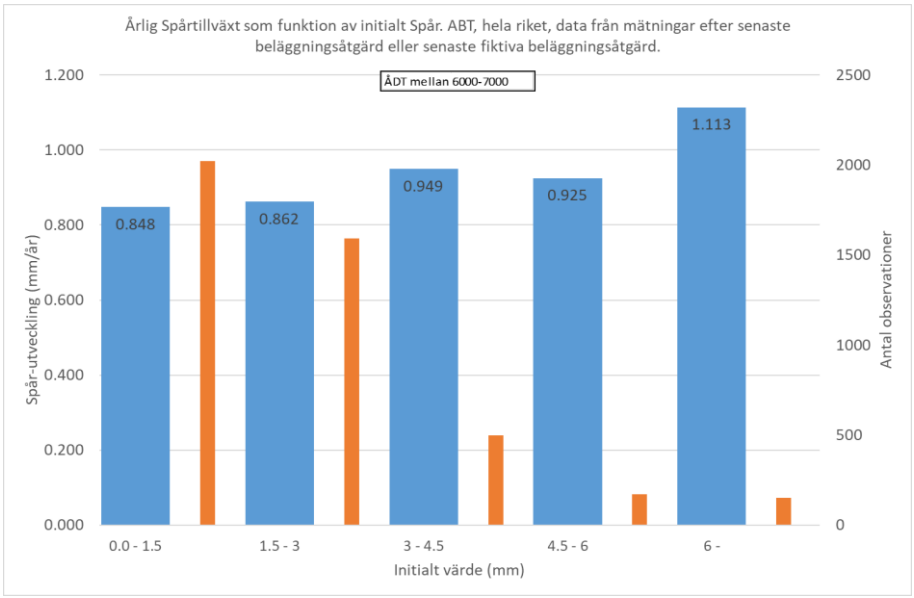

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.606
0.656
0.685
0.701
0.734
0.000
0.100
0.200
0.300
0.400
0.500
0.600
0.700
0.800
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)


Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.629
0.730
0.812
0.787
0.765
0.000
0.100
0.200
0.300
0.400
0.500
0.600
0.700
0.800
0.900
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

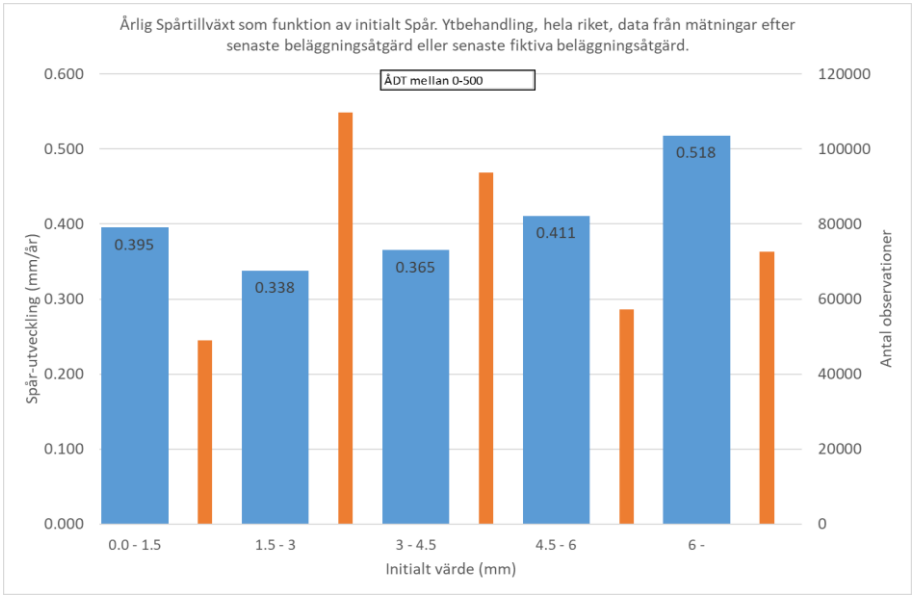

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.615
0.682
0.737
0.749
0.907
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

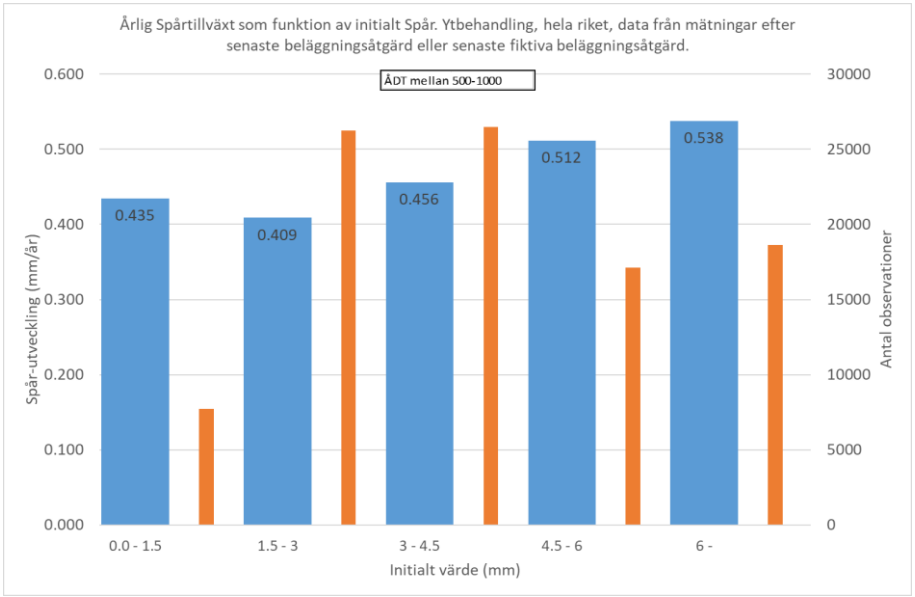

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 4000-5000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.644
0.747
0.839
0.884
0.955
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

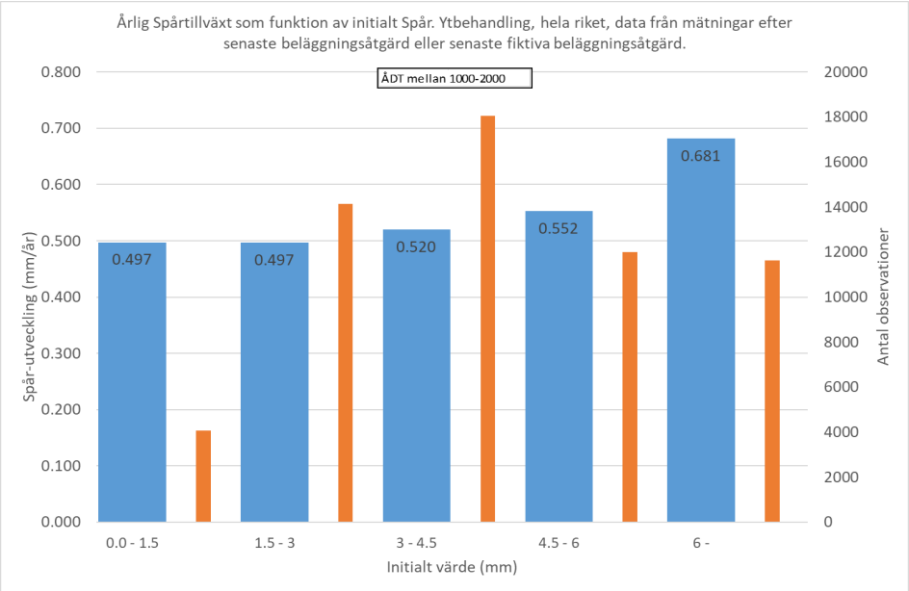

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 5000-6000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.772
0.795
0.949
1.017
1.124
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

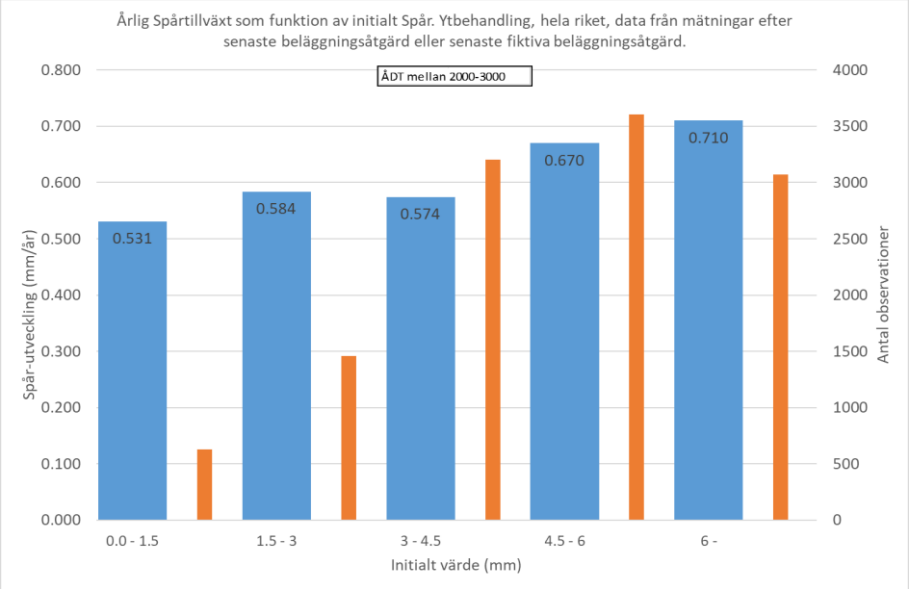

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. ABT, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 6000-7000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.848
0.862
0.949
0.925
1.113
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

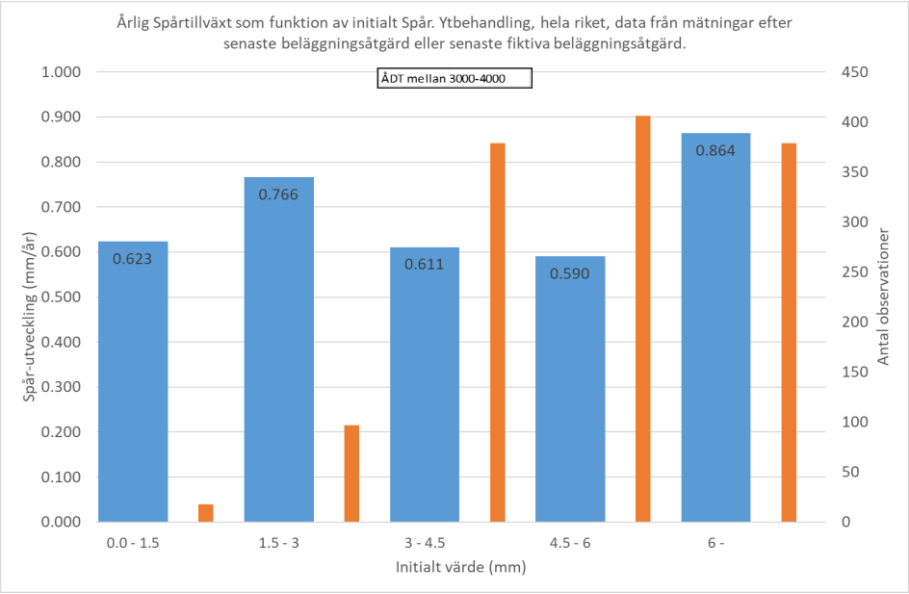
Bilaga 6. Årlig spårtillväxt för olika ÅDT-klasser för ytbehandlingar



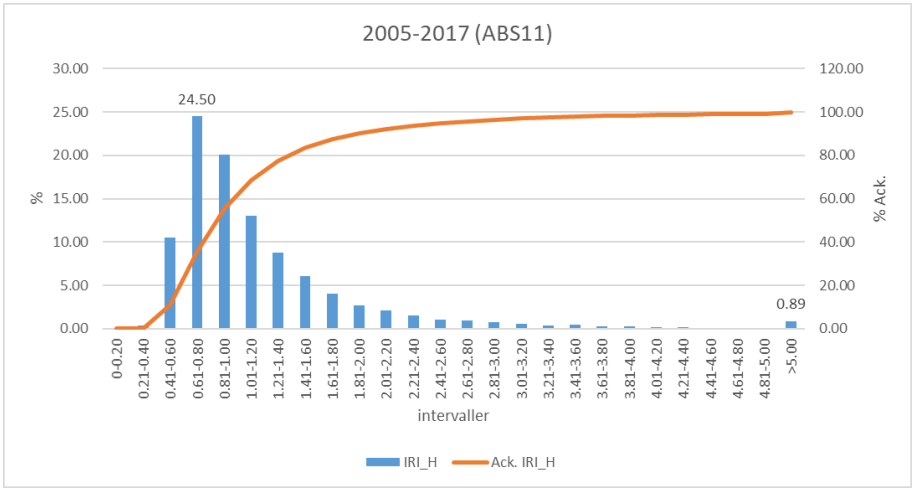



Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 1000-2000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
20000
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
0.497
0.497
0.520
0.552
0.681
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)

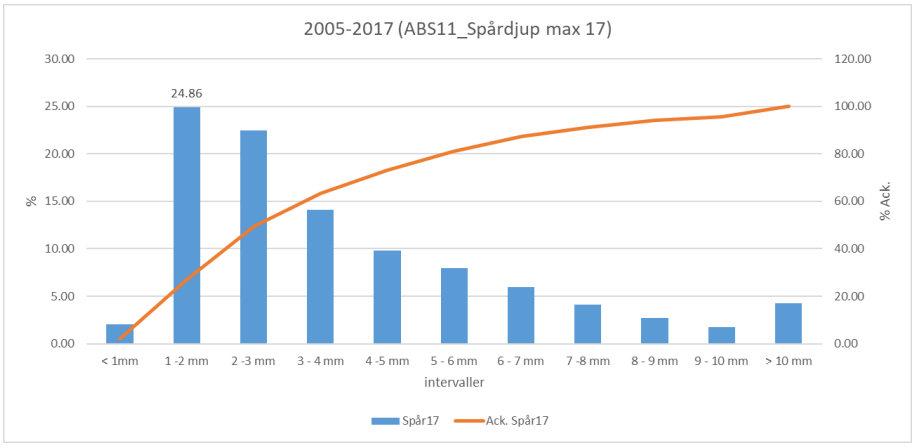

Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 2000-3000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0.531
0.584
0.574
0.670
0.710
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -
Initialt värde (mm)


Årlig Spårtillväxt som funktion av initialt Spår. Ytbehandling, hela riket, data från mätningar efter senaste beläggningsåtgärd eller senaste fiktiva beläggningsåtgärd.
ÅDT mellan 3000-4000
Spår-utveckling (mm/år)
Antal observationer
Initialt värde (mm)
0.623
0.766
0.611
0.590
0.864
0.0 - 1.5
1.5 - 3
3 - 4.5
4.5 - 6
6 -

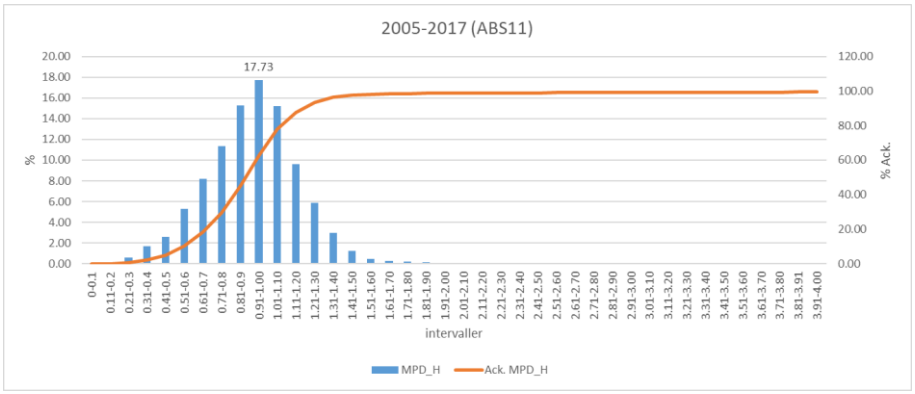
Bilaga 7. Initialvärden från vägnätsmätning



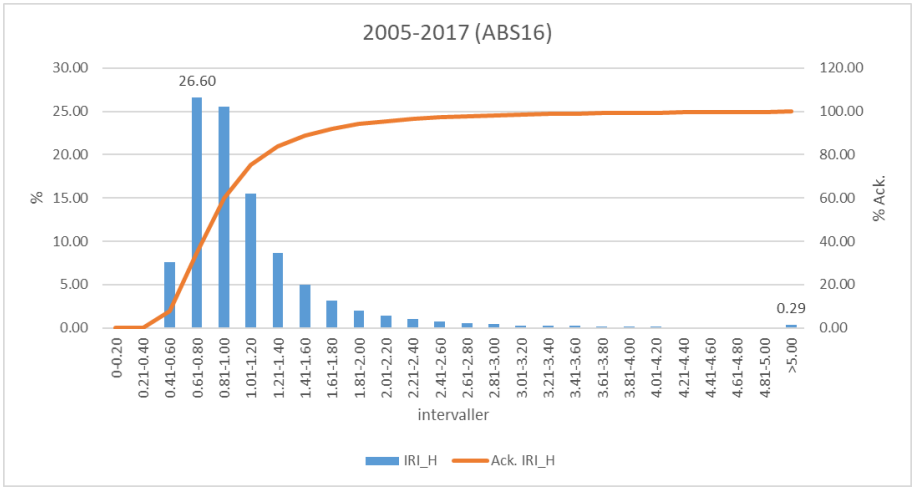
Figur-B7 1 Fördelning av IRI höger på ABS11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



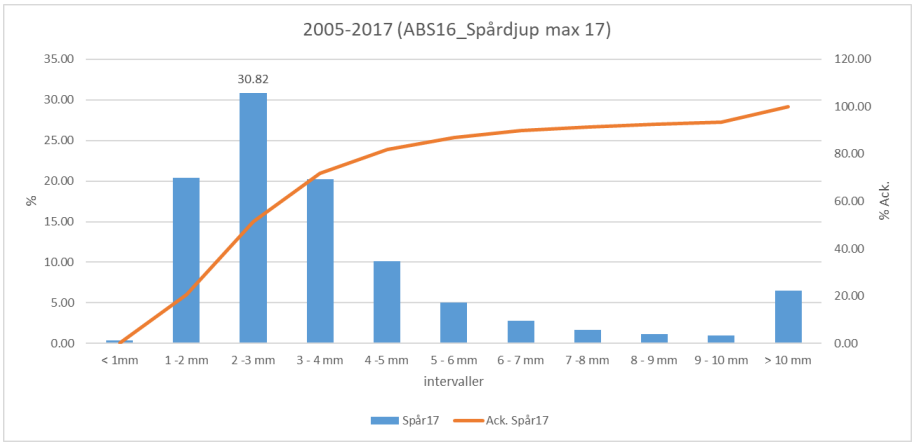
Figur-B7 2 Fördelning av Spårdjup max 17 på ABS11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



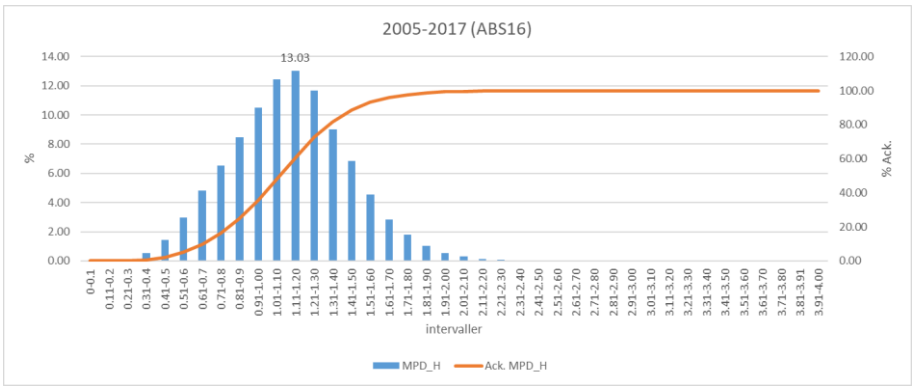
Figur-B7 3 Fördelning av MPD höger på ABS11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



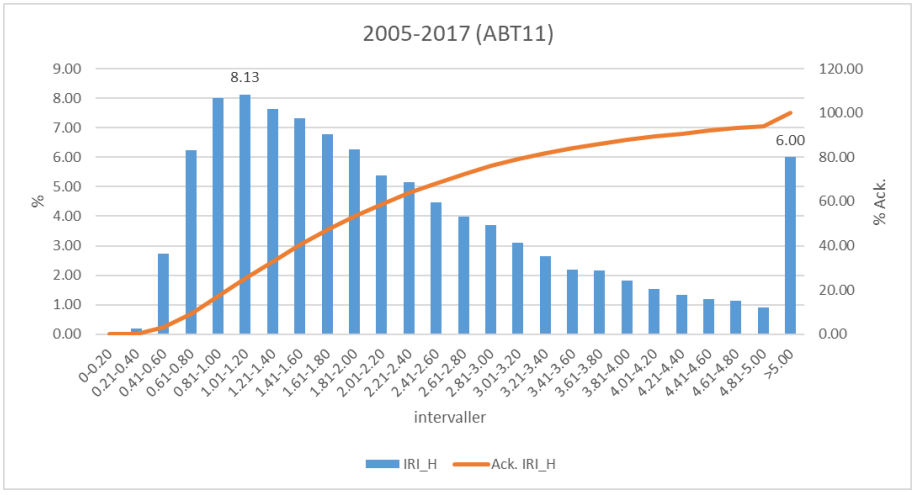
Figur-B7 4 Fördelning av IRI höger på ABS16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



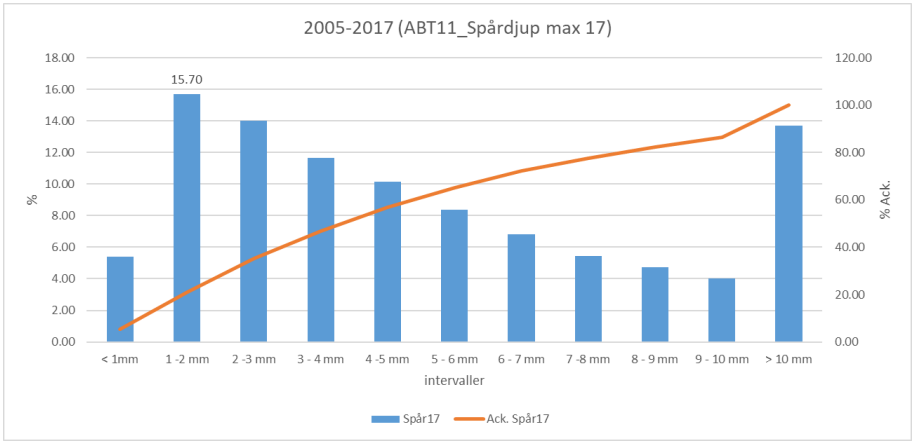
Figur-B7 5 Fördelning av Spårdjup max 17 på ABS16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



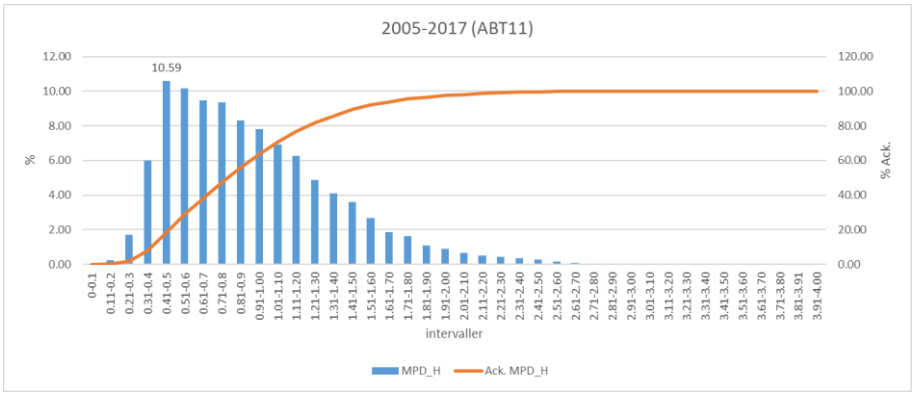
Figur-B7 6 Fördelning av MPD höger på ABS16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



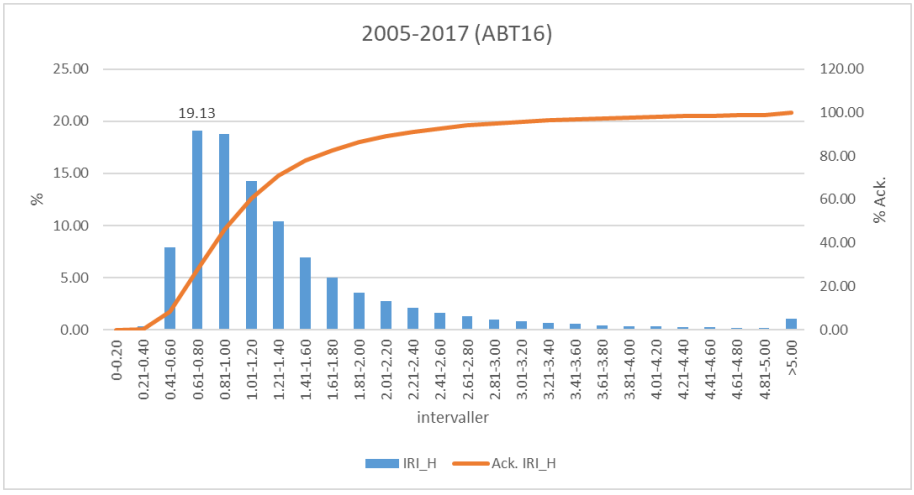
Figur-B7 7 Fördelning av IRI höger på ABT11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



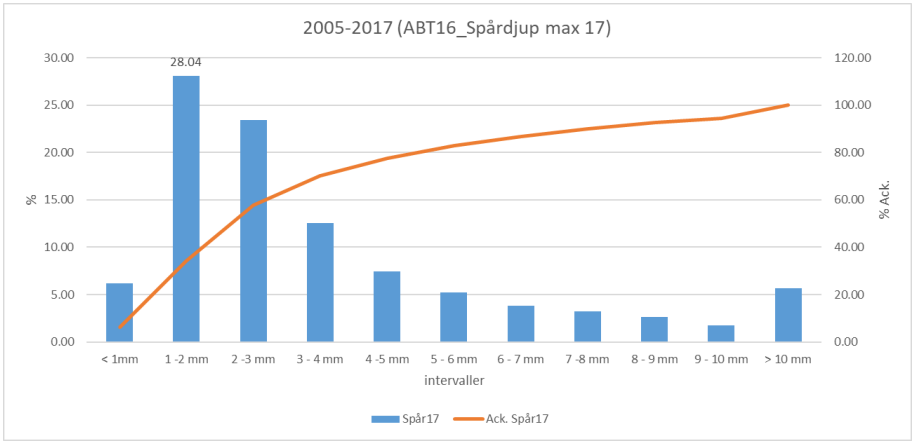
Figur-B7 8 Fördelning av Spårdjup max 17 på ABT11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



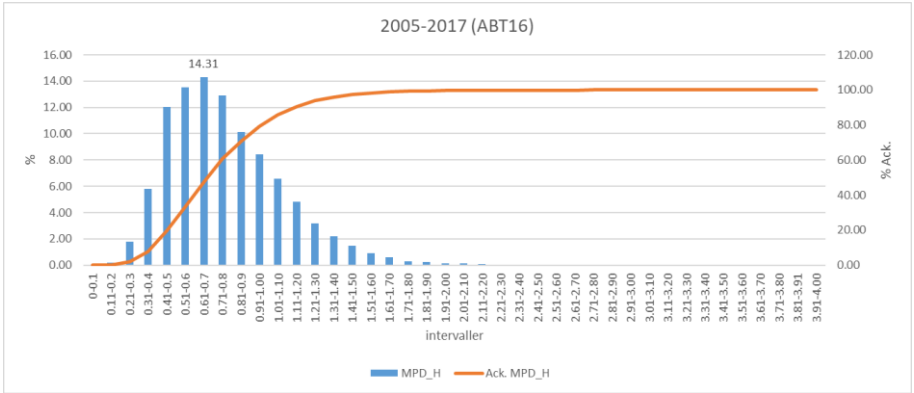
Figur-B7 9 Fördelning av MPD höger på ABT11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



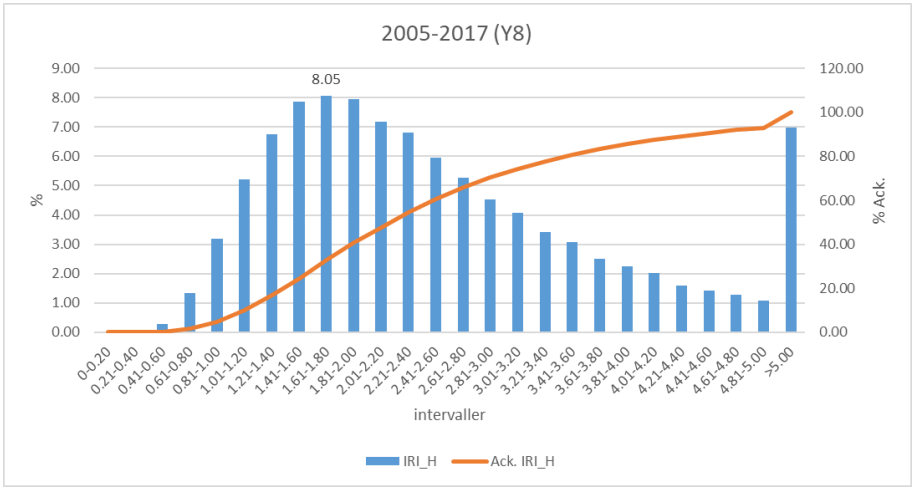
Figur-B7 10 Fördelning av IRI höger på ABT16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



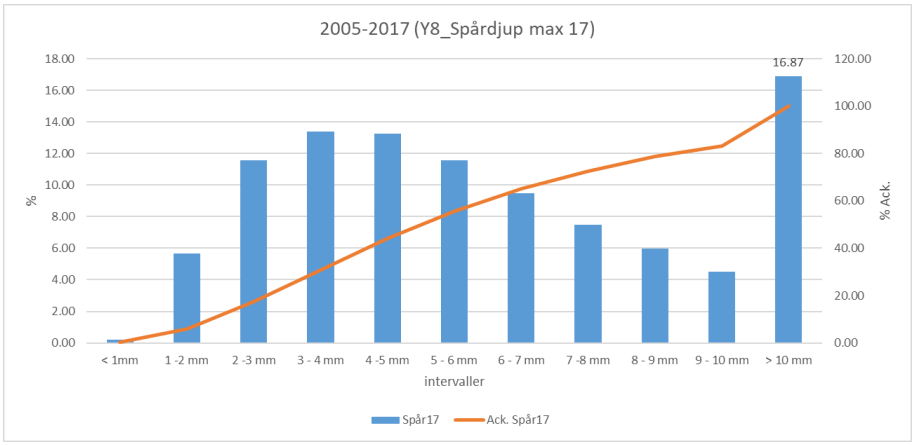
Figur-B7 11 Fördelning av Spårdjup max 17 på ABT16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



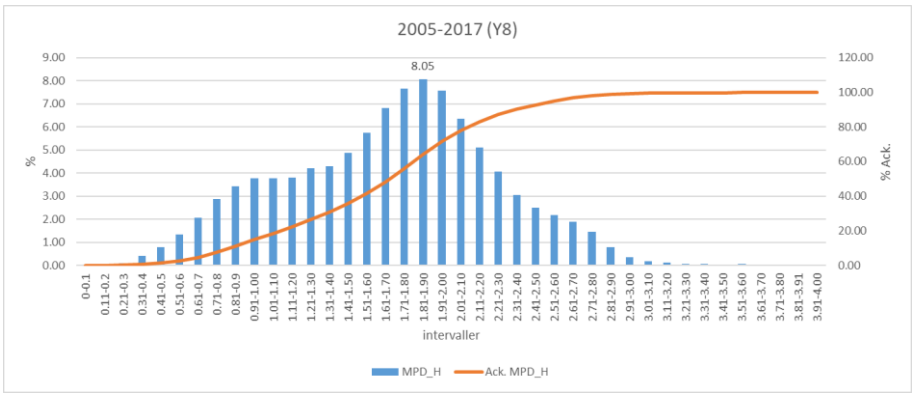
Figur-B7 12 Fördelning av MPD höger på ABT16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



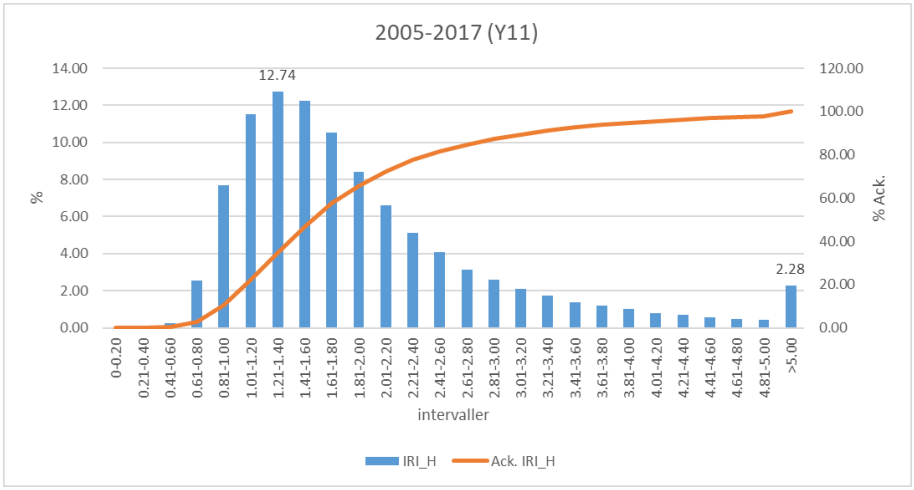
Figur-B7 13 Fördelning av IRI höger på Y8, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



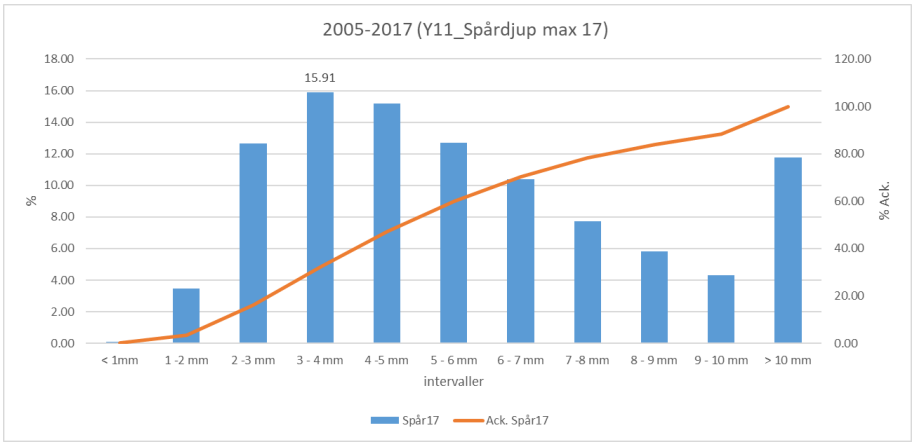
Figur-B7 14 Fördelning av Spårdjup max 17 på Y8, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



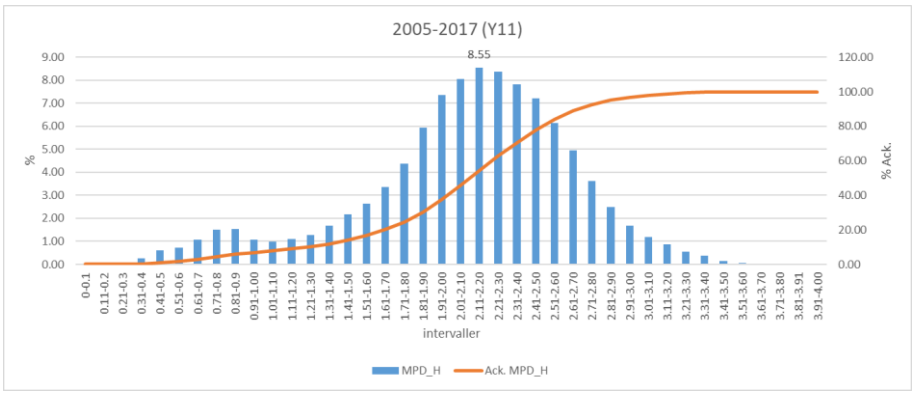
Figur-B7 15 Fördelning av MPD höger på Y8, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



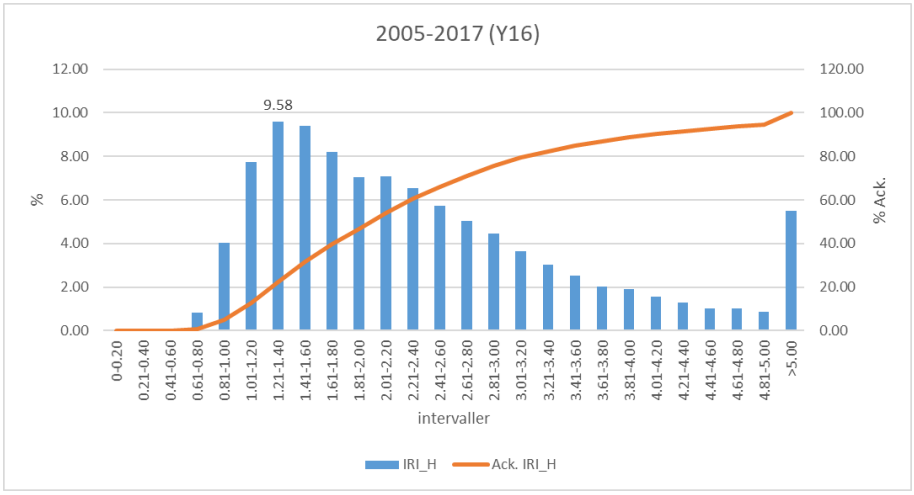
Figur-B7 16 Fördelning av IRI höger på Y11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



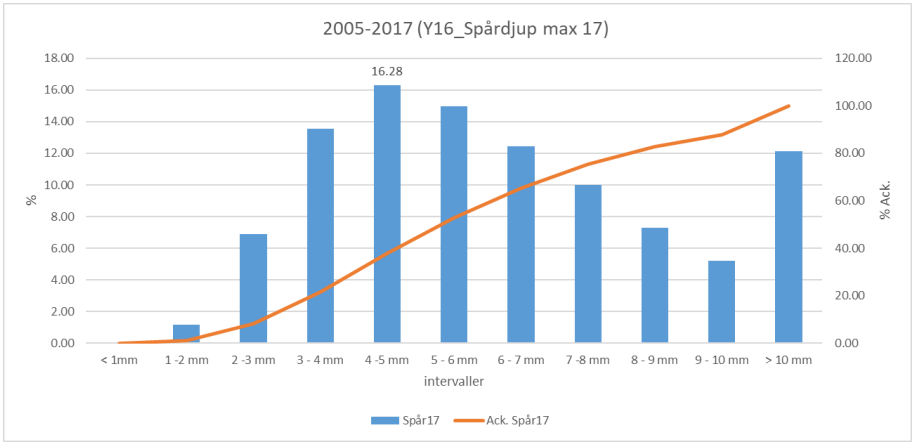
Figur-B7 17 Fördelning av Spårdjup max 17 på Y11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



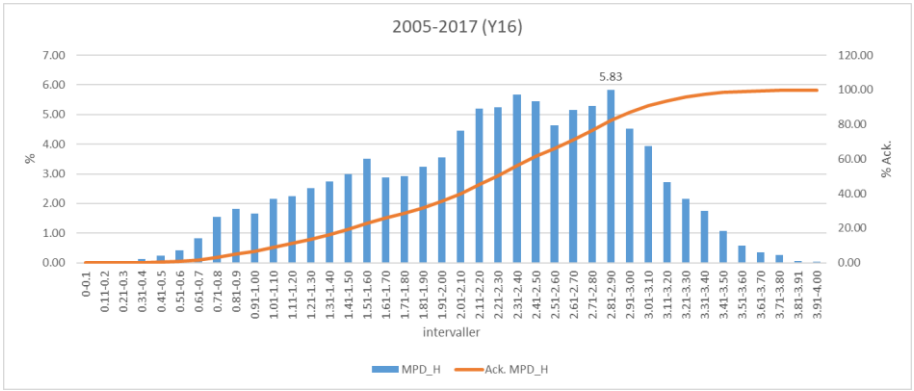
Figur-B7 18 Fördelning av MPD höger på Y11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



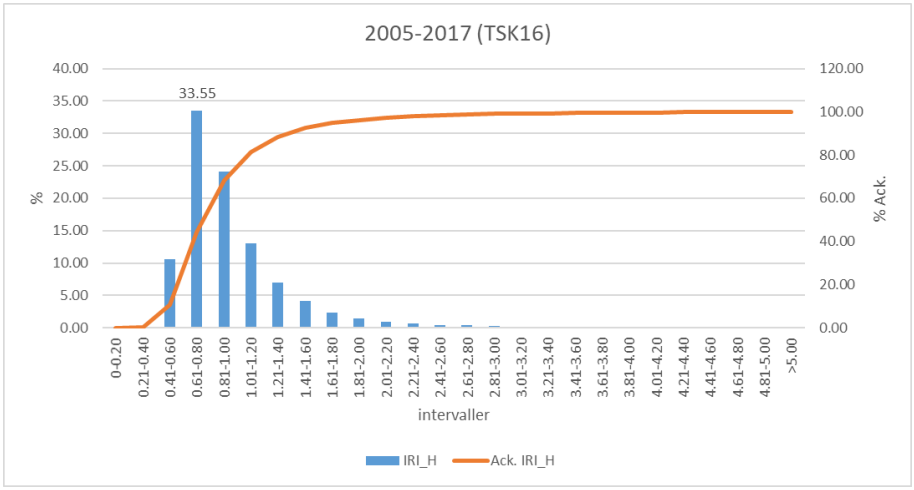
Figur-B7 19 Fördelning av IRI höger på Y16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



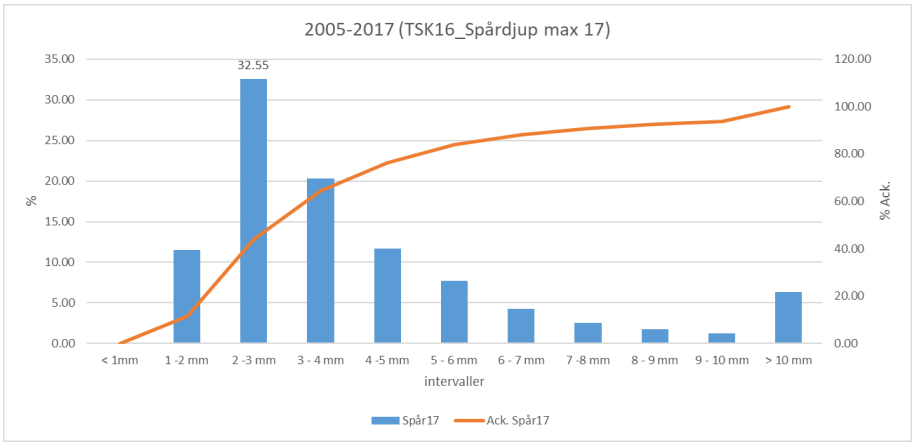
Figur-B7 20 Fördelning av Spårdjup max 17 på Y16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



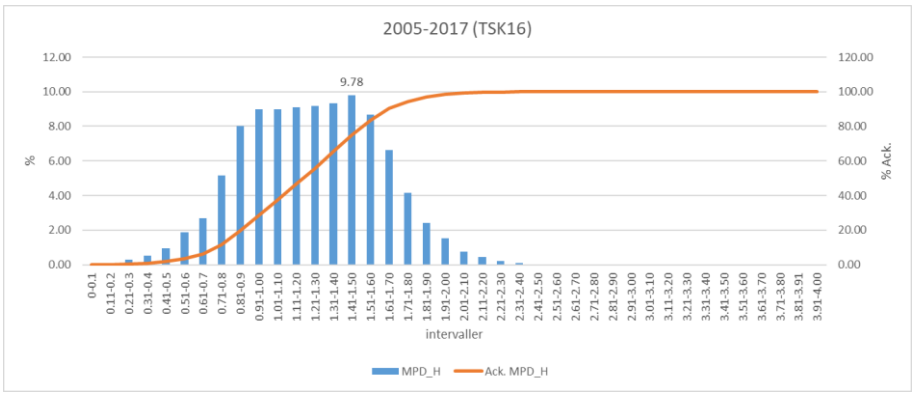
Figur-B7 21 Fördelning av MPD höger på Y16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



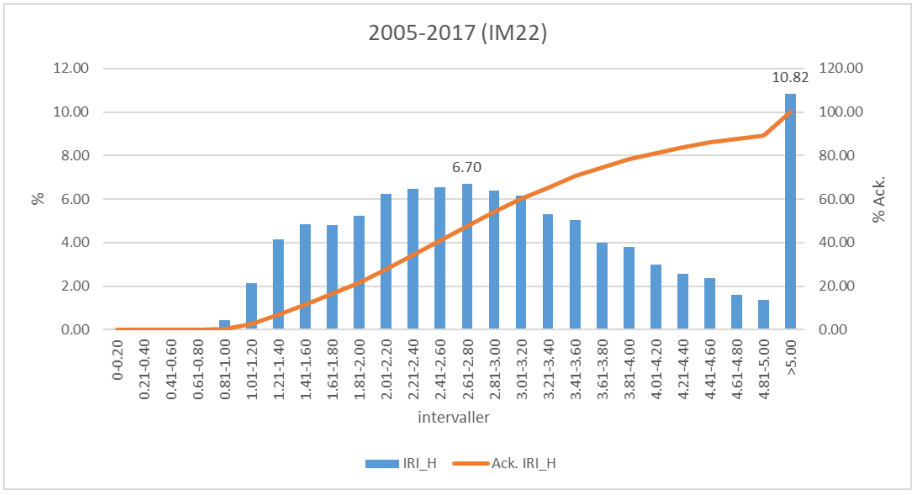
Figur-B7 22 Fördelning av IRI höger på TSK16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



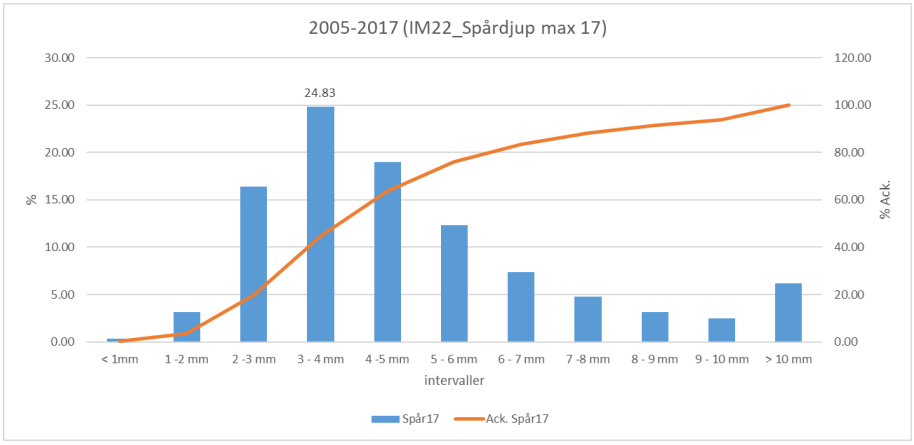
Figur-B7 23 Fördelning av Spårdjup max 17 på TSK16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



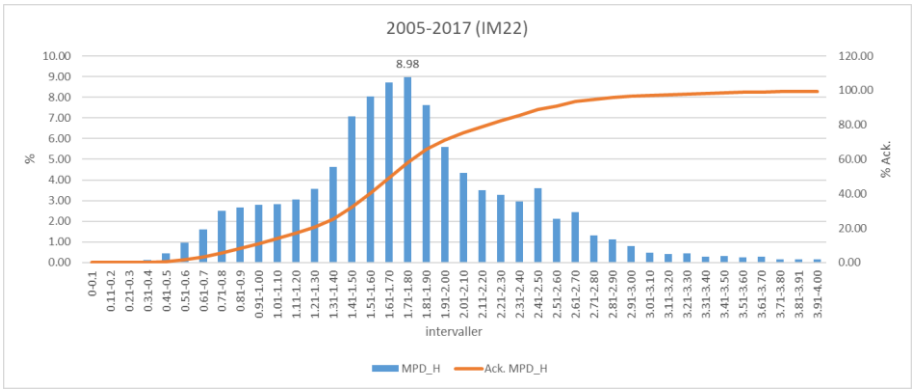
Figur-B7 24 Fördelning av MPD höger på TSK16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



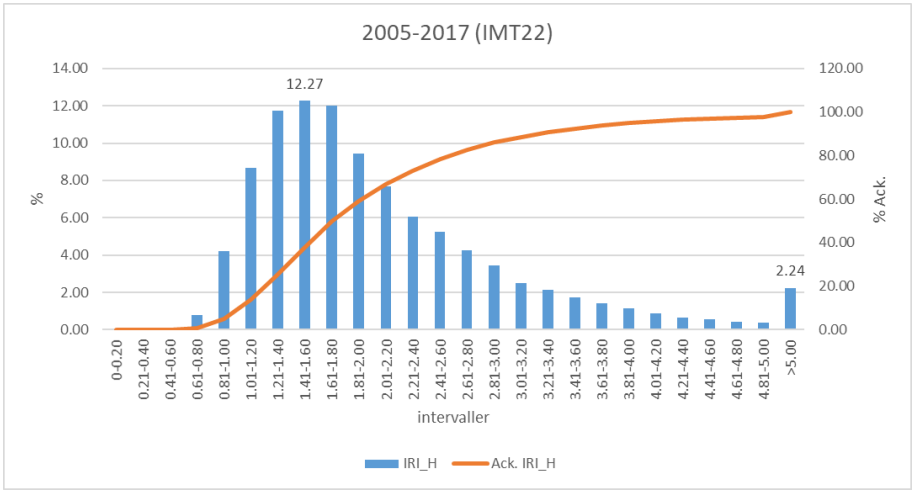
Figur-B7 25 Fördelning av IRI höger på IM22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



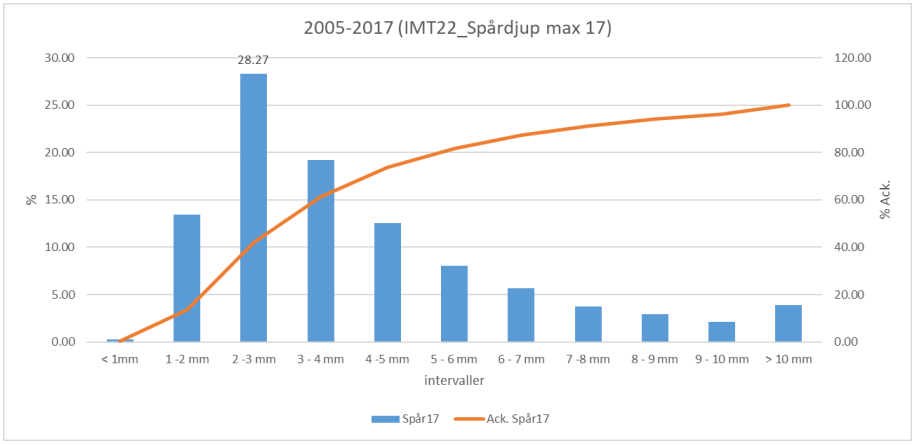
Figur-B7 26 Fördelning av Spårdjup max 17 på IM22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



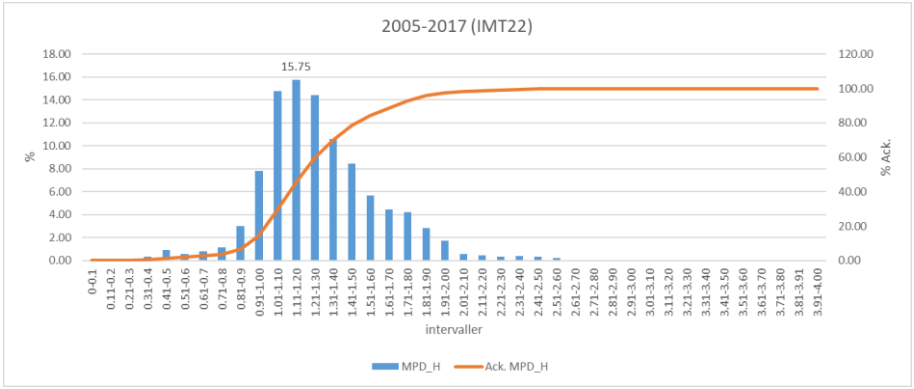
Figur-B7 27 Fördelning av MPD höger på IM22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



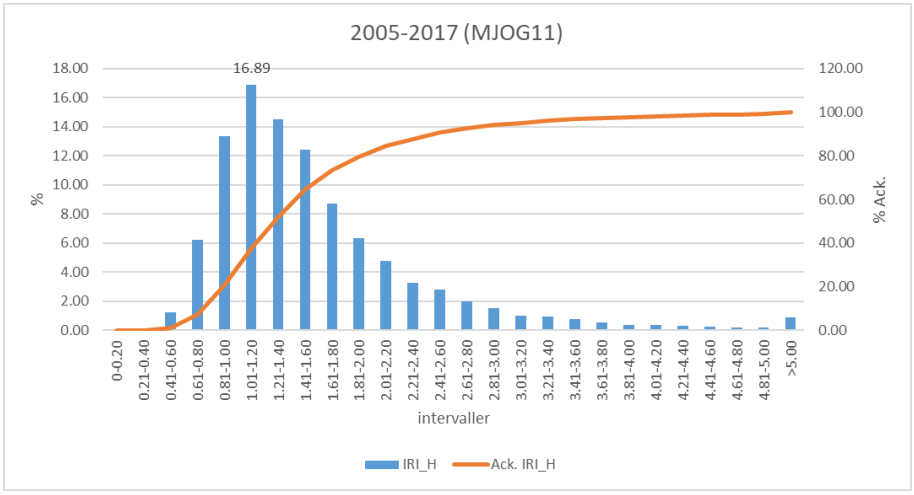
Figur-B7 28 Fördelning av IRI höger på IMT22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



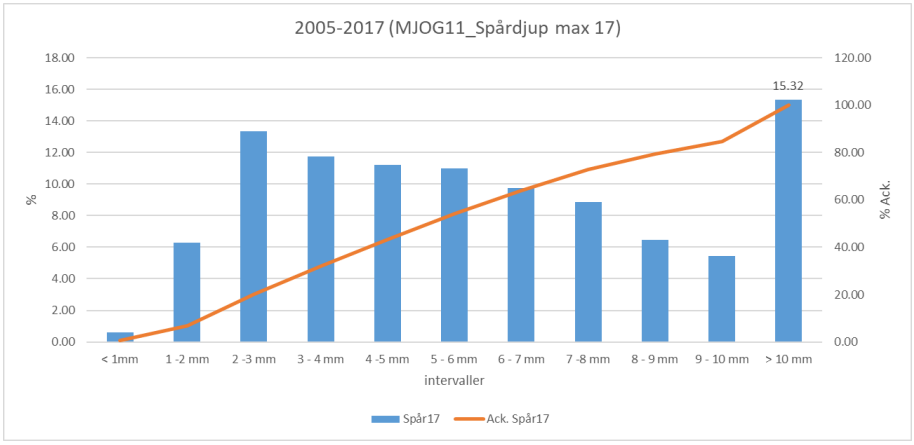
Figur-B7 29 Fördelning av Spårdjup max 17 på IMT22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



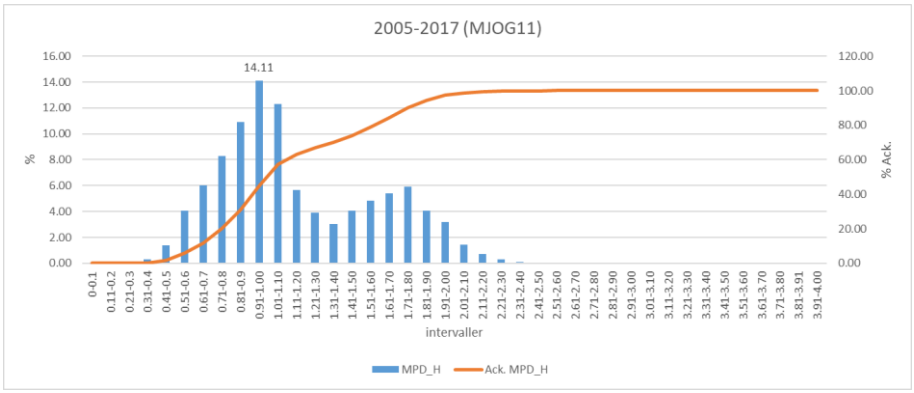
Figur-B7 30 Fördelning av MPD höger på IMT22, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



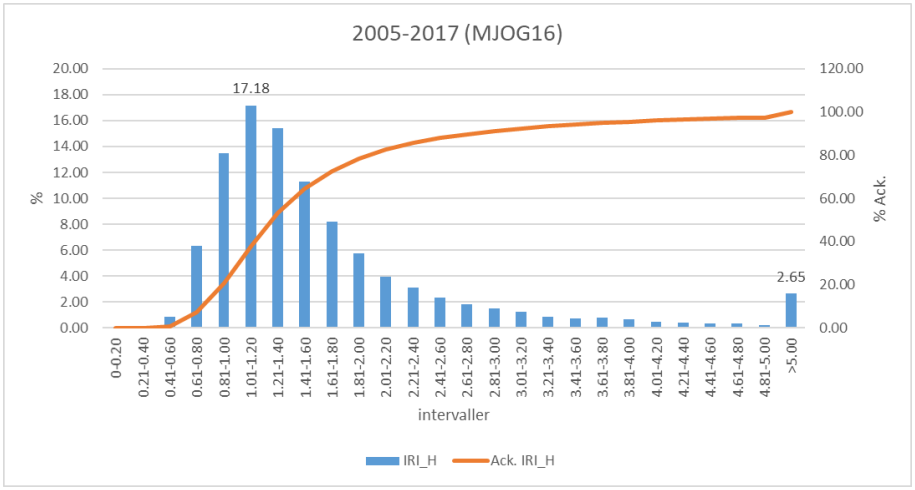
Figur-B7 31 Fördelning av IRI höger på MJOG11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



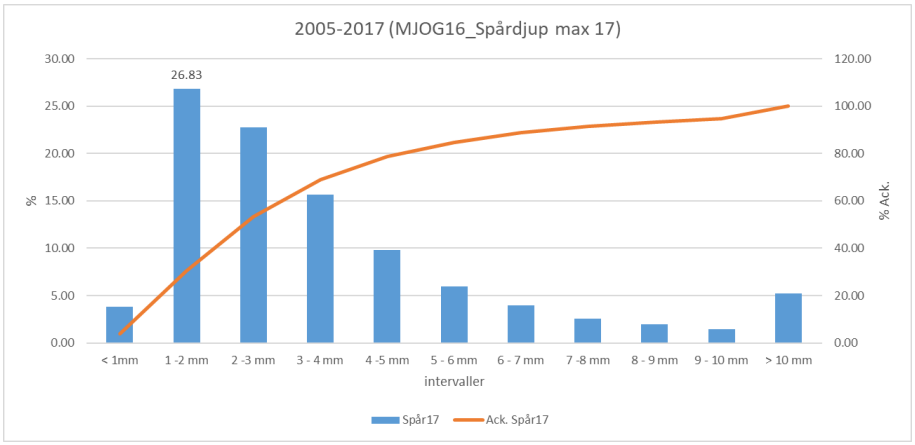
Figur-B7 32 Fördelning av Spårdjup max 17 på MJOG11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



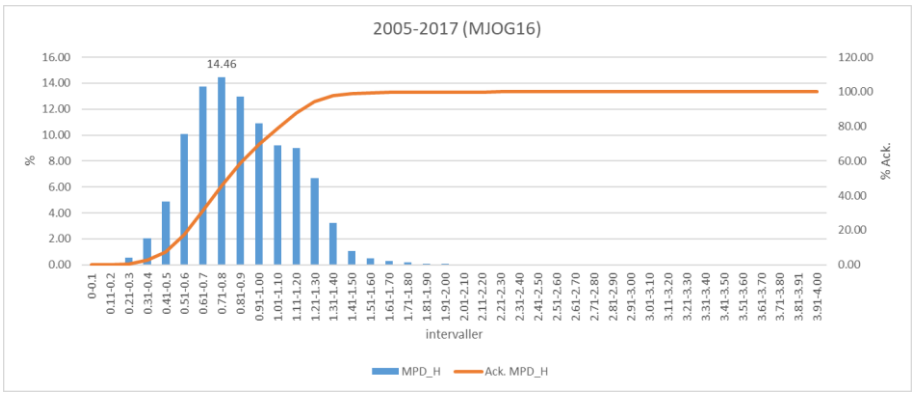
Figur-B7 33 Fördelning av MPD höger på MJOG11, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.



Figur-B7 34 Fördelning av IRI höger på MJOG16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.

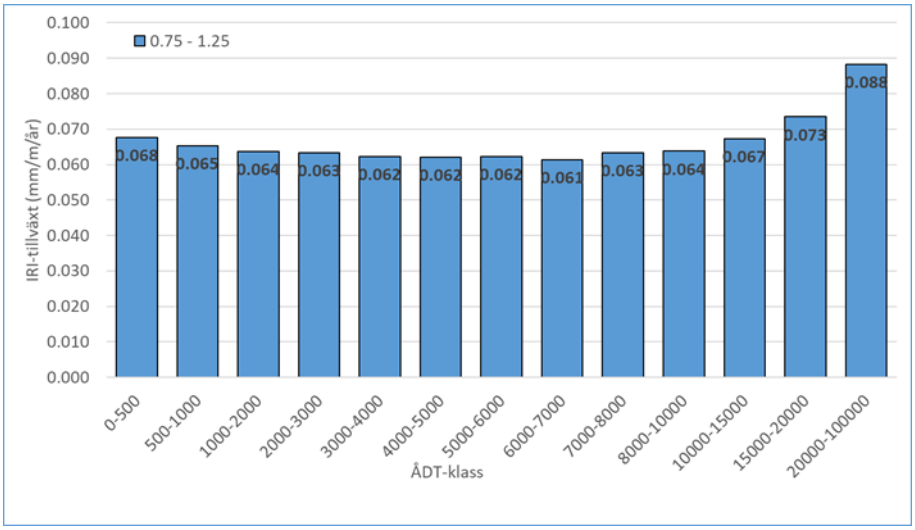


Figur-B7 35 Fördelning av Spårdjup max 17 på MJOG16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.

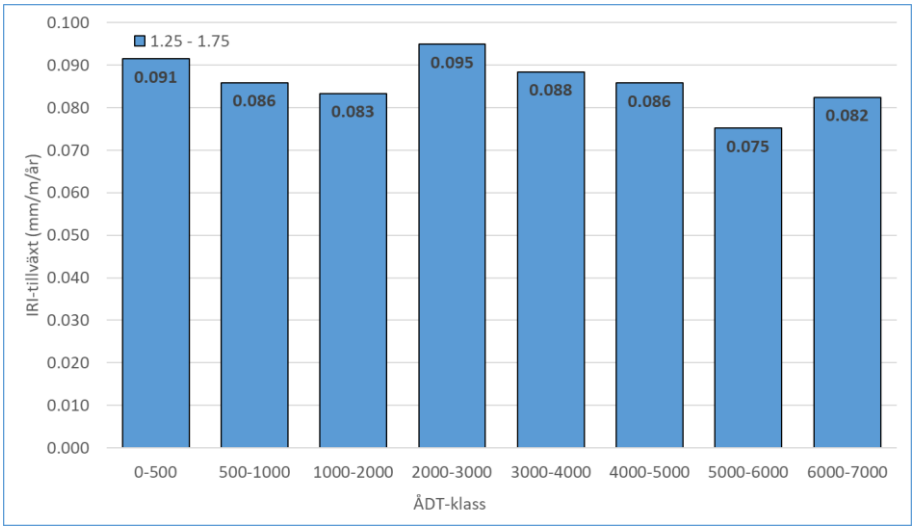


Figur-B7 36 Fördelning av MPD höger på MJOG16, ny beläggning. Data från vägnätsmätning.

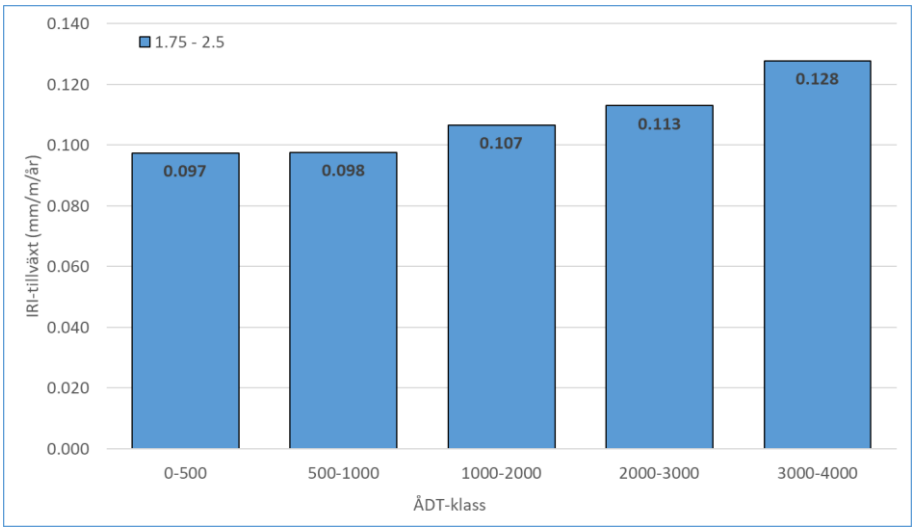
Bilaga 8. Årlig tillväxttakt för sträckor med initialvärden som motsvarar de krav som normalt ställs vid en entreprenad, data från vägnätsmätning



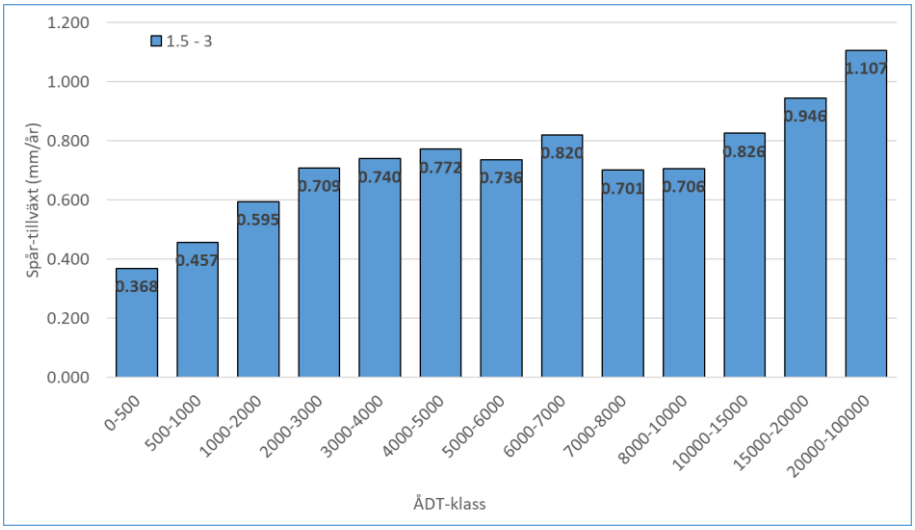
Figur-B8 1 Årlig tillväxttakt för IRI i olika ÅDT-klasser på ABS-beläggningar för sträckor med initialt IRI-tillstånd mellan 0,75 och 1,25 mm/m.



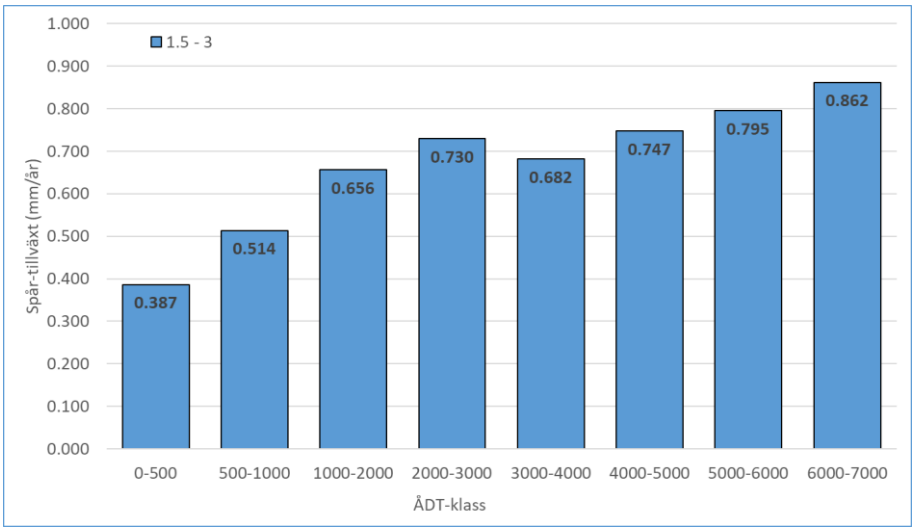
Figur-B8 2 Årlig tillväxttakt för IRI i olika ÅDT-klasser på ABT-beläggningar för sträckor med initialt IRI-tillstånd mellan 1,25 och 1,75 mm/m.



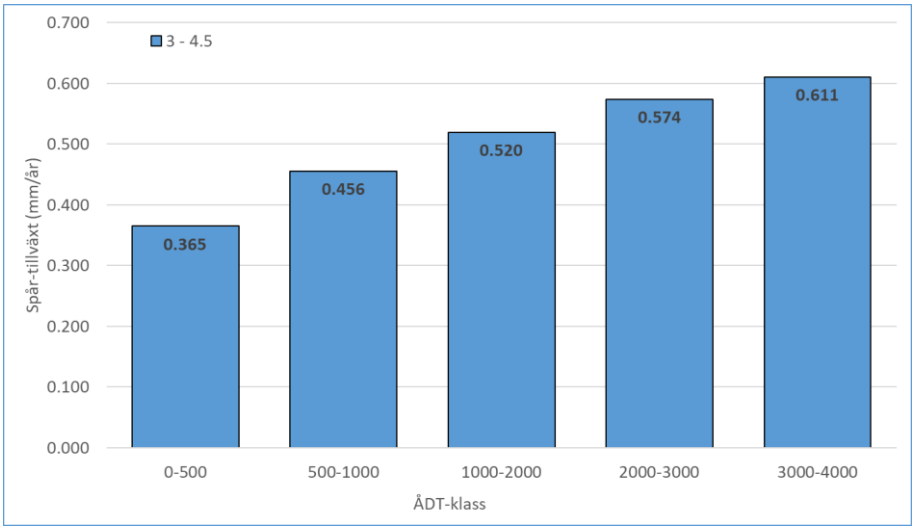
Figur-B8 3 Årlig tillväxttakt för IRI i olika ÅDT-klasser på ytbehandlad väg för sträckor med initialt IRI-tillstånd mellan 1,75 och 2,5 mm/m.



Figur-B8 4 Årlig tillväxttakt för spårdjup i olika ÅDT-klasser på ABS-beläggningar för sträckor med initialt spår mellan 1,5 och 3,0 mm.



Figur-B8 5 Årlig tillväxttakt för spårdjup i olika ÅDT-klasser på ABT-beläggningar för sträckor med initialt spår mellan 1,5 och 3,0 mm.



Figur-B8 6 Årlig tillväxttakt för spårdjup i olika ÅDT-klasser på ytbehandlade vägar för sträckor med initialt spår mellan 3,0 och 4,5 mm.

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Bruksgatan 8
SE-222 36 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

vti