

Utveckling av en metodik för att bestämma deformationsegenskaper för två-lagers asfaltbeläggningar i fräslådor.

Författare:

Kenneth Olsson/
Erik Malmqvist
Skanska Teknik Väg och Asfalt
Box 49
123 21 Farsta

Datum: 2005-05-30

SBUF-rapport nr 11512



Förord

SBUF-Projekt 11512 ” *Utveckling av en metodik för att bestämma deformationsegenskaper för två-lagers asfaltbeläggningar i fräslådor.* ” har genomförts av Skanska VTC Nord, Farsta med finansiering från SBUF och Vägverket Region Stockholm.

Resultaten och rapporten har sammanställts av Kenneth Olsson, Skanska och Erik Malmqvist PEAB.

Ett stort tack riktas till Håkan Jonsson på Vägverket Region Stockholm som förutom ett ekonomiskt bidrag även stöttat projektet med värdefulla data från verkliga vägobjekt. Jag vill även passa på att tacka Sivert Lettfält VTC Nord i Farsta som under ett antal nätter varit runt och tagit prover på de olika vägsträckorna som ingått i projektet.

Kenneth Olsson

I. Sammanfattning

Våra vägar utsätts för en allt större trafikbelastning. Högre axellaster och större kontakttryck bidrar till en snabbare nedbrytning. Från beställarhåll bemöts detta genom att stabilare asfaltbeläggningar efterfrågas på Sveriges vägar. I vissa fall utförs kraftigare underhåll där 8-10 cm av asfaltlagren byts ut mot ett nytt stabilt bindlager och slitlager. Det är därför av mycket stor betydelse att dessa kostsamma åtgärder blir rätt utförda och att förväntad kvalitet erhålls ute på vägytan så att merkostnaden kan betalas med en längre livslängd.

Detta projekt har syftat till att utveckla en metodik för att prediktera deformationsegenskaperna för två-lagers asfaltbeläggningar.

I projektet har borrhävar från vägen provats i en wheel-tracking utrustning benämnd Asphalt Pavement Analyzer. Fördelen med att prova den färdiga slutprodukten asfaltbeläggningen är att parametrar som packningsgrad, sammansättning, åldring mm finns inräknade. Resultaten som erhålls kan då direkt kopplas till vad som kommer att ske ute på vägen förutsatt att metoden avspeglar verkligheten.

I denna studie har vi funnit en metodik som mycket väl avspeglar deformationsförloppet på asfaltbeläggningar ute på vägen. Genom studier av ett antal vägar och deras årliga spårdjupstillväxt (nötning+deformation) har relativt starka samband funnits mellan wheeltracking-resultat och deformationer ute på vägytan mätt som mm spår / miljoner standardaxlar. Studien har omfattat motorvägar (K1) med skyltad trafik på 90 och 110 km/h.

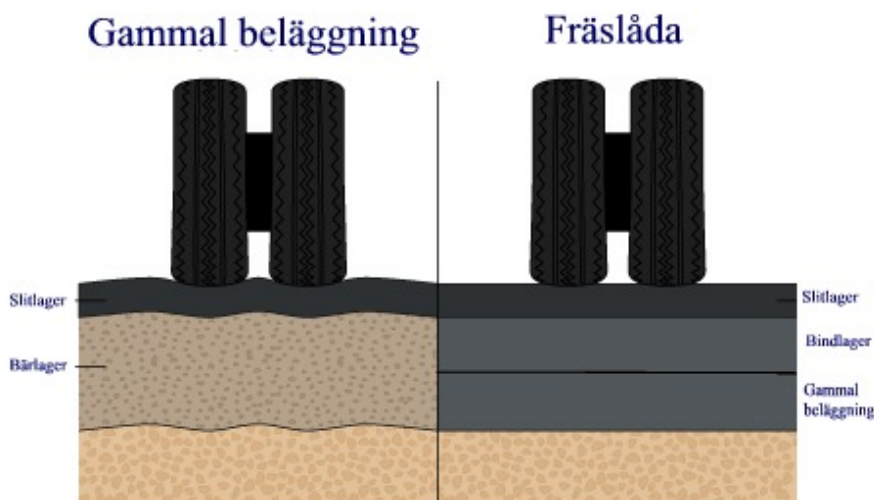
I studien har även ett mycket starkt samband funnits mellan dynamisk kryptest, som idag används för deformationsundersökningar, och wheel-tracking. En av fördelarna med wheeltracking är att det blir lägre provningskostnader genom att slit- och bindlagret inte behöver kapas upp i delar innan undersökning.

1. Inledning

Trafiksituationen har ökat drastiskt under de senaste 20 åren i Sverige och framförallt i storstadsregionerna. På motorvägsnätet kan det idag vara frågan om ÅDT > 40 000 fordon och med en stor andel tung trafik i K1-fälten. I Sverige har SIKKA (Statens Institut för KommunikationsAnalys) prognoser som visar att den tunga godstrafiken på det svenska vägnätet kommer att öka med i snitt 2,5% årligen fram till 2010.

Asfalttjocklekarna har mestadels med åren ökat eftersom nytt slitlager oftast lagts på. Många av dessa gamla slitlager har dock hamnat på en nivå i asfaltkonstruktionen där det med dagens axellaster och andel tung trafik är direkt olämpligt med tanke på höga skjuvpåkänningar. Detta har yttrat sig i hjulspår/deformationer på vägytan.

Ett snabbare skadeförlopp innebär högre underhållskostnader. Dessutom innebär underhållsarbete på vägen i allmänhet att trafiken stoppas eller bromsas upp med förseningar som följd. Denna kostnad för trafikanterna kan inte försummas vid livscykelanalyser av olika vägobjekt utan är en viktig faktor att ta med i beräkningarna.



Under de senaste åren har Vägverket systematiskt inventerat dessa vägnät med tillhörande asfaltkonstruktion. Detta har resulterat i kraftigare underhållsåtgärder där ett nytt bindlager och ett nytt slitlager ersatt de översta 8-10 cm av gammal asfalt.

Det är av mycket stor betydelse att dessa kostsamma åtgärder blir rätt utförda och att förväntad kvalitet erhålls ute på vägytan så att merkostnaden kan betalas med en längre livslängd. För att kunna mäta kvaliteten behövs det därför utvecklas en metodik för att mäta deformationsegenskaperna på dessa bind- och slitlageråtgärder.

2. Syfte

Detta projekt syftar till att utveckla en metodik för att bestämma deformationsegenskaper för två-lagers asfaltbeläggningar.

Projektet syftar också till att jämföra metodikens relevans mot verkliga förhållanden genom att studera ett antal vägsträckor där lådfräsningar utförts.

3. Utförande

Idag finns en rad olika asfaltprodukter beskrivna i ATB Väg. Alla dessa olika produkter har olika funktionella egenskaper och det gäller att välja rätt produkt för rätt tillfälle. Förutom egenskaperna så är det näst intill ännu viktigare att produkten blir rätt utförd ute på vägen för att längsta möjliga livslängd skall erhållas.

I detta projekt har vi valt att studera olika två-lager konstruktioners deformationsegenskaper. I samtliga fall har Ø150 mm:s kärnor borrats upp ute på vägen och de 75-80 mm av de översta asfaltlagren har provats med hjälp av wheeltracking.

Utifrån dessa resultat har sedan olika jämförelser utförts mot verkligt spårdjup, andra deformationsmetoder mm.

4. Testutrustning / utveckling av en metod

Nedan följer en beskrivning av den amerikanska wheel-track utrustning, APA, som använts i projektet. I APA kan både spårdjupsmätningar och utmattningstester utföras dels under torra förhållanden och dels i fuktig miljö.

4.1 Bakgrund

APA, Asphalt Pavement Analyser, är en utrustning framtagen för att undersöka funktionella egenskaper hos asfaltsmassor. Det finns två typer av testkörningar. Den ena testen mäter det spårdjup som bildas på provkroppen efter ett visst antal överfarter. Den andra testen är en utmattningstest där hjulet får passera över provkroppen tills den går till brott. **Den stora fördelen med denna metodik är att provkroppar från vägen kan undersökas vilket innebär att inte bara produkten blir bedömd utan även utförandet.**

Utrustningen är mycket populär i USA och APA har en marknadsandel på närmare 50% när det gäller wheel-track utrustningar. Ett flertal undersökningar har gjorts i USA som visar en god korrelation med de spårdjup som fås i APA'n och de spårdjup som fås vid fullskaliga fältförsök.

Ett av de projekt som gjorts när det gäller att jämföra fältprover med prover testade i wheel-track utrustningen genomfördes som en del av Westrack-projektet i USA. En oval provbana konstruerades med 26 olika sektioner med olika beläggningar. 18 automatiserade lastbilar körde sedan runt på banan med laster som motsvarade 582.000 ESAL (Equivalent single axle loads). En ESAL är 18000 pounds vilket är ca 8100 kg. Något lägre än den standard axel som specificeras i VÄG 94 som är 10000 kg. Borrkärnor togs sedan upp i 11 olika sektioner längs med banan för att testas i wheel-track utrustningen. Spårdjupen efter 8000 överfarter i APA:n stämde bra överens med de spårdjup som uppstod på provbanan. Korrelationsfaktorn, R, var 0,9.

I detta projekt har vi arbetat fram en metodbeskrivning som mycket bygger på den amerikanska metoden, se bilaga 1.



Bild 4.1: Testutrustningen, APA (Asphalt Pavement Analyzer) som kan användas för att utvärdera permanent deformation (spårdjup) och utmattningskänslighet i både torrt tillstånd och i vattenbad

4.2 Spårdjupsmätningar

Provkropparna som testas är cirkulära med en diameter av 150 mm, höjden är ca 80 mm.

Provkropparna spänns in i speciella formar gjorda av ett plastmaterial som tål värme samt har en E-modul liknande asfalt. Formarna placeras sedan i APA'n och spänns fast. Formarna rymmer två provkroppar och vid varje körning kan 3 formar placeras bredvid varandra, 6 cirkulära provkroppar totalt kan således testas i en körning. Dessutom kan balkar testas i utrustningen men då bara tre åt gången. Temperaturen ställs på 50°C och provkropparna tempereras i APA's testkammare 6 timmar innan körningen påbörjas.

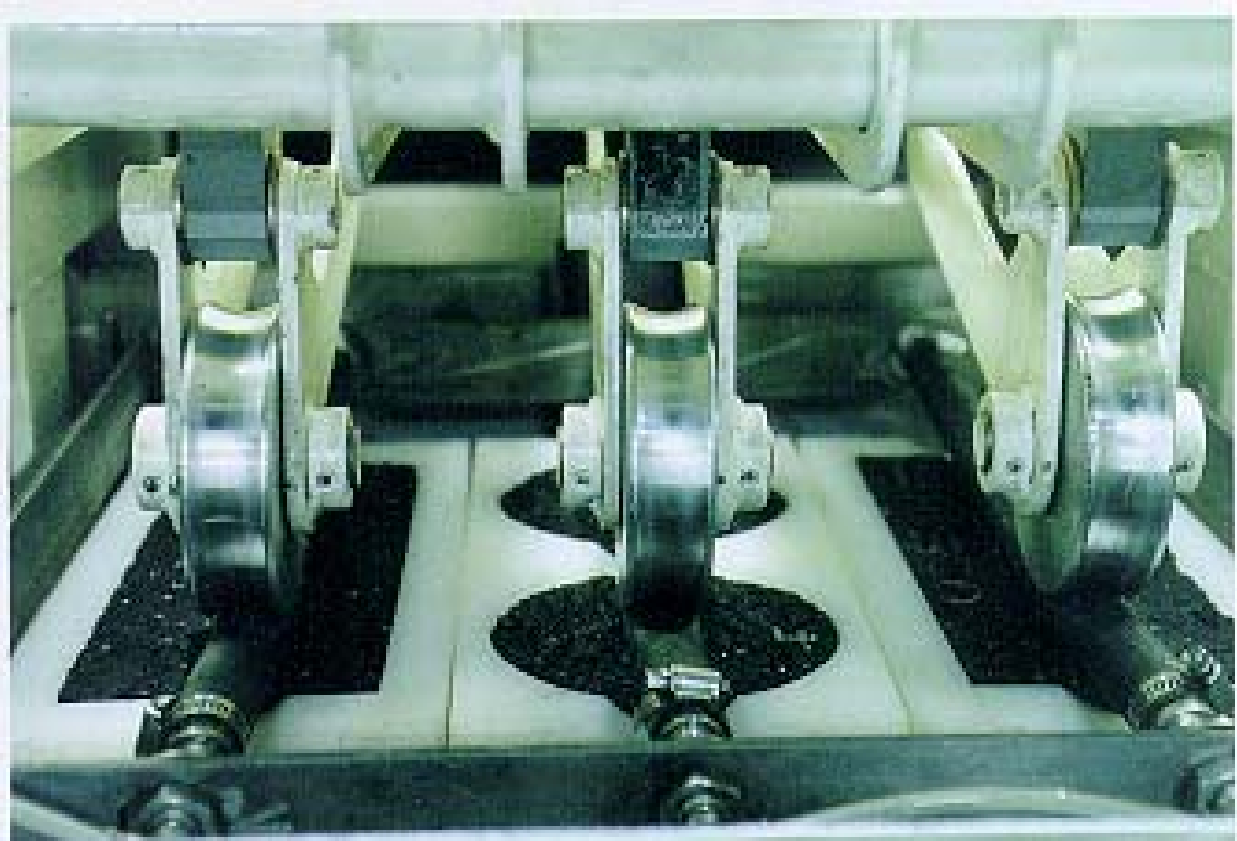


Bild 4.2 : Spårdjupsmätningar på balkar och cirkulära provkroppar.

Belastning som förs över på hjulen i APA'n ställs in på önskat värde. Vid testen används en belastning motsvarande 45 kg. Ett rack med 3 gummislangar läggs över provkropparna och kopplas till tryckluft. Slangarna pumpas sedan upp till ett ringtryck av 700 kPa. När provkropparna är färdigtempererade efter 6 timmar startas testet. Hjulen sänks ned över gummislangarna och lasten förs via slangen ned på provkroppen. APA'n gör 8000 överfarter på ungefär 2,5 timmar. Signaler från de tre lägesgivarna, en per hjul, skickas till en dator. Spårdjupet bestäms och en graf över spårdjupsutvecklingen plottas kontinuerligt upp på skärmen. Efter 8000 överfarter stannar APA'n och spårdjupet redovisas för var tusende överfart.



Bild 4.3: Cirkulära provkroppar efter ett spårjupstest.

5. Jämförelse wheel-tracking och dynamisk kryptest

I Sverige har vi hittills erhållit erfarenheter beträffande deformationsegenskaper på asfaltbeläggningar med hjälp av FAS-metod 468, Dynamisk kryptest. I detta projekt har ett antal olika beläggningstyper från befintliga vägsträckor undersökts med både dynamisk kryptest och wheel-tracking enligt Asphalt Pavement Analyzer. Enbart borrhörnar från vägen har undersökts och tillvägagångssättet har varit att provkroppar tagits upp parallellt för båda metoderna. Eftersom wheel-tracking metoden körs på hela provkroppen (80 mm:s tjocklek) och dynamisk kryptest med 60 mm:s provkroppar så har slitlagret och bindlagret/bärlagret undersökts var och en för sig (2*30mm) för metoden dynamisk kryptest. De enskilda värdena för de båda lagren har sedan viktats (beroende på tjocklek) till ett medelvärde för den totala deformationen och sedan jämförts med wheel-tracking resultaten. Korrelationen har visat sig bli mycket god med ett R-värde på 0,97, se diagram 5.1.

Följande gamla befintliga beläggningstyper har undersökts, tabell 5.1:

Beläggning / plats	Wheel-Track, APA + 50°C	Dynamisk kryp, + 40°C
ABS+ABT, E18 Rinkebykorset	4,9	24000
Åldrad AG, V222 Lugnet-Vikdalsplan	2,0	1900
ABS+ABT, V222 Lugnet-Vikdalsplan	7,2	25900
ABS+Topeka, E4 Västberga - Bredäng	16,0	57200
ABT, E4 Västberga - Bredäng	6,0	17000
ABS+AG, Hjulstakorset	6,0	25500
ABS+ABT, Hjulstakorset	8,0	24400
ABS+ABT, E18 Kallhäll - Stäket	9,5	39100
ABT, E18 Kallhäll - Stäket	5,1	19700
ABS+Topeka, E18 Frescati	11,6	40900
ABT+AG, E18 Frescati	5,8	18800
ABS+ABb, E18 Västerås-Köping	4,1	9800
ABb, E18 Västerås-Köping	2,3	5700
ABS+Topeka, Essingeleden	18,0	56200
Densiphalt + DuraBase, Kista bussterminal	1,1	1500
ABS + ABb, E4 Kungenskurva-Bredäng K2	9,6	32200
ABS polymer+ AG, E4 Kungenskurva-Bredäng K1	4,3	16500
	Enhet (mm)	Enhet (microstrain)

Tabell 5.1 Jämförande provningar

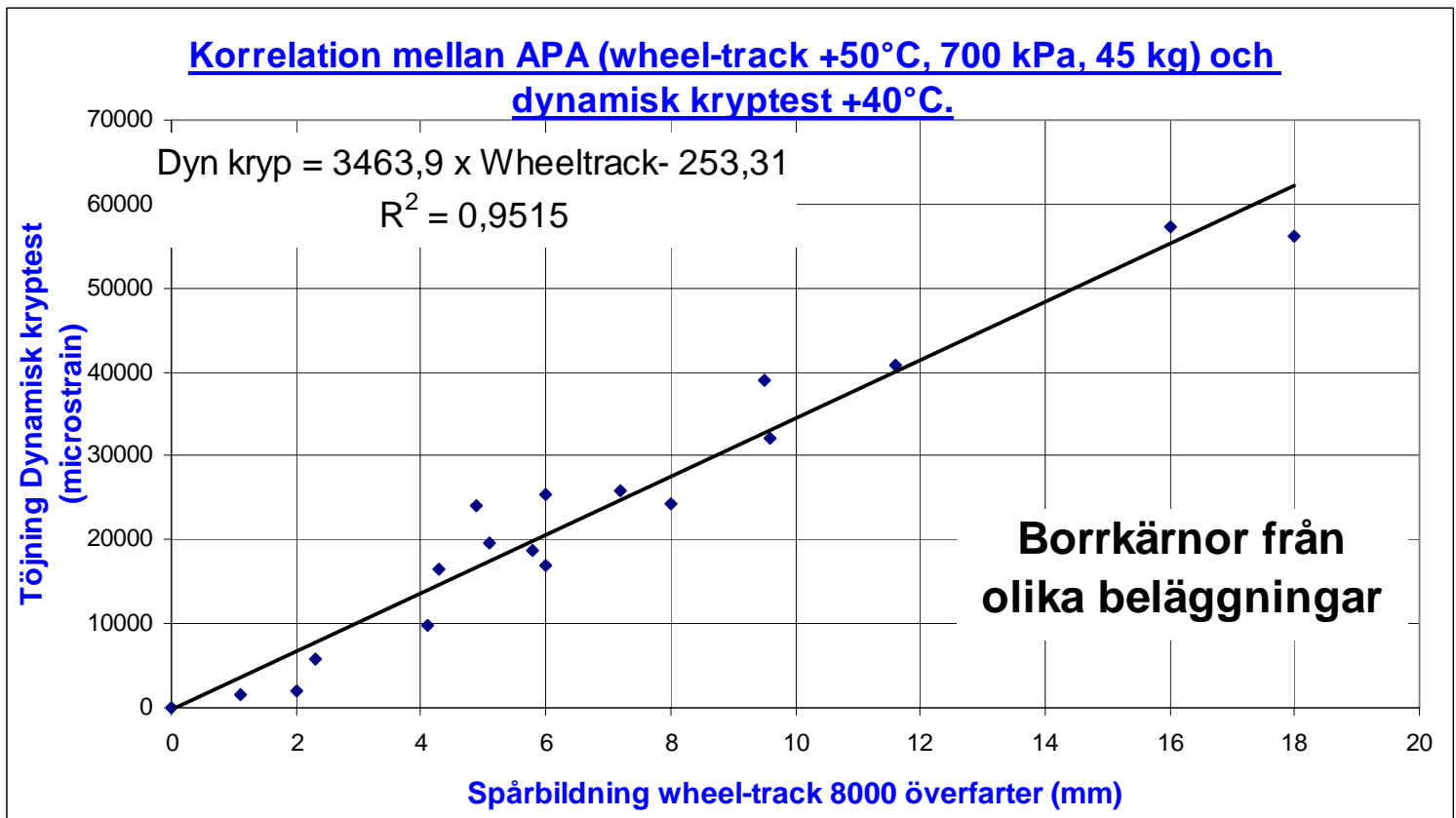


Diagram 5.1.

Jämförelse dynamisk kryptest och APA

6. Undersökning av deformationsegenskaper för olika konstruktionslösningar med slit- och bindlager.

Från ett antal olika objekt runt om i landet har 150 mm:s borrhärnor tagits upp där olika typer av asfaltbeläggningar kombinerats som slitlager och bindlager. Syftet med detta är att få en erfarenhetsbank över dessa åtgärders deformationsegenskaper. Utifrån dessa resultat skall man sedan kunna prediktera förväntade deformationsförlopp ute på vägen och därmed livslängden med beaktande av den aktuella trafiksituationen.

I denna undersökning har följande objekt / asfaltkonstruktioner undersökts i wheeltracking-utrustningen vid +50°C:

ABS16 70/100 + ABb22 70/100, flera olika objekt
 ABS16 70/100 + ABb22 50/70,
 ABS16 70/100 + ABb 22 Pmb 50-100/75,
 ABS16 50/70 + ABb22 Pmb 50-100/75
 ABS16 Pmb 50-100/75 + ABb22 Pmb 50-100/75

Följande wheeltracking-resultat har erhållits för de ovan nämnda konstruktionslösningarna.

Beläggningkonstruktioner	Wheeltracking-data (mm)
ABS16 70/100 + ABb22 70/100	9,6 mm , 4,0 mm, 4,2 mm, 8,8 mm
ABS16 70/100 + ABb22 50/70	5,0 mm
ABS16 70/100 + ABb 22 Pmb 50-100/75	3,7 mm, 3,8 mm
ABS16 50/70 + ABb22 Pma	5,7 mm, 4,4 mm
ABS16 Pmb 50-100/75 + ABb22 Pmb 50-100/75	2,6 mm, 3,0 mm

Tabell 6.1 Utförda wheeltracking provningar

Resultaten visar att effekten av ett hårdare bindemedel och/eller polymermodifierat bindemedel kan ge en förbättrad deformationsresistens men fortfarande kommer materialsammansättningen och packningsgraden i de olika asfaltlagren ha lika stor betydelse. Därför är det av mycket stor vikt att ställa funktionella krav på utfört arbete antingen genom krav på beläggninglagren (typ wheel-track) eller funktionella krav på vägytan (typ spårbildning), för att framtida tänkta livslängder på asfaltbeläggningar skall erhållas.

7. Koppling av wheeltrack resultat mot verkligt spårdjup

Ett antal beläggningar med slit och bär/bindlager, framför allt i Stockholm, har borrats för provning av deformationsresistens i wheeltrack-utrustning. Objekten har valts ut i samråd med Vägverket. Provningsen har genomförts på provkroppar borrade mellan hjulspår vilket innebär att de inte har påverkats eller packats av trafiken (dock viss packning men största delen av trafiken går i hjulspår). I samband med att objekten har borrats har data från RST-mätningar, som genomförs varje år, tagits fram med hjälp av Vägverket samt trafikmängder som har uppmätts via de mätstationer som finns längs med landets vägar. Utifrån de tillgängliga RST-data och de spårdjup som mäts i wheeltrack kan ett samband tas fram mellan verkligt spårdjup på vägen och spårdjup i wheeltrack. I Stockholmsområdet har sex olika objekt valts ut. Samtliga objekt är valda på motorvägar i K1 fältet. I Sörmland har ett objekt valts ut på E4 mellan Vagnhärad-Sillekrog.

7.2 Undersökta Objekt

E20 Vasa-Nykvarn K1

På sträckan E20 Vasa-Nykvarn genomförde man 1997 en lådfräsning och lade ca 50 mm AG 22 70/100 som bindlager och ca 40 mm ABS 16 70/100 som slitlager. 2003 fräste man bort toppen och ersatte den med en ny ABS 16 70/100 ca 30 mm. Åtgärden genomfördes på sträckan då man i samband med utläggningen 1997 hade uppmärksammat öppna partier med värmekameran. Delar av dessa partier visade sig nu ha blivit genomnött varvid man valde att åtgärda hela sträckan. Även en del sprickbildning hade noterats på sträckan. I samband med den nya åtgärden borrades tre provpunkter på den gamla beläggningen. Mätning av spårdjup på sträckan utfördes. Punkt ett och två borrades i riktning mot Nykvarn och den tredje togs i riktning mot Vasa.

Trafikmängden på sträckan (ÅDT_k år 2003. Mät punkt 589) har uppmätts till ca 10 400 fordon och tunga fordon är ca 860 st i K1 fältet. Genom att blicka tillbaka på trafiken som varit år från år, via mät punkt 589, så kan det konstateras att ca 17 miljoner fordon har passerat. Därutöver har ca 1,6 miljoner tunga fordon passerat och omräknat till standardaxlar (10 tons) ger detta ca 2,4 miljoner stycken.

E4/E20 Hallunda-Salem K1

På sträckan E4/E20 Hallunda-Salem genomfördes 1997 en lådfräsning då man lade ca 50 mm AG 22 70/100 som bindlager och 40 mm ABS 16 70/100 som slitlager. Sommaren 2003 åtgärdade man sträckan genom att fräsa bort det befintliga slitlagret och ersätta det med en ABS 16 70/100 ca 32 mm. Åtgärden genomfördes då man fläckvis hade registrerat grova partier med risk för stensläpp och genomnötning. I samband med den åtgärden borrades den gamla beläggningen på två punkter i riktning mot Salem.

Trafikmängden på sträckan (ÅDT_k 2003. Mät punkt 9002) har uppmätts till 20 500 fordon och 2300 är tunga i K1 fältet. Totalt har 41 miljoner fordon passerat. Därutöver har ca 4,7 miljoner tunga passerat över sträckan. Omräknat till standardaxlar (10 tons) blir det 7,1 miljoner stycken.

E4/E20 Moraberg-Salem

På sträckan E4/E20 Moraberg-Salem genomfördes 1996 en kraftigare åtgärd med ca 50 mm AG 22 70/100 som bindlager och 40 mm ABS 16 70/100 som slitlager vilket lades direkt på den befintliga beläggningen. Sommaren 2003 genomförde man en åtgärd på sträckan och fräste bort slitlagret och ersatte det med ca 32 mm ABS 16 70/100. Anledningen till denna åtgärd var grov spårbildning på vissa partier och även kortare genomnötta partier. I samband med denna åtgärd provtogs den gamla beläggningen på sträckan på två punkter i riktning mot Salem.

Trafikmängden på sträckan (ÅDT_k 2003) har uppmätts till ca 17 500 fordon och ca 2 200 är tunga. En tillbakablick på trafiken under de sju år som den senaste åtgärden har legat visar att ca 45 miljoner fordon passerat. Därutöver har ca 5,6 miljoner tunga fordon passerat vilket omräknat till standardaxlar (10 tons) blir ca 8,4 miljoner stycken.

E4 Bredden Tpl - Glädjen Tpl

På sträckan E4 Bredden-Glädjen har inte någon djupfräsning genomförts. Istället lade man på denna sträcka av E4:an 1996 endast en Heating ABS16. I detta inventeringsprojekt används detta objekt som en referens till de övriga då inget bindlager har lagts och det förväntas därmed kraftigare spårbildning i beläggningen. Provtagning har utförts i två punkter i riktning mot Upplands-Väsby. Trafikmängden på sträckan (ÅDT_k 2003) har uppmätts till 18 000 fordon och 1 600 är tunga. Efter den senaste åtgärden har ca 45 miljoner fordon passerat. Därutöver har ca 3,9 miljoner tunga fordon passerat och omräknat till standardaxlar (10 tons) blir det ca 5,9 miljoner stycken.

E4 Glädjen Tpl - Stora Wäsby Tpl

På sträckan E4 Glädjen Stora Wäsby genomförde man 1998 en djupfräsning som lades igen med en ABb 22 och en ABS 16 som slitlager. I bägge massatyperna har återvinning använts. Någon senare åtgärd har inte genomförts på sträckan. Provtagning har utförts i två punkter i riktning mot Stora Wäsby. Trafikmängden i K1 är ca 18 000 fordon varav 1 600 är tunga. Det innebär att det på sträckan sedan djupfräsningen genomfördes har passerat ca 35 miljoner fordon varav ca 4,3 miljoner std-axlar i körfält 1.

E18 Trafikplats Stäket, under Rotebroleden, mot Stockholm

På sträckan E18 under Rotebroleden lades 2000 en djuplåda med ABS 16 70/100 och ABb 22. Provtagning har genomförts i en punkt i riktning mot Stockholm. Trafikmängden (AB18 108330118 på Stäketön) har uppmätts till ca 18 000 fordon varav ca 1 700 är tunga.

E4 AB länsgräns-Sillekrog

På sträckan mellan AB-länsgräns och Sillekrog lades 1998 en djuplåda med ABS 16 och ABb 22. Provtagningen har genomförts i två punkter i riktning mot Sillekrog. Trafikmängden har uppmätts till ca 11 400 fordon varav ca 1 300 är tunga. Det innebär att det på sträckan sedan läggningen har passerat ca 25 miljoner fordon varav ca 4,3 miljoner fram till 2004.

Sträcka	Totalt antal fordon	Totalt antal standardaxlar
E20 Vasa-Nykvarn 97-03	17 miljoner	2,4 miljoner
E4/E20 Hallunda-Salem 97-03	41 miljoner	7,1 miljoner
E4/E20 Moraberg-Salem 96-03	45 miljoner	8,4 miljoner
E4 Bredden-Glädjen 96-03	45 miljoner	5,9 miljoner
E4 Glädjen-Stora Wäsby 98-03	35 miljoner	4,3 miljoner
E18 Stäket under Rotebroleden 00-04	26 miljoner	3,5 miljoner
E4 AB länsgräns-Sillekrog 98-04	25 miljoner	4,3 miljoner

Tabell 7.1. Tabellen visar antalet fordon samt antalet standardaxlar som passerat respektive beläggning sedan läggning.

7.3 Resultat

Spårdjupsmätningar

Med hjälp av Vägverket Region Stockholm samt Vägverket Region Mälardalen har årliga RST-data från samtliga objekt inhämtats. I tabell 7.2 har medelvärdet för de fem första åren sammanställts och i diagram 7.1 har detta plottats ut. Samtliga sträckor visar ett starkt linjärt samband med avseende på spårdjupstillväxten per år. Genom att dra kurvorna vidare till ett max tillåtet spårdjup på 17 mm (RuD) erhålls den uppskattade teoretiska livslängden. I samtliga fall har dock denna livslängd inte kunnat/kommer inte att uppnås på grund av lokala defekter såsom separationer, dåligt packade ytor mm. När beläggningsåtgärden väl görs så har man åtgärdat hela sträckan. I diagram 7.1 har vi enbart tagit hänsyn till den teoretiska livslängden för att kunna jämföra de olika åtgärderna på samma villkor.

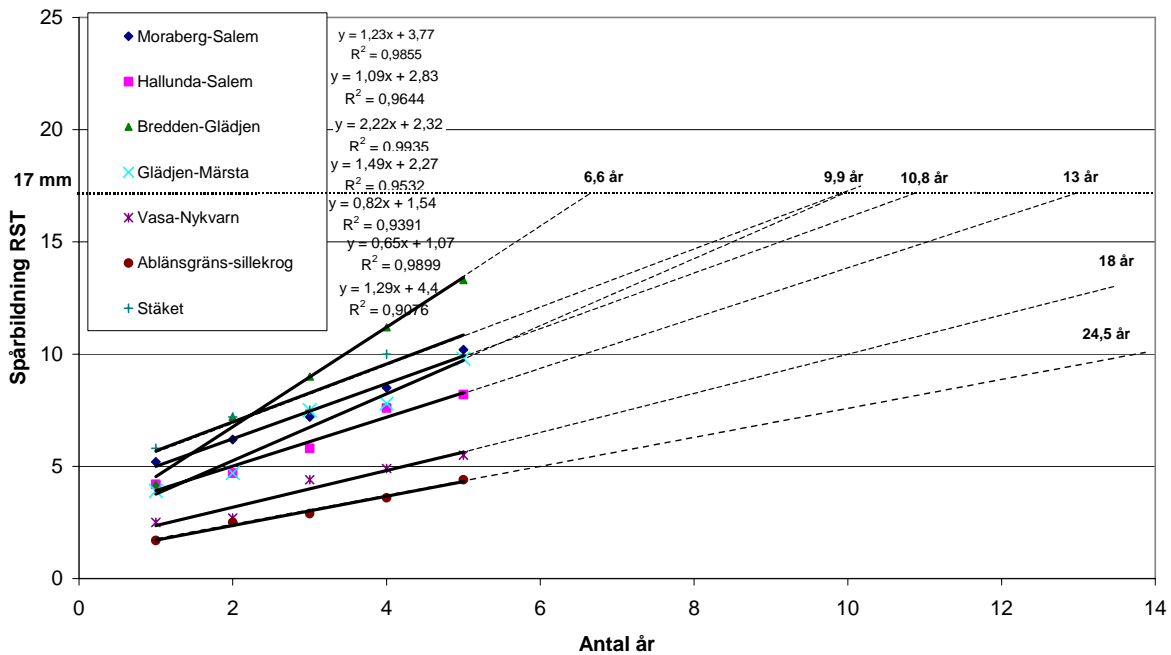


Diagram 7.1. Spårdjup uppmätt med RST utrustning under belägningens livslängd. De streckade linjerna är approximerad total livslängd med en RuD på 17 mm.

Provtagningsplats	År 1 mm	År 2 mm	År 3 mm	År 4 mm	År 5 mm	Antal std.axlar (5år)	Antal passerade fordon (5år)
E4/E20 Wasa - Nykvarn	2,5	2,7	4,4	4,9	5,5	2,0 milj	14 milj
E4/E20 Hallunda - Salem	4,2	4,7	5,8	7,6	8,2	5,9 milj	34 milj
E4/E20 Moraberg - Salem	5,2	6,2	7,2	8,5	10,2	6,0 milj	32 milj
E4 Bredden -Glädjen	4,2	7,2	9,0	11,2	13,3	4,2 milj	32 milj
E4 Glädjen-Stora Wäsby	3,9	4,7	7,5	7,8	9,8	4,3 milj	35 milj
E18 Stäket, under Rotebroleden	5,8	7,7	7,5	10,0	10,9*	4,4 milj	33 milj
E4 AB länsgräns - Sillekrog	1,7	2,5	2,9	3,6	4,4	3,6 milj	21 milj.

Tabell 7.2. Spårdjup uppmätt med RST utrustning samt antalet standardaxlar och fordon som har passerat under beläggningsens 5 första år. * = beräknat spårdjup enligt ekvation för spårdjupstillväxt.

Nötning

Prall undersöktes på samtliga punkter utom Wasa - Nykvarn pkt 2. Borrkärnorna togs upp mellan hjulspår för att prova en yta som så lite som möjligt har påverkats av trafiken. Dock har en viss bortnötning av bruket i beläggningsen skett även mellan hjulspåren. Resultaten erhållna från provning av prall visar att slitlagrens nöttningsresistens är god.

Provtagningsplats	Prall (cm ³) (n=4 st)	Bortnött + deformation i slitlagret (mm)	Medelspårbildning (Bortnött + deformation i slitlagret) (mm)/år
Wasa - Nykvarn pkt 1	20	3,5	
Wasa - Nykvarn pkt 2	---	2,5	
Wasa - Nykvarn pkt 3	22	3,5	3,2/6 = 0,53 mm/år
Hallunda - Salem pkt 1	13	7,5	
Hallunda - Salem pkt 2	14	7,5	7,5/6 = 1,25 mm/år
Moraberg - Salem pkt 1	12	5	
Moraberg - Salem pkt 2	10	5	5/7 = 0,71 mm/år
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 1	10	7,5	
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 2	10	7,5	7,5/7 = 1,07 mm/år
Glädjen - Stora Wäsby pkt 1	10	5	
Glädjen - Stora Wäsby pkt 2	15	---	5/5 = 1,00 mm/år
E18 Stäket	20	4	4/4 = 1,00 mm/år
E4 AB länsgräns - Sillekrog pkt 1	13	3,5	
E4 AB länsgräns- Sillekrog pkt 2	11	3	3,3/6=0,54 mm/år

Tabell 7.3. Lista över erhållna prallvärden, dvs bortnött volym asfalt från provkroppen, samt antal mm av slitlagret som är bortnött och deformerat i spår på vägen mätt som skillnad i slitlager mellan provkroppar tagna i hjulspår och mellan hjulspår.

Enligt de krav som ställs i ATB Väg 2003 (för funktionsupphandling) skall ett slitlager vid $\text{ÅDT}_{k,\text{just}} > 7000$ erhålla ett prallvärde $< 25 \text{ cm}^3$. Samtliga provkroppar klarar dessa krav obehindrat efter att ha legat på vägen och polerats i ett antal år (viss del av bruket redan bortnött).

I den sista kolumnen i tabell 7.3 har en medelspårbildning beräknats genom en uppmätt nötning/deformation av slitlagret dividerat med antalet år som beläggningen legat.

Wheeltrackning

Wheeltracking provades på de översta 80 mm av provkropparna för att se hur deformationskänsliga de sammansatta lagren är. Provkroppar som provats är från samtliga provsträckor (se tabell 7.4).

Provtagningsplats	Spårdjup i Wheeltrack +50°C (mm, n=4 st)	Medelvärde
Wasa - Nykvarn pkt 1	4,6	
Wasa - Nykvarn pkt 2	5,3	
Wasa - Nykvarn pkt 3	3,7	Medel = 4,5 mm
Hallunda - Salem pkt 1	3,2	
Hallunda - Salem pkt 2	3,0	Medel = 3,1 mm
Moraberg - Salem pkt 1	2,9	
Moraberg - Salem pkt 2	3,0	Medel = 3,0 mm
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 1	15,5	
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 2	12,3	Medel = 13,9 mm
Glädjen tpl - Stora Wäsby pkt 1	7,7	
Glädjen tpl - Stora Wäsby pkt 2	9,9	Medel = 8,8 mm
E18 Stäket	4,0	Medel =4,0 mm
E4 AB länsgräns-Sillekrog pkt 1	4,6	
E4 AB länsgräns - Sillekrog pkt 2	3,7	Medel = 4,2

Tabell 7.4. Lista över spårdjupsprovning med wheeltracking.

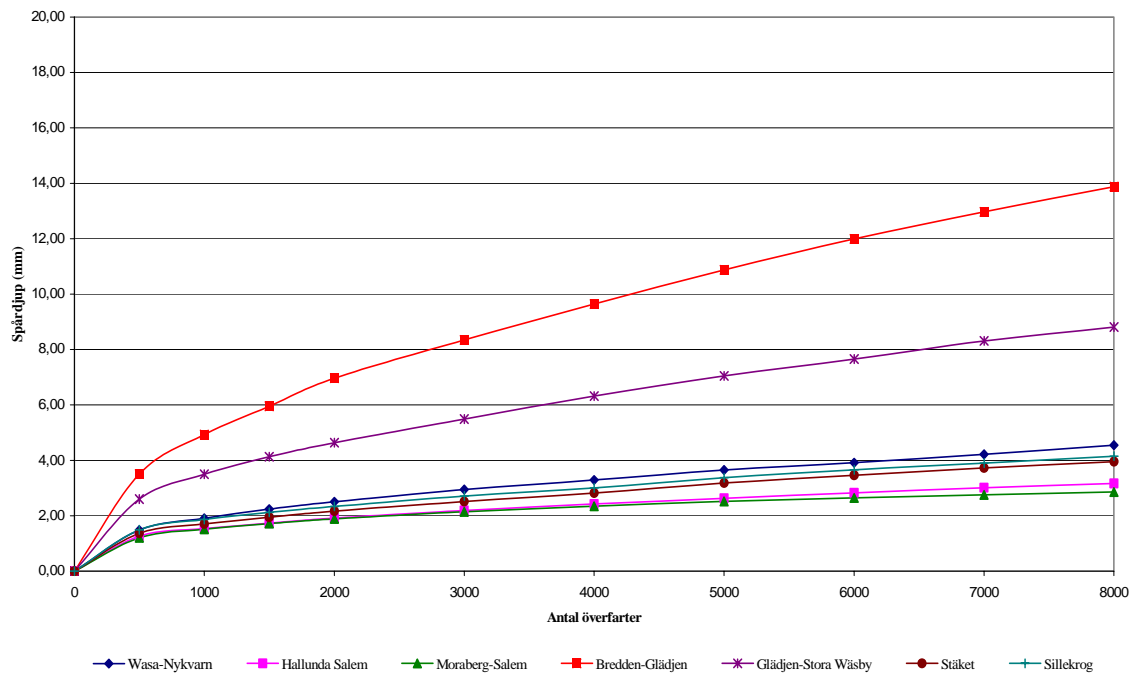


Diagram 7.2. Diagram över spårdjup provade i Wheeltrack.

Dynamisk Krypstabilitet

Dynamisk krypstabilitet har provats (som metoden föreskriver) på var lager för sig.

Erfarenhetsmässigt enligt ATB Väg så bör ett asfaltlager som ligger som bindlager på dessa högrafikerade motorvägar vara i nivå < 15 000 microstrain. I samtliga fall förutom två uppnås detta.

Provtagningsplats	Deformation slitlager, +40°C (μ) (n=3)	Deformation bindlager, +40°C (μ) (n=3)
Wasa - Nykvarn pkt 1	17 300	11 300
Wasa - Nykvarn pkt 2	18 200	10 300
Wasa - Nykvarn pkt 3	12 000	11 000
Hallunda - Salem pkt 1	20 500	10 300
Hallunda - Salem pkt 2	24 600	12 100
Moraberg - Salem pkt 1	13 000	10 600
Moraberg - Salem pkt 2	Ej provad	16 900
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 1	Ej provad	59900
Bredden tpl - Glädjen tpl pkt 2	28 800	48 000
Glädjen tp 1 - Stora Wäsby pkt 1	26 600	27 600
Glädjen tpl - Stora Wäsby pkt 2	26 000	15 300

Tabell 7.5. Resultat av dynamisk krypstabilitet. Var lager redovisas för sig.

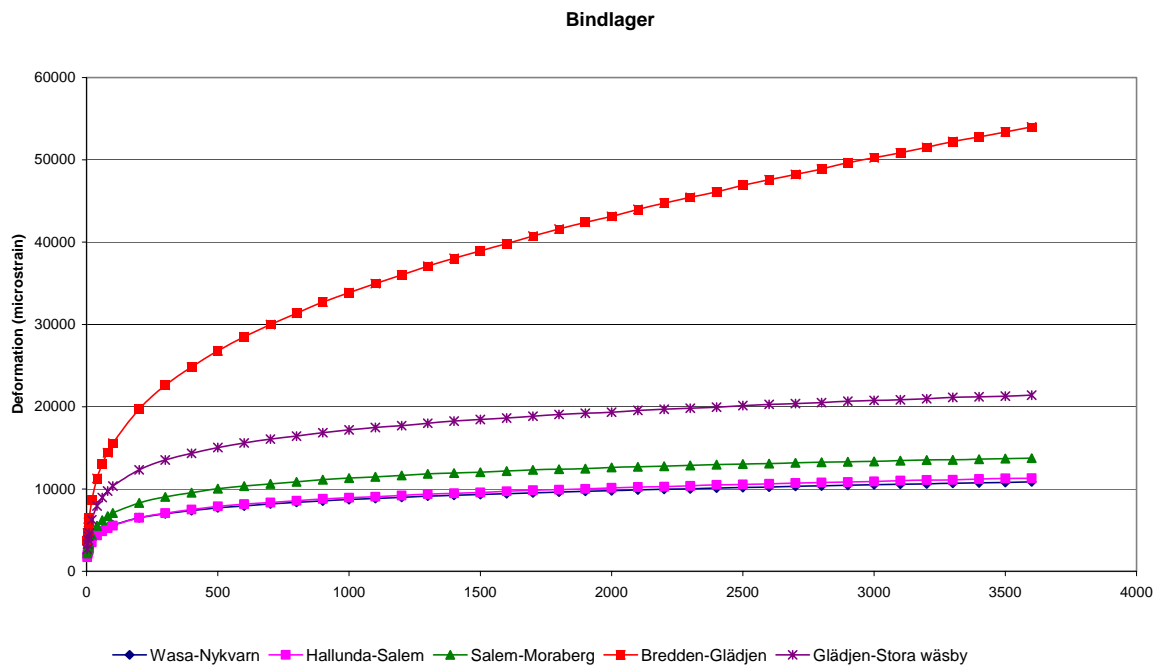
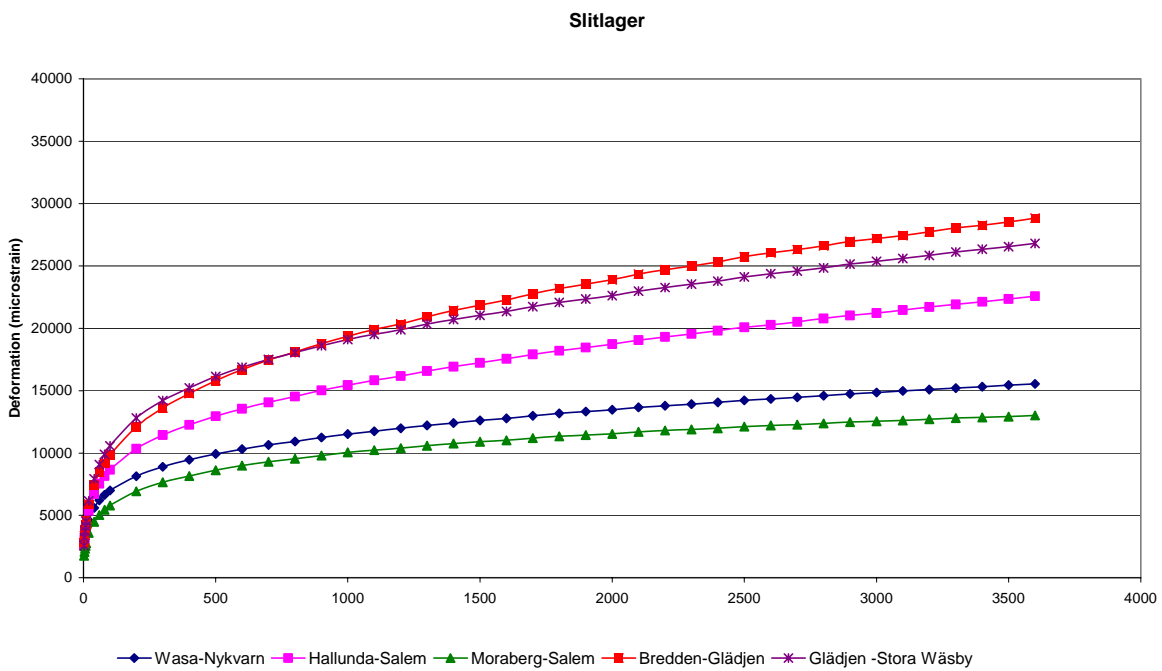


Diagram 7.3. Resultat av dynamisk krepstabilitet provat på slitlager (föregående sida) och bindlager.

8. Teknisk utvärdering

Den tekniska utvärderingen delas upp i en nötningssdel och en deformationsdel. Nötningssdelen utgår från de undersökningar av prallnötning som har gjorts och deformationsdelen utgår från de provningar som har gjorts i wheeltracken. I slutet provas modellerna med två stycken aktuella exempel.

8.1 Utvärdering av nötning

Utvärderingen av nötning utgår från antalet dubbförsedda fordon som passerar sträckan.

I tabell 7.4 har antalet millimeter av slitlagret som är bortnött och deformerat i spår på vägen dividerats med antal år som beläggningen legat för att beräkna en årsvis medelspårbildning. Den årsvisa medelspårbildningen är inte bara nötning varvid man bör titta på de deformationsvärden som har tagits fram. Blickar man på de deformationsegenskaper som slitlagren har uppvisat så ligger sträckan Moraberg-Salem på så låga nivåer att man kan anta att den årsvisa medelspårbildningen för objektet, 0,7 mm/år (tabell 7.4), är ren spårnötning.

Kopplar man medelspårbildningen till mängden fordon som passerat sedan nyläggning (tabell 7.1) och använder sig av antagandet att 0,7 mm/år medelspårbildning är nötning ger det att en ABS16 med $kkv < 6$ nöts ca 0,11 mm/miljoner fordon. Om vi använder oss av de medelspårnötningar som tagits fram och antar att det vid noll passerande fordon inte heller blir någon spårnötning kan vi skapa oss ett samband mellan prallnötningssvärde och nötning per miljoner passerande fordon (diagram 8.1). Sambandet grundar sig endast på mätningar av prall utförda på objekt med en observerad låg deformationsbenägenhet i slitlager.

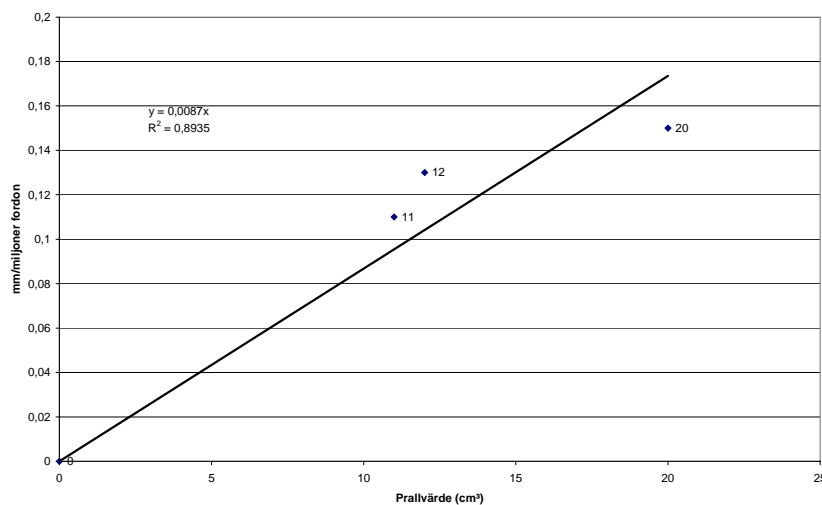


Diagram 8.1. Jämförelse mellan prallvärde och spårbildning per miljoner fordon.

8.2 Utvärdering av deformation

Deformationen får antas bero på antalet standardaxlar som passerar sträckan. Jämförelsen har utgått från att när en av åtgärdernas teoretiska livslängd uppnåtts (17mm medelspår RST) så kan de övriga stäckornas spårmedelvärde tas fram (se diagram 7.1). I detta fall uppnår sträckan Bredden-Glädjen 17,0 mm spår efter 6,6 år. Antalet fordon som passerat resp. sträcka efter 6,6 år räknas fram och på så sätt erhålls nötningen (se tabell 8.1) genom att en ABS16, $kkv < 6$ nöts med 0,11 mm / milj fordon förutom Vasa-Nykvarn som nöts 0,17 mm /milj fordon enligt resonemang ovan. Genom detta kan de olika objektens deformation i mm/milj std axlar räknas fram (se tabell 8.1).

Wheeltracking är ett direkt mått på deformationsegenskaper. Genom att konstruera ett diagram med spår djup i wheeltrack och deformation i mm / miljoner standardaxlar visas ett samband där korrelationskoefficienten är på 0,85 (diagram 8.2).

Ett sådant samband är till stor nytta vid kvalitetsbedömning och predektion av spårbildning för två-lagers asfaltbeläggningar.

Provtagningsplats	RST Medel (6,6år)	Nötning (6,6 år)	Def. (mm) (6,6år)	Milj std axlar (6,6 år)	Def/milj std axlar	Wheel- tracking (mm)
Wasa - Nykvarn	7,0 mm	3,2 mm	3,8 mm	2,6	1,5	4,5
Hallunda - Salem	10,0 mm	5,0 mm	5,0 mm	7,8	0,7	3,1
Moraberg - Salem	11,9 mm	4,7 mm	7,2 mm	7,9	0,9	3,0
Bredden - Glädjen	17,0 mm	4,7 mm	12,3 mm	5,6	2,2	13,9
Glädjen - Stora Wäsby	12,1 mm	5,0 mm	7,1 mm	5,7	1,3	8,8
E18 Stäket	12,9 mm	4,8 mm	8,1 mm	6,1	1,3	4,0
E4 AB länsgräns- Sillekrog pkt 1	5,4 mm	3,0 mm	2,4 mm	4,7	0,5	4,2

Tabell 8.1. Jämförelse mellan wheeltracking och deformation i beläggning.

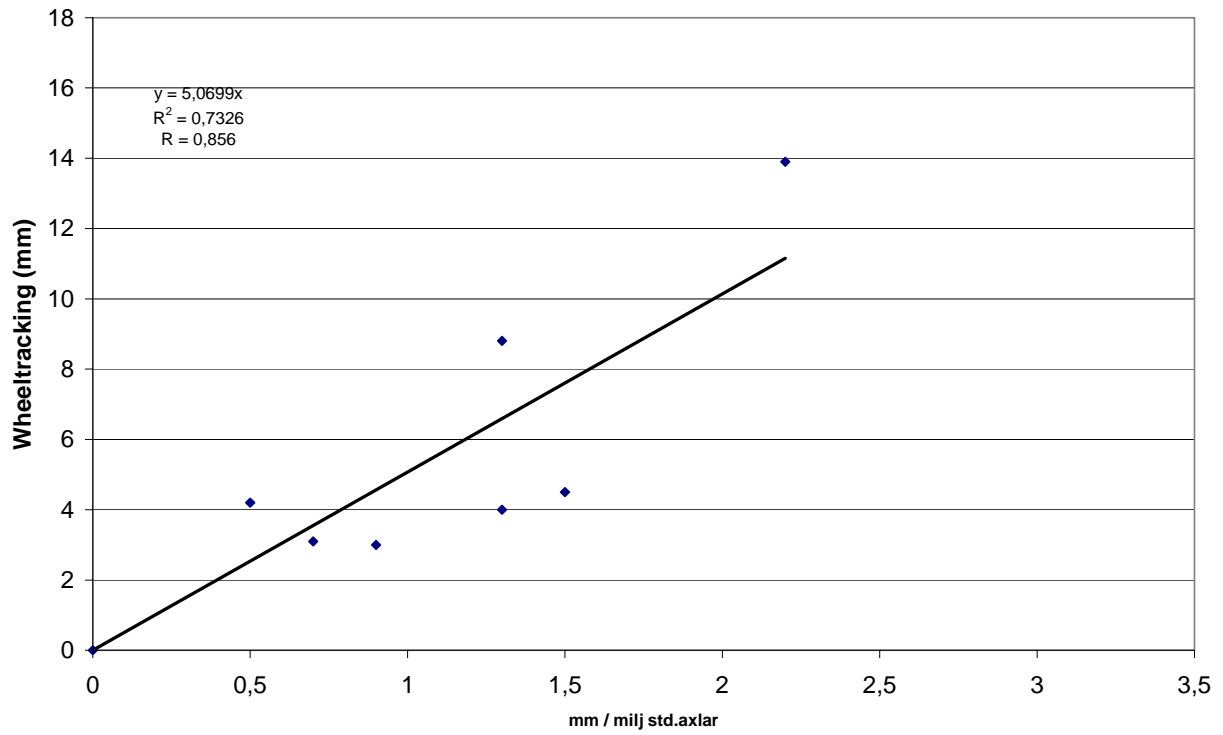


Diagram 8.2. Jämförelse mellan wheeltracking och deformation i beläggning.

8.3 Utvärdering av sambanden

Bakgrund

Med anledning av underhållsbeläggning på E4 Kungens kurva - Bredäng 2003 i både K1 och K2 gavs det tillfälle att genomföra en jämförande provning av bind- och slitlager med wheeltracking. I K1 utfördes en fräsning och en polymermodifierad ABS 16 70/100 lades som slitlager, ca 35 mm tjockt. Under den nya beläggningen ligger ett gammalt bindlager/bärlager i form av en AG 16 med goda deformationsegenskaper. I K2 har det utförts en djuplådsfräsning som fyllts igen med ett bindlager ABb 22 och ett slitlager ABS 16, ca 40 mm tjockt.

Utförande

Från de utvalda sträckorna borrades provkroppar ut ur beläggningen för provning av wheeltracking enligt metodik i bilaga 1.

Resultat

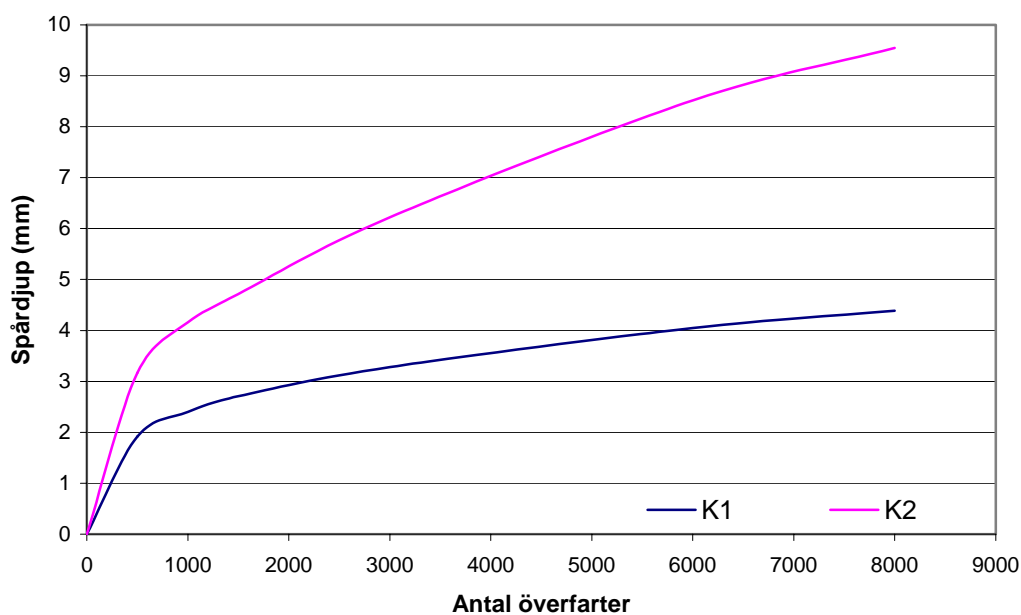


Diagram 8.3. Jämförelse wheeltracking i K1 och K2.

Provningsen visar tydligt att alternativet med den polymermodifierade slitlagerbeläggningen är avsevärt mer deformationsbeständig än den konventionella ABS beläggningen. I försöken har provkropparna från beläggningen i K2 visat sig uppbringa mer än dubbelt så djupa spår än provkropparna från K1.

8.3.1 Uppföljning av Kungenskurva-Bredäng , 1 sommar och 1 vinter (=1år)

Medel uppmätta spår enligt RST-mätning höst 2004 är (dvs 1 år):

K1 = 1,9 mm

K2 = 4,6 mm

Fordonsdata: ÅDT=50000 fordon i en riktning (35% K1, 45% K2, 20% K3)

ÅDTtung = 3500 i en riktning (30% K1, 70% K2, 0% K3)

I diagram 5 och 6 finns följande samband framtagna inom detta projekt:

- 1) Nötning enligt Prall jämfört mot milj. passerande personbilar.
- 2) Deformation enligt Wheel-track jämfört mot milj. passerande standardaxlar.

I diagrammen kan det avläsas följande:

Wheeltrack K1 =4,3 mm ger en deformation på 0,85 mm / milj. Standardaxlar

Wheeltrack K2 =9,6 mm ger en deformation på 1,89 mm / milj. Standardaxlar

Prall K1 och K2 = 24 cm³ ger en nötning på 0,21 mm / milj. Fordon

Beräkningar K1:

Personbilar : $50000 * 0,35 * 365 = 6,4$ milj. Nötning = $6,4 * 0,21 = 1,34$ mm

Lastbilar: $3500 * 0,3 * 365 * 1,7 = 0,65$ milj. Deform. = $0,65 * 0,85 = 0,55$ mm

Totalt spårdjup = 1,34+0,55 = 1,89 mm (RST = 1,9 mm)

Beräkningar K2:

Personbilar : $50000 * 0,45 * 365 = 8,2$ milj. Nötning = $8,2 * 0,21 = 1,72$ mm

Lastbilar: $3500 * 0,7 * 365 * 1,7 = 1,52$ milj. Deform. = $1,52 * 1,89 = 2,87$ mm

Totalt spårdjup = 1,72+2,87=4,59 mm (RST = 4,6 mm)

Detta visar att sambanden i detta fall stämmer mycket väl med de hittills uppmätta spårdjupen.

8.3.2 Uppföljning Essingeleden (mätningar utförda 2003)

Medel uppmätta spår enligt RST-mätning

K2 södergående 1,3 år = 6,0 mm

K2 norrgående 2,5 år = 14,0 mm

Fordonsdata:

ÅDT=65000 fordon i resp.riktning (norr: 25% K1, 30% K2, 30% K3, 15% K4)
(söder: 35% K1, 20% K2, 35% K3, 10% K4)

ÅDTtung = 6500 i resp. riktning (norr: 30% K1, 60% K2, 10% K3, 0 % K4)
(söder: 40% K1, 20% K2, 40% K3, 0% K4)

Resultat (diagram 5 och 6):

K2 norrgående

Prall 27 cm³ ger 0,23 mm / milj personbilar

Wheeltrack 9,5 mm ger 1,87 mm / milj std.axlar

K2 södergående

Prall 27 cm³ ger 0,23 mm / milj personbilar

Wheeltrack 18 mm ger 3,55 mm / milj std.axlar

Beräkningar K2 Norrgående:

Personbilar : $65000 * 0,30 * 912 = 17,8$ milj. Nötning = $17,8 * 0,23 = 4,09$ mm

Lastbilar: $6500 * 0,6 * 912 * 1,7 = 6,05$ milj. Deform. = $6,05 * 1,87 = 11,31$ mm

Totalt spårdjup = $4,09 + 11,31 = 15,40$ mm (RST = 14 mm)

Beräkningar K2 Södergående:

Personbilar : $65000 * 0,20 * 485 = 6,3$ milj. Nötning = $6,3 * 0,23 = 1,45$ mm

Lastbilar: $6500 * 0,2 * 485 * 1,7 = 1,07$ milj. Deform. = $1,07 * 3,55 = 3,80$ mm

Totalt spårdjup = $1,45 + 3,80 = 5,25$ mm (RST = 6 mm)

Även i detta fall kan vi se ett relativt bra samband mellan uppmätt spårdjup och resultat från wheeltracking och prall.

Asfaltbeläggning och -massa

Metod för Wheeltrack, spårdjupbetändighet

Modell Asphalt Pavement Analyzer, APA.

BILAGA 1

Bestämning av spårdjupbeständighet med Wheel track utrustning.

- | | |
|---|---------------------------|
| 1 | Orientering |
| 2 | Sammanfattning |
| 3 | Utrustning |
| 4 | Inställning av utrustning |
| 5 | Provberedning |
| 6 | Provning |
| 7 | Beräkning |
| 8 | Rapport |

1 Orientering

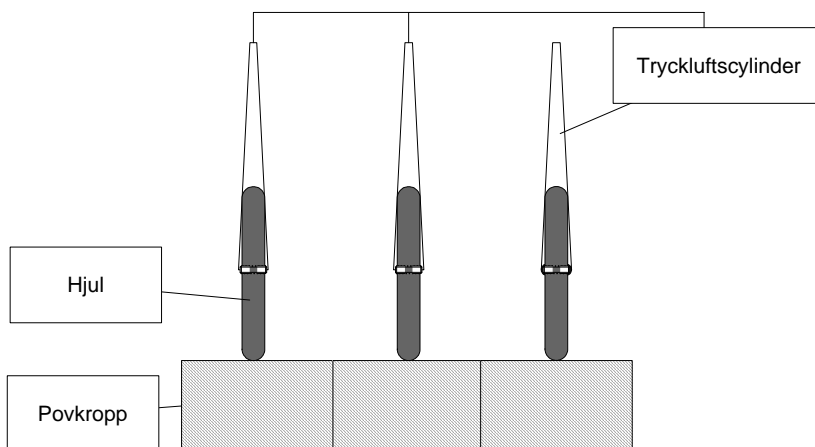
Denna metod är avsedd för bestämning av en asfaltmassas/asfaltsbeläggnings spårdjupsbeständighet.

2 Sammanfattning

Balkar eller cirkulär cylindriska provkroppar $\varnothing 150$ mm kan tillverkas eller borrar upp från befintlig väg. Dessa placeras i utrustningens avsedda formar och tempereras till $+50^{\circ}\text{C}$. Hjul belastade med 45 kg tryck rullar 8000 överfarter på en slang med ett ringtryck på 7 bar över provkropparna och spårdjupet mäts kontinuerligt under processen. Spårdjupet är det djupet slangarna har penetrerat ner i provkropparna efter 8000 överfarter.

3 Utrustning

3.1 Asphalt Pavement Analyser



Schematisk skiss över APA

3.2 Formar att lägga provkropparna i under provningsprocessen.

- 3 st spårdjupsformor för cirkulär cylindriska provkroppar
- 3 st spårdjupsformor för balkar

3.3 Dator för kontinuerlig avläsning av spårdjupet

4 Provberedning

Spårdjupsbeständigheten kan bestämmas antingen på balkar eller cirkulär cylindriska provkroppar.

- Balkarna tillverkas med fördel i en vibrerande packningsutrustning. För provning av balkar tillverkas tre stycken 75*206*304 mm. Balkarna placeras i avsedda formar och tempereras till 50°C under 6 timmar. Balkarna skall ha en maximal tjocklek på 75 mm. Är de tunnare kan distanser läggas under balken så att de når upp till formens maximala höjd

- De cirkulär cylindriska provkropparna kan borras upp ur väg eller tillverkas på lab. 6 stycken provkroppar med en diameter av 150 mm och en tjocklek på 75-80 mm bör beredas. Två provkroppar placeras i varje form och tempereras till +50°C under 6 timmar. Om provkropparna är smalare än 75-80 mm kan distanser läggas under provkroppen så att den når upp till formens maximala höjd.

5 Inställning av utrustning

Innan provningen börjar skall vissa inställningar på apparaten göras.

- Antal överfarter skall ställas in till 8000
- Slangtrycket skall ställas till 7 bar.
- Hjullasten skall inställd på 45 kg tryck.
- Temperaturen i kammaren skall vara 50°C

6 Provning

Under provningen skall hjulen göra 8000 överfarter över provkropparna varav en överfart räknas som en gång fram och tillbaka. Under provningen skall spårdjupet registreras för varje överfart.

7 Beräkning

Under provningsprocessen mäts spårdjupet kontinuerligt på fyra punkter under varje hjul. Spårdjupet räknas som medelvärdet av alla fyra punkterna efter 8000 överfarter.

8 Rapport

Rapporten skall innefatta:

- 8.1 Vilken massatyp provningen har utförts på
- 8.2 Om provkropparna har labbtillverkats eller är uppborrade från beläggning.
- 8.3 Tjocklek på provkropparna
- 8.4 Kurva som visar spårdjupsförändringen under provningsprocessen