



Evaluering av asfaltkonstruktion

E6 Fastarp–Heberg

Safwat F. Said
Hassan Hakim

Utgivare:  581 95 Linköping	Publikation: VTI rapport 609		
Författare: Safwat Said och Hassan Hakim	Utgivningsår: 2008	Projektnummer: 60868	Dnr: 2006/0286-29
Titel: Evaluering av asfaltkonstruktion E6 Fastarp–Heberg			
Referat (bakgrund, syfte, metod, resultat) max 200 ord: <p>År 1994–1996 utfördes en provväg, sträckan Fastarp–Heberg, i samband med utbyggnaden av E6 norr om Halmstad av Vägverket Region Väst. Provvägen har trafikerats och kontinuerligt följts upp sedan 1996. För denna studie utvaldes två delsträckor med grusbitumenöverbyggnad (GBÖ-konstruktioner) för utvärdering med avseende på trafikskador. Ena konstruktionen representeras av det så kallade FAS-konceptet medan den andra konstruktionen består av referenssträcka med konventionell bärlagermassa (AG22). Slitlager, bindlager och bärlager på FAS-sträckan består av firmabundna massabeläggningar av typ Viaco-koncept från NCC. Utvärderingen är baserad på laboratorieundersökningar av borrhärnor, analys av fallviktsdata, temperaturdata från VViS-fältstation samt teoretiska beräkningar. Huvudsyftet med detta projekt är att dels evaluera alternativa asfaltkonstruktioner, dels presentera en utvärderingsmetod med relevanta kriterier vad gäller teknisk livslängd mot utmattningsrelaterad sprickbildning hos olika bitumenbundna bärlager. FAS-konceptet, som bygger på att man väljer kvalitetsmaterial och minskar storleken på påkänningar i konstruktionen, har visat betydligt längre livslängd än konstruktionen med konventionella massabeläggningar. Livslängden för FAS-konceptet är flera gånger längre än livslängden för referenssträckan. Töjningarna i underkant beläggning är små och risken för belastnings-sprickor i underkant är minimala.</p>			
Nyckelord: Provväg E6, asfaltkonstruktion, utmattning, tillståndsbedömning, grusbitumenöverbyggnad, massabeläggningar			
ISSN: 0347-6030	Språk: Svenska	Antal sidor: 37	

Publisher:  SE-581 95 Linköping Sweden	Publication: VTI rapport 609		
	Published: 2008	Project code: 60868	Dnr: 2006/0286-29
	Project: Evaluation of bituminous bound roadbases, E6 Fastarp		
Author: Safwat Said and Hassan Hakim		Sponsor: Swedish Road Administration SBUF NCC Roads	
Title: Performance of bituminous pavements, E6 Fastarp–Heberg			
Abstract (background, aim, method, result) max 200 words: <p>During the years 1994–1996 a test road was built on E6 near Halmstad. The test road has now been trafficked, and simultaneously studied since 1996. For the present study two test sections were chosen with different bituminous mixes which were to be evaluated concerning damages caused by traffic. One of the constructions is made of the so called FAS-concept, while the other construction is a reference section with conventional roadbase mix (AG22). Wearing course, binder layer and roadbase of the section with FAS-concept is produced by NCC according to their own concept called VIACO, which is based on the idea of using stone mastic asphalt (SMA) principle for all bituminous bound layers. The evaluation is based on laboratory studies of bore cores, an analysis of falling weight measurements, temperature measurements from field stations and theoretical calculations. The main purpose of this project is to evaluate alternative bituminous constructions and to present an evaluation method with relevant criteria concerning the service life related to fatigue cracking. The FAS-concept, which implies that material of good quality is chosen and that the stresses on the construction are diminished, has shown considerable longer fatigue life than the construction with conventional mixes. The fatigue life of the FAS-concept is several times longer than the fatigue life of the reference section. The strains in the lower part of the pavement are small and the risk of fatigue cracks at the bottom of the bituminous bound layer is minimal.</p>			
Keywords: Test road E6, asphalt pavement, performance, fatigue, bound roadbase, bituminous mix, fatigue life			
ISSN: 0347-6030	Language: Swedish	No. of pages: 37	

Förord

År 1996 utfördes en provväg på E6, sträckan Fastarp–Heberg, av Vägverket Region Väst. Provvägen som omfattar flera observationssträckor med bland annat olika asfaltkonstruktioner har trafikerats i 10 år. Föreliggande rapport redovisar, på uppdrag av Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) och Vägverket, en utvärdering av två vägkonstruktioner med olika bitumenbundna lager, nämligen FAS-konceptet och en referenssträcka med konventionellt AG-lager. Undersökningarna och sammanställningen av rapporten har utförts av VTI. NCC-laboratoriet har också medverkat i arbetet. Kontaktpersoner på Vägverket har varit Thomas Asp och Christer Hagert och på NCC har det varit Nils Ulmgren och Robert Lundström. Laboratorieundersökningar har utförts av Hassan Hakim och Andreas Waldemarson vid VTI. Gunilla Sjöberg, VTI, har svarat för slutredigeringen av rapporten.

Linköping februari 2008

Safwat F. Said

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts i december 2007 i närvaro av uppdragsgivarna. Författarna har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Projektledarens närmaste chef, Gunilla Franzén, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2008-02-13.

Quality review

External peer review was performed in the presence of the sponsors in December 2007. The authors have made alterations to the final manuscript of the report. The research director of the project manager, Gunilla Franzén, examined and approved the report for publication on 2008-02-13.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
2 Syfte	10
3 Metodik	11
4 Beskrivning av konstruktioner och läge	13
5 Provtagning	15
5.1 Tjocklekar och skrymdensitet	15
6 Styvhetsmodul för bundna lager	17
7 Utmattning	22
8 Skiffaktor mellan laboratorie- och fältkriterer	27
9 Beräkning av beläggningstemperaturer	29
10 Beräkning av töjningar	31
11 Beräkning av livslängd med avseende på sprickor	33
12 Trafikräkning	35
13 Avslutande kommentarer	36
Referenser	37

Evaluering av asfaltkonstruktion. E6 Fastarp–Heberg

av Safwat F. Said och Hassan Hakim

VTI

581 95 Linköping

Sammanfattning

År 1994–1996 utfördes en provväg, sträckan Fastarp–Heberg, i samband med utbyggnaden av E6 norr om Halmstad av Vägverket Region Väst. Provvägen omfattar flera delsträckor med bland annat olika asfaltkonstruktioner. Provvägen har trafikerats och kontinuerligt följts upp sedan 1996.

Provvägen är en av de mest uppföljda vägarna både i fält- och laboratorieprovingar i Sverige under senare år och det ger ett utmärkt tillfälle att uppnå ny kunskap angående olika materiallagers uppträdande och deras inverkan på konstruktionens effektivitet.

För denna studie utvaldes två delsträckor med grusbitumenöverbyggnad (GBÖ-konstruktioner). Den ena konstruktionen representeras av det så kallade FAS-konceptet medan den andra konstruktionen består av en referenssträcka med konventionell bärlagermassa (AG22). Slitlager, bindlager och bärlager på FAS-sträckan består av firmabundna massabeläggningar av typ Viaco-koncept från NCC. Den totala tjockleken på bundna lager är den samma som på den konventionella sträckan (referenssträckan). Övriga lager följer kraven i Väg 94. Utvärderingen är baserad på laboratorieundersökningar av borrhärnor, analys av fallviktsdata, temperaturdata från VViS-station samt teoretiska beräkningar enligt ATB Väg. Beräkning av livslängd med avseende på sprickutveckling för de båda konstruktionerna har utförts i detta arbete. Det bör påpekas att både FAS- och referenssträckan är i gott tillstånd och att de är utan synliga sprickor efter tio års trafik. Det här arbetet innebär en evaluering och restvärdesbestämning för båda konstruktionerna.

Huvudsyftet med detta projekt är att dels evaluera alternativa asfaltkonstruktioner, dels presentera en utvärderingsmetod med relevanta kriterier vad gäller teknisk livslängd mot utmattningsrelaterad sprickbildning hos olika bitumenbundna bärlager.

Två aspekter är viktiga vid evaluering av en befintlig konstruktion. Dels är det materiallagers parametrar, närmare bestämt styvhetsmodul, utmattningskriterium och lagertjocklekar, dels en parameter som beskriver konstruktionens bärighet inklusive interaktionen mellan konstruktionens lager under en belastning. Fallviktsmätningar har använts för beskrivning av samspelet i en vägkonstruktion. Tillvägagångssättet har varit att beräkna livslängden med avseende på trafikens nedbrytning. Beräkningar av livslängden har utförts, dels vid öppnandet, dels efter tio års trafik. Nedbrytning eller degradering av vägkonstruktionen har beräknats genom undersökning av bitumenbundna lagers egenskaper hos borrhärnor och utförandet av fallviktsmätningar vid initialskedet och efter tio års trafik. Bitumenbundna lagers egenskaper har bestämts hos uppborrade prov vid öppnandet och efter tio års trafik även vid flera temperaturer. Fallviktsmätningar som gjordes vid öppnandet och efter tio års trafik har utnyttjats vid beräkning av dragtöjningar i underkant beläggning. Det bitumenbundna bärlagrets temperaturvariationer under året har beräknats utifrån temperaturmätningar över en 3-årsperiod från en när-

liggande VViS-väderstation. Trafikberäkningen är baserad på Vägverkets trafikräkningar för denna väg. Eftersom syftet är utvärdering av två asfaltkonstruktioner på identiska underliggande lager, har de obundna lagrens och undergrundens betydelse inte beaktats mer än indirekt genom fallviktsmätningar.

FAS-konceptet, som bygger på att man väljer kvalitetsmaterial och minskar storleken på påkänningar i konstruktionen, har visat betydligt längre livslängd än konstruktionen med konventionell massabeläggning. Med avseende på den långa livslängden kan man klassa FAS-konstruktionen som "Long Live Pavement". Töjningarna i beläggningsens underkant är små och risken för belastningssprickor i underkant blir mycket liten.

Performance of bituminous pavements, E6 Fastarp-Heberg

by Safwat F. Said and Hassan Hakim

VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)

SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

During the years 1994–1996 a test road was built on E6 near Halmstad. The test road consists of several sections with different bituminous pavements. The test road has now been trafficked, and simultaneously studied since 1996.

The test road is one of the roads in Sweden that has been studied most, both in situ and in laboratory studies, a fact that has given excellent opportunities to attain new knowledge concerning the characteristics of different materials and the materials' impact on the efficiency of the construction.

For the present study two test sections were chosen with different bituminous mixes which were to be evaluated concerning damages caused by traffic loading. One of the constructions is made of the so called FAS-concept, while the other construction is a reference section with conventional bituminous mixes. Wearing course, binder layer and roadbase of the section with FAS-concept is produced by NCC according to their own concept called VIACO, which is based on the idea of using stone mastic asphalt (SMA) principle for all bituminous bound layers. The thickness of the bound layers is the same as the thickness of the bound layers of the reference section with conventional mixes. The unbound layers of the road constructions follow the Swedish requirements according to Väg 94. The evaluation is based on laboratory studies of bore cores, an analysis of falling weight measurements, temperature measurements from field stations and theoretical calculations. The calculation of fatigue life concerning cracking for both constructions has been performed within the present study. It should be mentioned that both the FAS and the reference section are in good condition and without visible cracks after ten years of traffic. The present study includes a performance evaluation and a prediction of fatigue life for both constructions.

The main purpose of this project is to evaluate alternative bituminous constructions and to present an evaluation method with relevant criteria concerning the service life related to fatigue cracking.

Two aspects are important when evaluating an existing construction. Partly, there is the material characteristic of the layers, more precisely stiffness modulus, fatigue resistant and layer thicknesses, partly characteristics that describe the bearing capacity of the structure and the interaction between the layers under load. Falling weight measurements have been used for the description of the interplay in the road structure. The course of action has been to calculate the fatigue life depending on the traffic induced deterioration. Calculations of fatigue life have been made in the connection of the opening of the road as well as after ten years of traffic. Deterioration of the road structures have been calculated by studying the characteristics of the bitumen bound materials in bore cores and by falling weight measurements in the connection of the opening of the road and after ten years of traffic. The characteristics have even been studied in different temperatures. The variations in the temperature of the bitumen bound roadbase during one year have been calculated using temperature measurements over a three year period in a near-by weather station. Traffic counts are based on the traffic counts

of the Swedish Road Administration for the actual road. As the purpose is to evaluate two bitumen constructions on identical underlying layers, the effect of the unbound layers and the underground have not been taken into account more than when performing the falling weight measurements.

The FAS-concept, which implies that material of good quality is chosen and that the stresses on the construction are diminished, has shown considerably longer fatigue life than the structure with conventional mixes. With regard to the long fatigue life, the FAS-structure can be classified as a Long Live Pavement. The strains in the lower part of the pavement are small and the risk of fatigue cracks at the bottom of the bituminous bound layer is minimal.

1 Inledning

År 1994–1996 utfördes en provväg, sträckan Fastarp–Heberg, i samband med utbyggnaden av E6 norr om Halmstad av Vägverket Region Väst. Provvägen omfattar flera delsträckor med bl.a. olika asfaltkonstruktioner. Provvägen har trafikerats och kontinuerligt följts upp av VTI (Wiman et al., 2005).

Det är ett viktigt kunskapsområde inom vägbyggnadstekniken att behärska dimensionering och kunna skapa nedbrytningsmodeller för väganläggningar. Ur teknisk synvinkel krävs dimensioneringsmetoder som beaktar materials och konstruktioners beteende utifrån relevanta trafik- och klimatfaktorer, men för närvarande finns det ett antal faktorer som dagens dimensioneringsmetoder inte beaktar. Dimensioneringsmetoder och nedbrytningsmodeller får inte vara alltför generella, utan måste beakta att ingående materiallager måste kunna åsättas olika kriterier med avseende på bl.a. utmattningsmetoder. Ur ett ekonomiskt perspektiv bör dimensioneringsmetoder vara utformade på ett sådant sätt att relevant, ny kunskap enkelt kan implementeras i den befintliga dimensioneringsmetodiken eftersom detta ökar möjligheterna att konkurrera med nya metoder och konstruktionslösningar. Det är därför av stort intresse att utveckla anpassade utmattningsmetoder och demonstrera hur dessa skall användas med befintliga konstruktioner eller alternativa material.

Med den befintliga provvägen på E6, sträckan Fastarp–Heberg, som är en av de mest uppföljda både i fält- och med laboratorieprovningar i Sverige under senare år, finns det ett utmärkt tillfälle att uppnå ny kunskap angående olika materiallagers uppträdande och deras inverkan på konstruktionens effektivitet.

För denna studie utväljs två delsträckor med grusbitumenöverbyggnad (GBÖ-konstruktioner). Den första konstruktionen representeras av det s.k. FAS-konceptet medan den andra konstruktionen består av referenssträcka enligt Väg 94 med konventionell bärlagermassa (AG22). Slitlager, bindlager och bärlager på FAS-sträckan består av firmabundna massabeläggningar av typ Viacotop, Viacobind och Viacobase. Den totala tjockleken på bundna lager är densamma som på den konventionella sträckan (referenssträckan). Övriga lager följer kraven i Väg 94. För utförligare beskrivning av dessa asfaltkonstruktioner hänvisas till Wiman (1997, 2007) och Ulmgren (1997, 2006). Utvärderingen är baserad på laboratorieundersökningar av borrhärdor, analys av fallviktsdata, temperaturdata från VViS-station samt teoretiska beräkningar enligt ATB Väg.

I denna studie har FAS-konceptet utvärderats mot referenssträckan. Beräkning av livslängd med avseende på sprickutveckling för de båda konstruktionerna har utförts i detta arbete. Det bör påpekas att både FAS- och referenssträckan är i gott tillstånd och att de är utan synliga sprickor efter 10 års trafik, varför det här arbetet innebär en evaluering och restvärdesbestämning för båda konstruktionerna.

2 Syfte

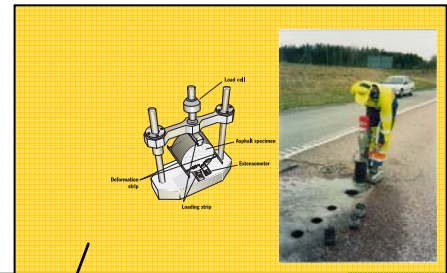
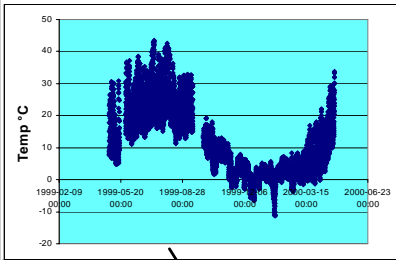
Huvudsyftet med detta forsknings- och utvecklingsprojekt är att dels evaluera alternativa asfaltkonstruktioner, dels presentera en utvärderingsmetod med relevanta kriterier vad gäller teknisk livslängd mot utmattningsrelaterad sprickbildning hos olika bitumenbundna bärlager. Metodiken ska kunna användas t.ex. vid sidoanbud när alternativa lösningar/produkter utvärderas och vid funktionsentreprenader. Det här arbetet innebär också en evaluering och restvärdesbestämning för båda konstruktionerna

3 Metodik

TVå aspekter är viktiga vid evaluering av en befintlig konstruktion. Dels är det material-lagers parametrar, närmare bestämt styvhetsmodul, utmattningskriterium och lagertjocklekar, dels en parameter som beskriver interaktionen mellan konstruktionens lager under en belastning. Fallviktsmätningar har använts för beskrivning av samspelet i en vägkonstruktion. Metodiken illustreras i figur 1.

Tillvägagångssättet har varit att beräkna livslängden med avseende på trafikens nedbrytning. Beräkningar av livslängden har utförts, dels vid öppnandet, dels efter tio års trafik. Nedbrytning eller degradering av vägkonstruktionen har beräknats genom undersökning av bitumenbundna lagers egenskaper hos borrkärnor och utförandet av fallviktsmätningar vid initialskedet och efter tio års trafik. Förutsättningen har varit att inga utmattningssprickor har inträffat, i annat fall blir osäkerheten stor vid bestämning av materialegenskaper. Beräkningarna har i princip utförts enligt ATB Väg 2005, kapitel C3 och C5 och med hjälp av PMS Objekt v4.2.0. Bitumenbundna lagers egenskaper har bestämts hos uppborrade prov vid öppnandet (Wiman et al., 1997) och efter tio års trafik vid flera temperaturer. Fallviktsmätningar som gjordes vid öppnandet och efter tio års trafik har utnyttjats vid beräkningarna (Wiman et al., 2007), dock har mätningarna endast utförts under höstperioden vid ca 10°C. Det bitumenbundna bärlagrets temperaturvariationer under året har beräknats utifrån ytemperaturmätningar över en 3-årsperiod från en närliggande VViS väderstation. Trafikberäkningen är baserad på Vägverkets trafikräkningar (Wiman et al., 2005) för denna väg. Eftersom syftet är utvärdering av två asfaltkonstruktioner på identiska underliggande lager, har de obundna lagrens och undergrundens betydelse inte beaktats mer än indirekt genom fallviktsmätningar.

Exempel



Temp, C	-8	-3	2	7	12	17	22	27	32	37	NESAL
No of days	1	16	107	66	41	47	53	26	7	1	
surfacing	16281	11589	8248	5871	4179	2974	2117	1507	1073	763	
Binder course	29626	22168	16588	12412	9287	6949	5200	3891	2911	2179	
Base course	25900	18700	13500	9800	7000	5100	3700	2700	1900	1400	
Strain	23	29	42	53	64	79	96	114	135	155	
ESALs	5,9E+07	5,5E+07	3,1E+07	2,8E+07	3,1E+07	3,1E+07	3,2E+07	3,6E+07	4,4E+07	5,4E+07	
	1,7E-08	2,9E-07	3,4E-06	2,3E-06	1,3E-06	1,5E-06	1,6E-06	7,2E-07	1,6E-07	1,8E-08	3,2E+07



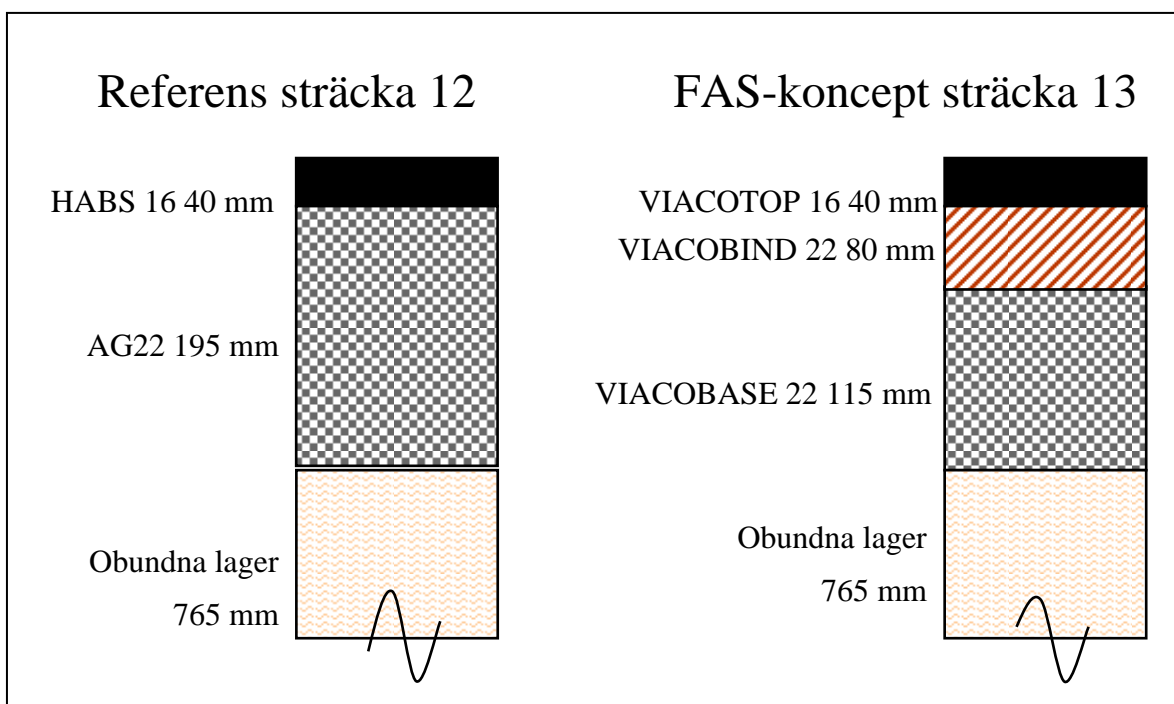
$$N_f = k \cdot \epsilon^{n_1} \cdot M_s^{n_2}$$

Krav; Antal N₁₀₀, X år

Figur 1 Illustration av beräkningsmetodiken.

4 Beskrivning av konstruktioner och läge

Observationssträckorna är belägna på motorvägen E6 i södergående körriktning. Observationssträckornas uppbyggnad visas i figur 2. Vägöverbyggnadens konstruktion på referenssträckan (sträcka 12) består av 40 mm HABS 16, 195 mm bitumenbundet bärlager av typ AG 22 enligt BYA 84. De obundna bär- och förstärkningslagren är 80 mm respektive 685 mm. FAS-konceptet (sträcka 13) består av slitlagret 40 mm Viacotop 16, 80 mm Viacobind och 115 mm Viacobase 22. I övrigt är konstruktionerna identiska. En mer detaljerad beskrivning av vägkonstruktionerna har rapporterats av Wiman et al. (1997). Viaco-konceptet är en firmabunden massabeläggning från NCC Roads (Ulmgren et al., 2006). Sammansättningen av asfaltbeläggningarna framgår av tabell 1. Vid jämförelse mellan AG och Viacobase, som bygger på SMA-koncept, framgår att Viacobase innehåller 0,8 % mer bindemedel och att den har en hålrums halt på 2 % medan AG har en hålrums halt på 5,2 %. Detta måste vara mycket fördelaktigt för Viacobase ur utmattningssynpunkt. Användning av bitumen 70/100 i jämförelse med 160/220 för AG försämrar dock utmattningmotståndet hos Viacobase. När det gäller stabiliteten bör Viacobase vara stabilare än AG på grund av den stora andelen grövre stenpartiklar och användning av hårdare bitumen (70/100). Vid jämförelse av konstruktionerna har FAS ett bindlager, där 10 % av 70/100 bitumenet har ersatts av det hårda bitumenet Unitaite®, som har hög styvhet. Detta jämförs med AG, med 160/220 bitumen, i referenskonstruktionen. Användning av bindlager ger upphov till bättre lastfördelning och mindre påkänningar i underliggande lager, fast framför allt mindre risk för spår bildning.



Figur 2 Överbyggnadskonstruktioner på vägsträcka Referens (sträcka 12) och FAS (sträcka 13) på E6 Fastarp–Heberg.

Tabell 1 Sammansättningen hos asfaltbeläggningar, referens- och FAS-sträckor (Ulmgren et al., 2006).

Grading, % passing sieve mm	Mixture				
	SMA16	AG22	VIACOTOP	VIACOBIND	VIACOBASE
0,063	8,0	5,0	9,0	4,0	5,0
0,5	16	16	14	12	12
2	22	30	19	18	18
4	25	40	23	19	20
8	31	54	26	22	21
11,2	55	63	40	27	27
16	95	75	95	70	35
22,4	100	95	100	95	75
31,5		100		100	99
Binder type	70/100	160/220	70/100	70/100 ¹⁾	70/100
Binder content %	6,2	4,2	6,7	4,8	5,0
Voids % ²⁾	3,4	-	4,1	5,0	-
Voids in field % ³⁾	4,8	5,2	5,2	4,0	2,0

¹⁾ 10 % of Uintaite® of bitumen weight added.

²⁾ Marshall compaction 2x50 blows.

³⁾ Average results from all sections. Bulk density determined with the method now known as EN 12697-06 (Saturated surface dry (SSD))

5 Provtagning

NCC:s laboratorium tog upp borrhärnor för undersökningar av hålrumshalt och mekaniska egenskaper hos bundna lager. Fem provtagningsplatser lokaliserades inom varje vägvagnsnitt med hänsyn till slutsatser från fallviktsmätningar och tidigare data om avsnittet (Wiman et al., 2005). Resultat från fallviktsmätningar utnyttjades för val av representativa vägvagnsnitt. Därefter har borrhärnor valts enligt FAS Metod 418 för provtagning. Totalt 144 borrhärnor, med 100 mm i diameter, uppborrades till ett djup av alla bitumenbundna lager, se tabell 2.

Borrhärnorna sågades till testprovkroppar. Bestämning av egenskaper hos de bundna bärlagren efter tio års trafik har utförts. Kompaktdensitetsbestämningar utfördes på ett par prov per provplats enligt FAS 425. Tjocklek och skrymdensitet bestämdes på alla provkroppar och hålrumshalten beräknades för alla provkroppar.

Tabell 2 Planerade och genomförda borrhärningar samt antal upptagna borrhärnor.

Sträcka 12 (Referens)	Sektion	12:08	12:35	12:63	12:74	12:157	12:164
	Antal i hjulspår	3	3	3	3	3	3
	Antal i mellanspår	9	9	9	9	9	9
Sträcka 13 (FAS)	Sektion	13:08	13:35	13:63	13:74	13:157	13:164
	Antal i hjulspår	3	3	3	3	3	3
	Antal i mellanspår	9	9	9	9	9	9

5.1 Tjocklekar och skrymdensitet

På NCC:s laboratorium i Stockholm har testprov sågats ut, ca 55 mm, från bärlagren. Tjockleken och skrymdensitet har bestämts enligt FAS metod 427. Tabell 3 och 4 visar skrymdensitet och hålrum hos sågade borrhärnor från vägsträckorna 12 och 13. Det konstateras från tabell 1, 3 och 4 att AG-lagret har efterpackats i hjulspår. Hålrums halten har minskat från 4,8–5,2 % till 3,2 % efter trafikens packning, medan Viacobase-lagret inte har visat någon efterpackning. Viacobase är tillverkad med lågt hålrum. Det framgår i tabellerna 1 och 3 att Viacobase har proportionerats med lågt hålrum (ca 2 %). Det stämmer också med Vimans (1997) undersökningar vid vägens öppnande 1997. Viacobase är en SMA-beläggning med lågt hålrum medan AG är en öppen asfaltbetong. Detta måste ha stor betydelse för utmattningssmotstånd hos beläggningarna. Efterpackningen har också en stor betydelse för initial spårbildning. Uppskattningsvis leder en halvering av hålrumshalten till ca 2–3 mm spårbildning (Jacobson, 1999; 2007).

Tabell 3 Medelvärde av nio borrhärnor från bärlagret, tagna mellan hjulspår.

	Sektion	Skrymdensitet FAS 427	Kompakt densitet FAS 425 (mdv av 4 prov)	Hålrums
		g/cm³	g/cm³	%
AG 22	12:08	2,346	2,475	5,2
	12:35	2,377		4,0
	12:63	2,334		5,7
	12:74	2,377		3,9
	12:157	2,358		4,7
	12:164	2,347		5,2
	mdv	2,356		4,8
Viacobase 22	13:08	2,392	2,440	1,8
	13:35	2,391		1,9
	13:63	2,385		2,1
	13:74	2,395		1,7
	13:157	2,392		1,8
	13:164	2,402		1,4
	mdv	2,393		1,9

Tabell 4 Medelvärde av tre borrhärnor från bärlagret, tagna i hjulspår.

	Sektion	Skrym- densitet FAS 427	Kompakt densitet FAS 425 (mdv av 4 prov)	Hålrums
		g/cm³	g/cm³	%
AG 22	12:08	2,396	2,475	3,2
	12:35	2,389		3,5
	12:63	2,395		3,2
	12:74	2,400		3,0
	12:157	2,392		3,3
	12:164	2,404		2,9
	mdv	2,396		3,2
Viacobase 22	13:08	2,393	2,440	2,0
	13:35	2,392		2,1
	13:63	2,395		2,0
	13:74	2,390		2,1
	13:157	2,393		2,0
	13:164	2,413		1,2
	mdv	2,396		1,8

6 Styvhetsmodul för bundna lager

Styvhetsmodulmätningar hos de bitumenbundna bärlagren

Styvhetsmodulen har bestämts på fem borrhärdor mellan hjulspår hos både AG22- och Viacobaselagren under 2006/2007. Bestämningarna har utförts enligt FAS metod 454 vid tre temperaturer 2, 10 och 15°C hos borrhärdor från både Viacobase- och AG-bärlagren, vilket visas i figur 3. Massabeläggningsen Viacobase visar ca 2 000 MPa lägre styvhetsmodul än AG-lagret. Det framgår också i figuren att spridningen i styvhetsmodulmätningarna hos AG22 är något större än hos Viacobase. Massabeläggningsen AG har låg bindemedelshalt och relativt hög hålrums halt i jämförelse med Viacobase, som har högre bindemedelshalt och betydligt lägre hålrums halt. Det påverkar homogeniteten vid utförandet och därmed spridning i resultaten. NCC:s laboratorium (Ulmgren, 2007) har visat liknande resultat, att AG har större spridning i styvhetsmodulmätningar. Dock är styvhetsmoduler rapporterade av NCC lägre än VTI:s styvhetsmodulmätningar.

Regressionssambanden 1 och 2 mellan styvhetsmoduler och temperaturer har använts för beräkning av styvhetsmoduler hos AG22 respektive Viacobase vid de verkliga temperaturerna i fält för beräkning av livslängden (se avsnitt 11 om beräkning av livslängd).

Styvhetsmodulmätningar utförda vid två tidigare tillfällen, 1997 och 2001 (Viman et al., 1997, Wiman, 2002) samt under den här omgången, 2007, vid 10°C redovisas i figur 4. Det konstateras att styvhetsmodulen hos AG22-lagret har varierat mycket, men styvhetsmodulen hos Viacobaselagret har ändrats måttligt. Styvhetsmodulerna vid mättillfället 1997 för AG är baserad endast på två borrhärdor (vägsträckans längd är 200 m), vilket kan ifrågasättas, medan antal prov för Viacobase är fem provkroppar (AG-prov från övriga referenssträckor beaktades inte i detta arbete). Styvhetsmodulen för AG har ökat från drygt 6 000 MPa år 1997 till ca 13 000 MPa år 2001 och har sedan sjunkit till ca 11 000 MPa år 2006. Detta bedöms realistiskt. Minskning av hålrums halten från 4,8 till 3,2 pga. efterpackningen kan delvis förklara ökningen av styvhetsmodulen från ca 6 000 MPa till 13 000 MPa under de första åren. AG är en mager massa med hög hålrums halt och en hel del av efterpackningen är förväntad. Figur 4 visar också prediktering av styvhetsmodulen baserad på styvhetsmodulmätningar 2007 enligt samband 3 för ålderseffekt på styvhetsmodul (ATB Väg, kapitel C5.4.2). Beräkning av styvhetsmoduler visar bra överensstämmelse mellan uppmätta och predikterade värden för styvhetsmoduler hos Viacobase, dock inte för AG. För AG har den beräknade styvhetsmodulen använts vid beräkning av livslängden under år 1997, vilket har bedömts mer trovärdigt än de få mätningar (2 prov) som skedde under 1997. Viacobase kommer att ha bättre utmattningss motstånd, men ha sämre lastfördelningsförmåga än AG-lagret. Dock måste hela konstruktionen beaktas vid slutlig bedömning av livslängden.

Regressionssamband för styvhetsmodul baserad på mätningar år 2006:

för bärlager, AG22
$$S_M = 17780 \cdot e^{(-0,054 \cdot T)} \quad 1)$$

för bärlager, Viacobase 22
$$S_M = 16720 \cdot e^{(-0,069 \cdot T)} \quad 2)$$

Ålderseffekt på styvhetsmodul

$$S_{t_2} = S_{t_1} \cdot (t_2 / t_1)^{0,08} \quad 3)$$

där

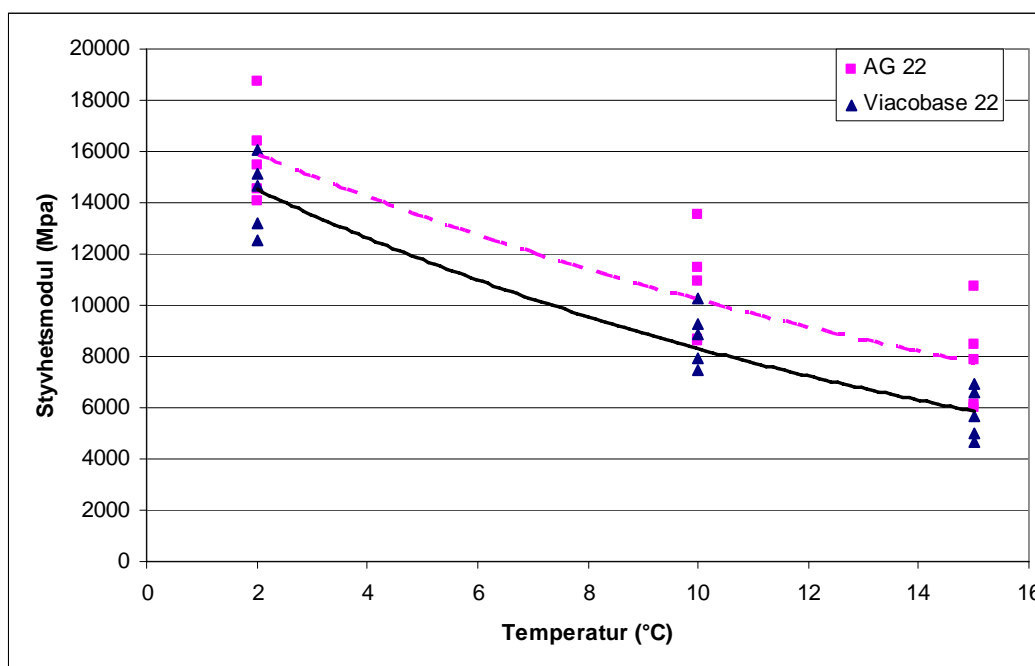
S_{t_2} Styvhetsmodul vid tiden t_2 i MPa

S_{t_1} Styvhetsmodul vid tiden t_1 i MPa

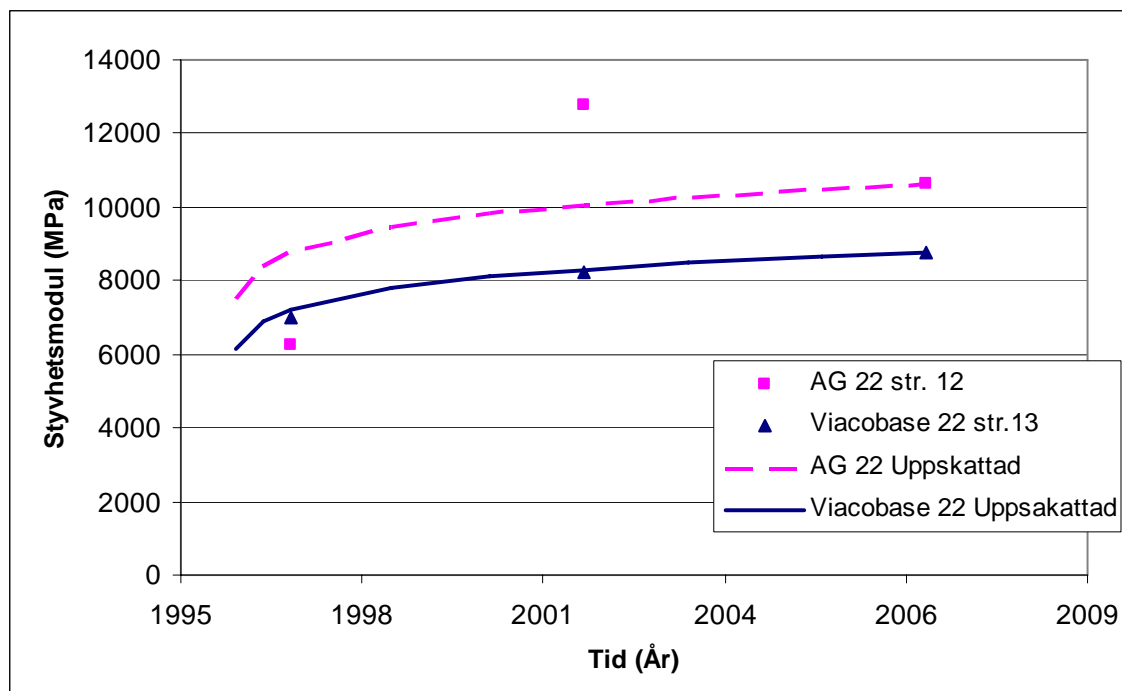
t_1 & t_2 Beläggningsålder i dagar

S_M Styvhetsmodul i MPa

T Temperatur i °C



Figur 3 Sambandet mellan modulvärden och temperatur på borrhärdor mellan hjulspår, från år 2006.

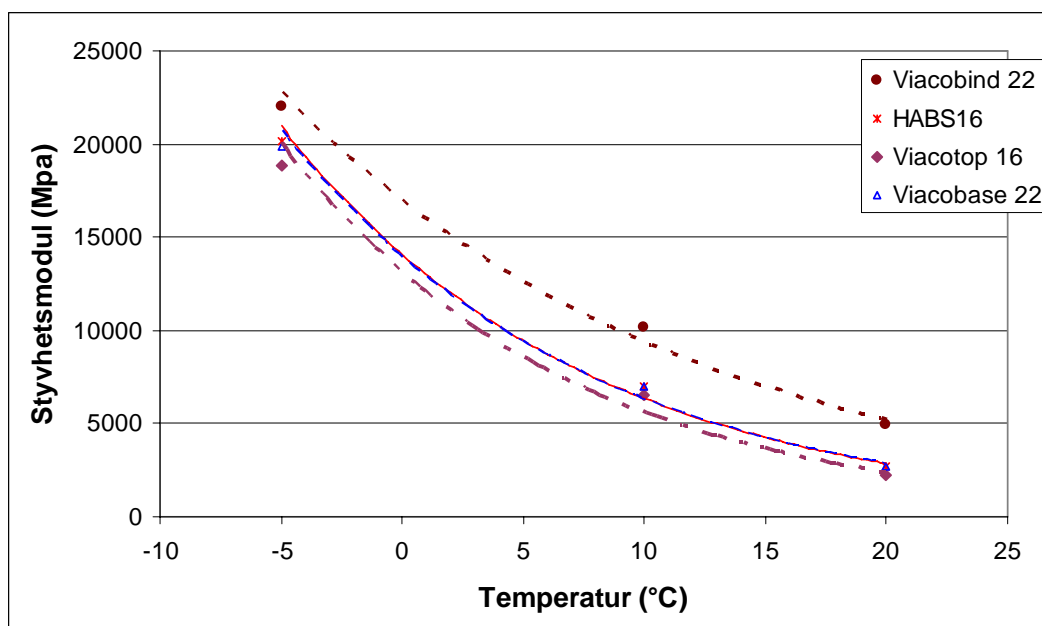


Figur 4 Korrelation mellan styvhetsmodul och tid (ålder) för AG22- och Viacobase-lagren med uppskattning av styvhetsmoduler vid olika åldrar baserad på 2006 års mätningar vid +10°C.

Styvhetsmoduler för övriga lager och tider

Styvhetsmoduluppskattningar för övriga lager av vägöverbyggnaden som behövs vid beräkning av livslängden har inte utförts 2006/2007. Samband 3 för ålderskorrigering har använts för prediktering av asfaltlagrens styvhetsmoduler vid olika tider (år 1997 och 2006) när det saknades uppmätta modulvärden. Samband 1, 2, 4, 5, 6 och 7 har använts för beräkning av styvhetsmoduler vid olika temperaturer. Observera att samband 2 och 7 är för bärlagret Viacobase år 2006 respektive år 1997. De är identiska förutom förskjutning på grund av åldern. AG:s modulmätningar år 1997 har bedömts orealistiska, se kapitel 6, varför AG-lagrets styvhetsmoduler för år 1997 har uppskattats från modulmätningar år 2006 (figur 3) och med hjälp av samband 3 för ålderskorrigering. De obundna lagren och undergrunden för båda konstruktionerna är identiska och deras inverkan ingår inte i beräkningarna mer än indirekt genom fallviktsmätningar.

Slitlager och bindlager antas ha mindre betydelse för utmattningssprickor, varför deras egenskaper inte bestämdes år 2006. Dessa lagres styvhetsmoduler har beräknats från modulmätningar 1996/1997, med hjälp av samband 3 för ålderskorrigering samt samband 4 och 5 för korrelation mellan styvhet och temperatur. Korrelation mellan temperatur och styvhetsmodul på slit-, bind- och Viacobaselager redovisas i figur 5 och med regressions samband 4, 5, 6 och 7. Förhållandet mellan uppmätta styvhetsmoduler och beräknade för bitumenbundna lager i båda konstruktionerna visas i figur 6.



Figur 5 Korrelation mellan styvhetsmodul och temperatur, bestämd år 1997.

Regressions samband för styvhetsmodulberäkningar baserade på mätningar år 1997 :

För slitlager av HABS 16; $S_M = 14080 \cdot e^{(-0,080 \cdot T)}$ 4)

För slitlager av Viacotop ; $S_M = 13100 \cdot e^{(-0,085 \cdot T)}$ 5)

För bindlager av Viacobind; $S_M = 16940 \cdot e^{(-0,059 \cdot T)}$ 6)

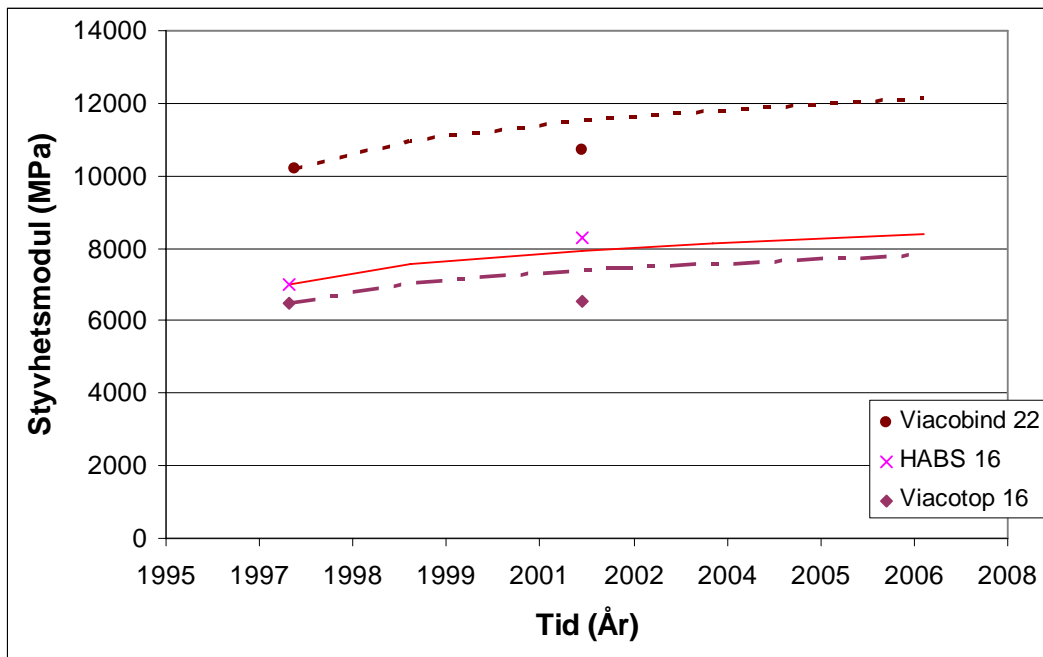
För bärlager av Viacobase; $S_M = 13930 \cdot e^{(-0,079 \cdot T)}$ 7)

där

S_M Styvhetsmodul i MPa

T Temperatur i °C

Med hjälp av formel 1 till 6 har styvhetsmoduler beräknats för alla bitumenbundna lager vid olika temperaturer och tider (för år 1997 och år 2006). Styvhetsmodulerna har använts vid beräkning av livslängd.



Figur 6 Korrelation mellan styvhetsmodul och ålder för bitumenbundna lager med uppskattning av styvhetsmoduler vid olika åldrar (tider) baserad på 1997 års mätningar vid +10°C.

7 Utmattningsprovning

Utmattningskurvor för AG22- och Viacobasebeläggningar har bestämts enligt VTI-metod (Said, 1995). Utmattningsprovning har utförts på borrhärdar tagna mellan hjulspår vid tre temperaturer, nämligen 2, 10 och 15°C samt på borrhärdar tagna i hjulspår dock endast vid 10°C. Syftet med utmattningsprovning av borrhärdar tagna mellan hjulspår och i hjulspår är att undersöka sannolikheten för uppkomst av belastningssprickor i hjulspår. Jämförelse mellan utmattningsresultat hos upptagna prov i hjulspår och mellan hjulspår visas i figur 7 och 8. Det svåra här är att uttaga borrhärdar testas liggande (vrids med 90 grader vid provning). I praktiken innebär detta att om det existerar en spricka i beläggningen kan sprickans effekt förstärkas eller försvagas beroende på belastningens inriktning i förhållande till sprickan. Dock, en sprucken väg bör visa större variation i resultaten i jämförelse med en icke sprucken väg. Utmattningskurvor (regressionssambanden) för prov från hjulspår för både AG22 och Viacobase visar något sämre utmattningsmotstånd än utmattningskurvor för prov från mellan hjulspår. En viss försvagning (nedbrytning) kan ha inträffat, dock är skillnaderna små, speciellt med hänsyn till spridning i resultaten. Slutsatsen är att sannerligen varken AG- eller Viacobaselagren har fått utmattningsprickor under tiden.

Utmattningskriterium

Syftet med utmattningsprovning vid flera temperaturer är framtagning av utmattnings samband för de befintliga bärlagren i FAS- respektive referenssträckorna. Dessa samband motsvarar sambandet för AG22-beläggning i ATB Väg kapitel C5.2 (hädanefter kallas standard AG22). Utmattningskurvor illustreras i figur 9 och 10. Effekten av temperaturen är måttlig för en temperaturvariation mellan 5 och 15°C. Det är jämförbart med tidigare resultat på standard AG22 (Said, 1997).

Genom multiple regression på utmattningsdata vid tre temperaturer har utmattningskriterium tagits fram för båda de befintliga AG- och Viacobaselagren. Sambanden, 8 och 9 används för beräkning av livslängd vid olika klimatperioder under 2006.

AG22-referenssträcka

$$\text{Log}N_f = 19,344 - 4,282 * \text{Log}\epsilon - 1,343 * \text{Log}M_s \quad 8)$$

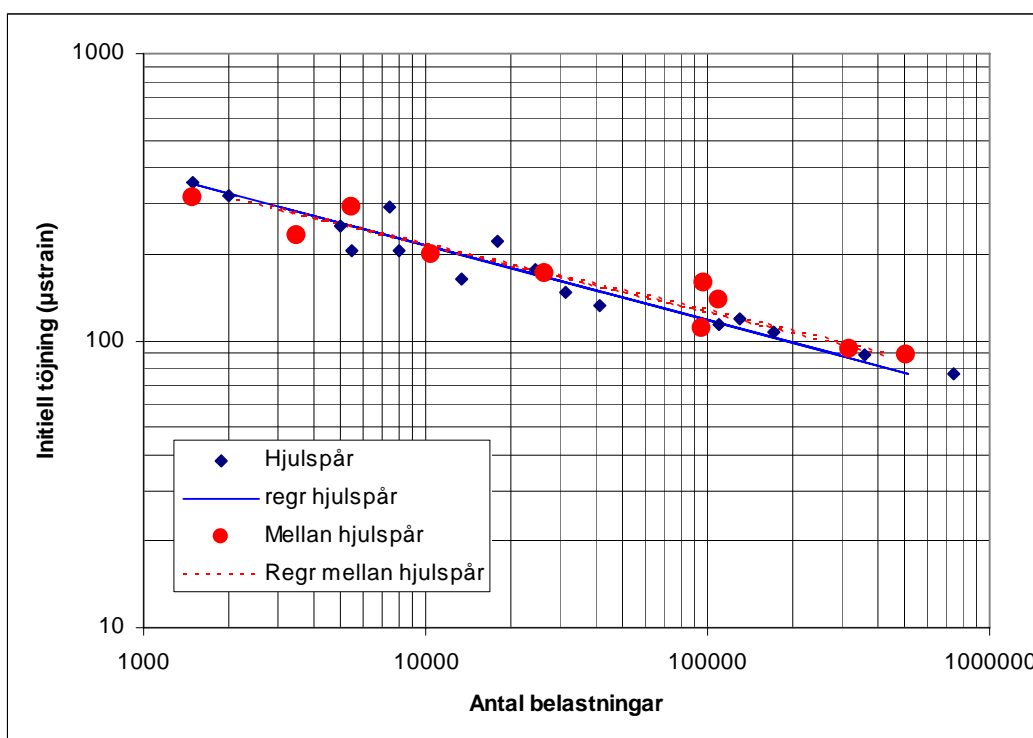
Viacobase 22 FAS-sträcka

$$\text{Log}N_f = 17,876 - 3,184 * \text{Log}\epsilon - 1,423 * \text{Log}M_s \quad 9)$$

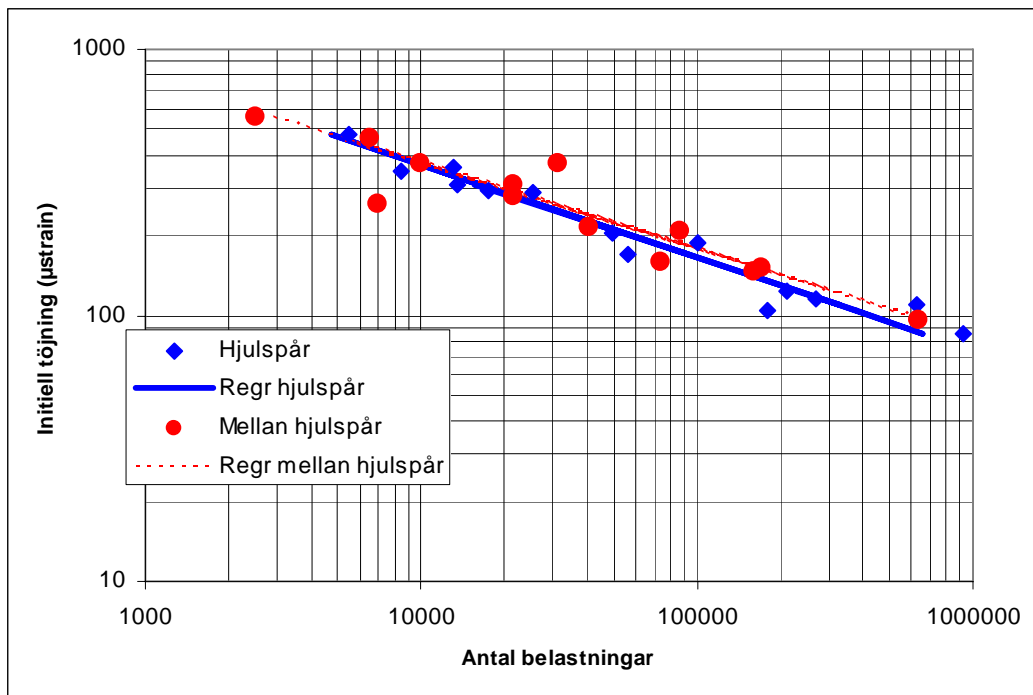
Ovanstående samband, 8 och 9, motsvarar sambandet i ATB VÄG C5.2 som är för standard AG22. I figur 11 har utmattningskurvorna för AG22- och Viacobaselagren vid 10°C jämförts med standardutmattningskurvan för bärlager typ AG22 enligt ATB VÄG. Det konstateras att utmattnings sambandet för referens AG ger betydligt kortare livslängd jämfört med standard AG eller Viacobase vid en och samma töjningsnivå. Det innebär att massabeläggningen Viacobase 22 har betydligt bättre motstånd mot belastningssprickor i jämförelse med standard och referens AG. Att referens AG visar sämre utmattningsresistans än standard AG kan bero på att dels referens AG har högre styvhet än standard AG, dels ålderskillnaden, dels på den normala spridningen i lagers egenskaper som förekommer vid byggandet (Said, 1997).

Utmattningsprovningar från 1997

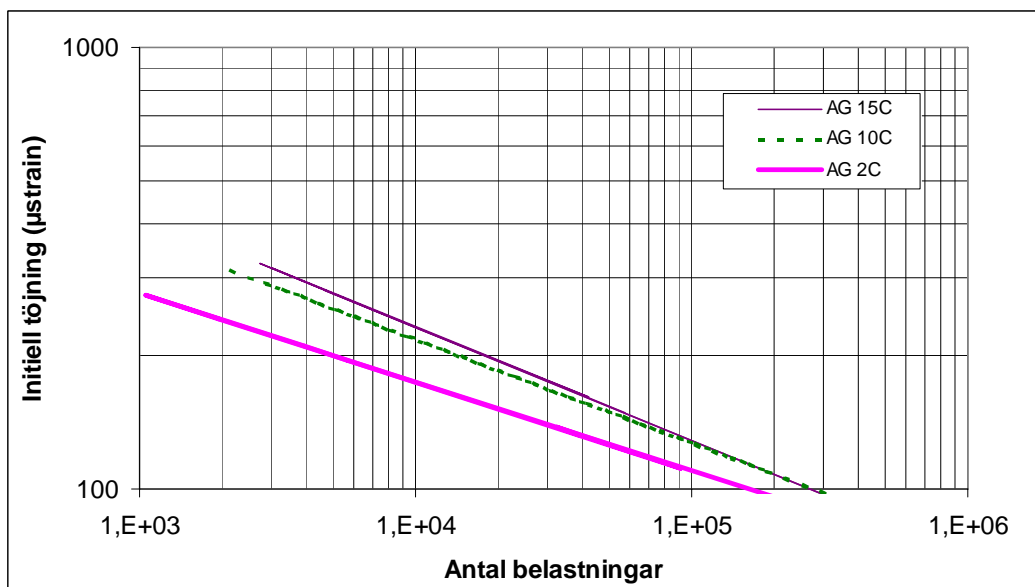
Utmattningsdata för prov från mellan hjulspår, upptagna 2006 visas i figur 12 och 13. De få utmattningsdata för referenssträckan 12 och FAS-sträckan 13 från 1997 års provningar är inritade i figur 12 och 13. Proverna var ungefär ett år gamla vid provning. Det innebär att den största delen av åldring (förstyvning) av massabeläggningarna hade inträffat vid provning (Said, 2005). Det föreligger ingen tydlig skillnad mellan mätningar gjorda år 1997 och 2006 (med reservation att det är få mätningar år 1997), varför utmattningssambanden 8 och 9 har använts för beräkning av livslängd vid år 1997 också.



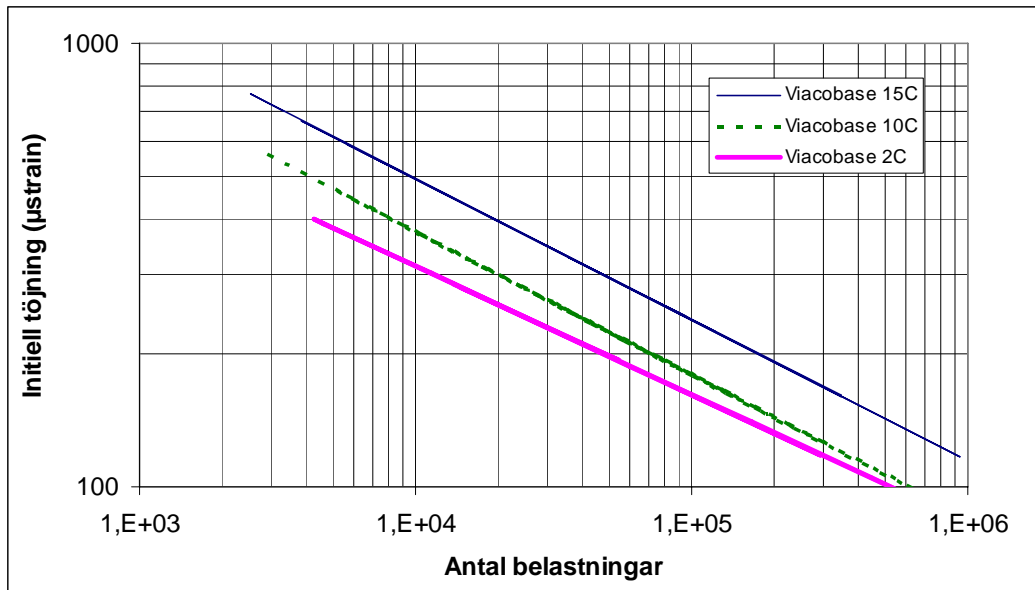
Figur 7 Jämförelse mellan utmattningsresultat hos prov från, i och mellan hjulspår för AG22 vid 10°C.



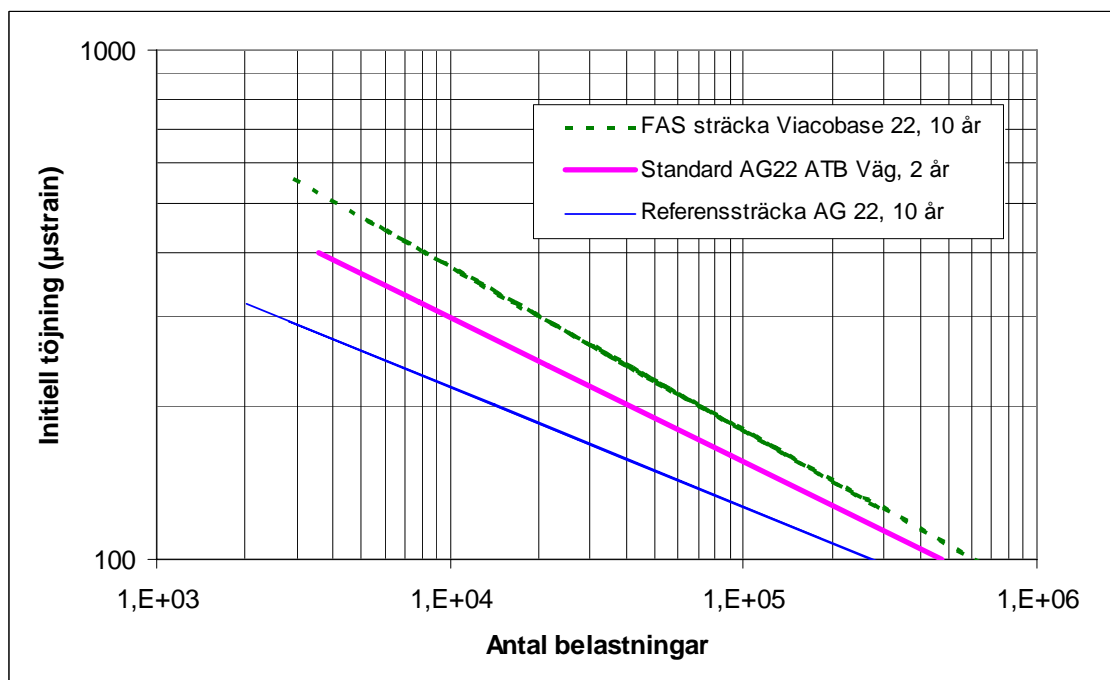
Figur 8 Jämförelse mellan utmattningsresultat hos prov från, i och mellan hjulspår för Viacobase 22 vid 10°C.



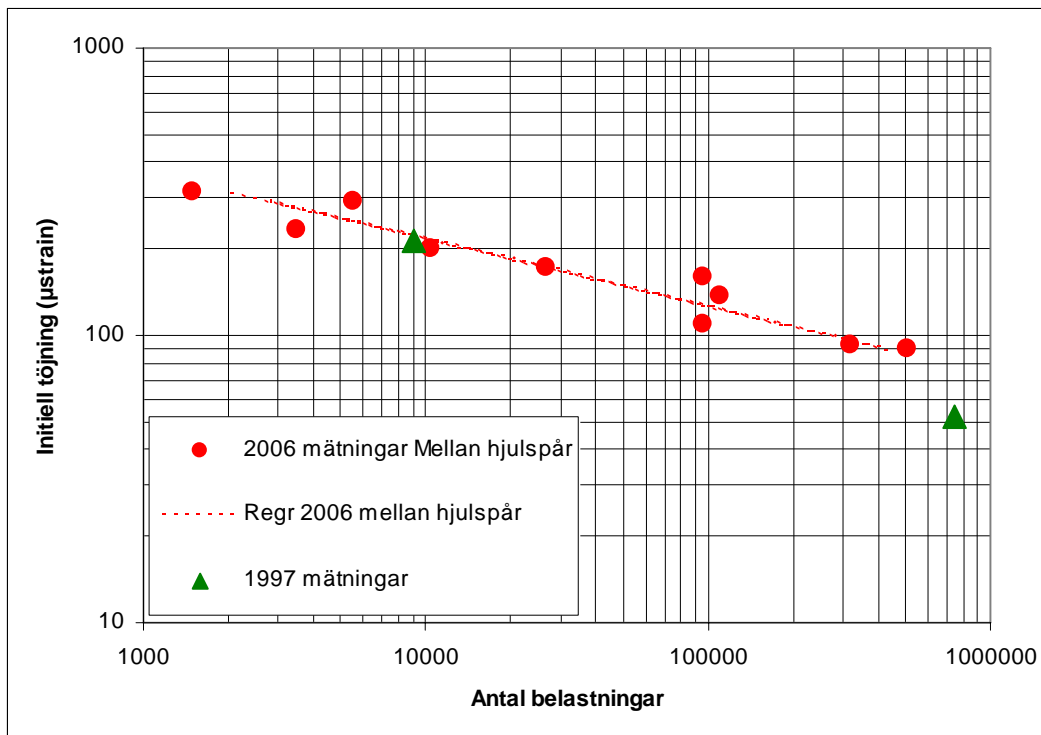
Figur 9 Utmattningskurvor för AG22 vid olika temperaturer bestämda enligt VTI-metod.



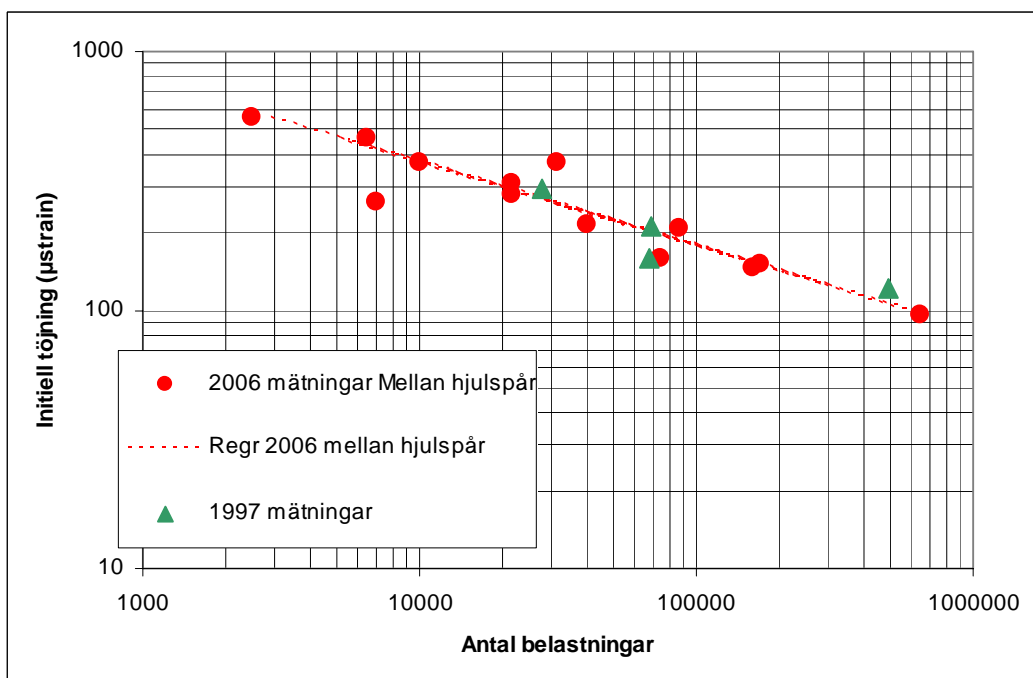
Figur 10 Utmattningskurvor för Viacobaselagret vid tre temperaturer.



Figur 11 Utmattningskurvor för AG- och Viacobaselagren (10 år gamla), samt motsvarande utmattningskurva för standardbärlager (2 år gammal) enligt ATB Väg.



Figur 12 Jämförelse mellan 1997 och 2006 års utmattningsprovningar för AG-lager vid 10°C.



Figur 13 Jämförelse mellan 1997 och 2006 års utmattningsprovningar för Viacobase-lager vid 10°C.

8 Skiftfaktor mellan laboratorie- och fältkriterer

Det är fortfarande ett dilemma att överföra utmattningsresultat från laboratorieundersökningar till nedbrytning i fält. Utmattningskriterier baserade på laboratorieförsök underkattar vanligen asfaltbeläggnings livslängd, varför skiftfaktorer behövs för att utnyttja laboratorieresultat vid utvärdering och dimensionering av vägöverbyggnader. Vid utmattningsprovning i laboratoriet belastas provkroppen med en upprepande konstant spänning eller töjning vid en specifik temperatur. I verkligheten utsätts en beläggning för en sammansättning av påkänningar (trafikbetingade och termiska påkänningar). Andra variabler som påverkar skiftfaktorers storlek är belastningsform, trafikfördelning i tvärled, provningsmetod, återläkningsförmågan hos massabeläggning, spricktillväxt som är en ansevärd del av livslängden, vilken inte är försumbar (Huhtala, 1996; Nilsson et al., 2005). På grund av de många variablerna som påverkar skiftfaktorers storlek har skiftfaktorn bestämts empiriskt för den vanligaste massabeläggnings för bitumenbundna bärlager i Sverige. Ett kriterium framtogs från laboratorieundersökningar på borrhärdar upptagna från AG-lager av ett 10-tal provvägar. Samma provvägar följdes upp av fältmätningar och fick vara underlag för det fältbaserade kriteriet (Said, 1996). Jämförelserna mellan laboratorie- och fältresultat resulterade i en skiftfaktor med en storlek på ca 10 för typiska svenska flexibla vägöverbyggnader. Tjockleken på de bitumenbundna lagren hos provvägarna i studien var i genomsnitt ca 100 mm. I dag är problemet att för närvarande förekommer flexibla vägöverbyggnader med betydligt tjockare asfaltöverbyggnader och med alternativa asfaltlager, vilket är fallet med provsträckor i Fastarp. Tjockleken, som är den avgörande faktorn för att förlänga livslängden hos vägöverbyggnader, påverkar genom dels minskning av dragtöjningar i underkant av beläggning, dels genom att det tar betydligt längre tid för sprickan att växa igenom en tjockare beläggning (förutsatt att sprickan börjar underifrån och växer uppåt). Inverkan av olika dragtöjningar (påkänningar) ingår i beräkningen medan inverkan av tjockleken för sprickutvidgning bör ingå i skiftfaktorn. Formeln 10, för skiftfaktor, är modifierad med avseende på asfaltlagrets tjocklek i en konstruktion.

$$SF_t = SF_{100} \cdot \frac{t}{100} \quad 10)$$

$$N_{f(\text{fält})} = N_{f(\text{lab})} \cdot SF_t \quad 11)$$

där:

SF_{100} = skiftfaktor för konstruktion med 100 mm tjock beläggning (=10)

SF_t = skiftfaktor med t beläggningstjocklek

$N_{f(\text{fält})}$ = livslängd i fält (ekvivalent antal standardaxlar)

$N_{f(\text{lab})}$ = antal belastningar till brott i laboratoriet

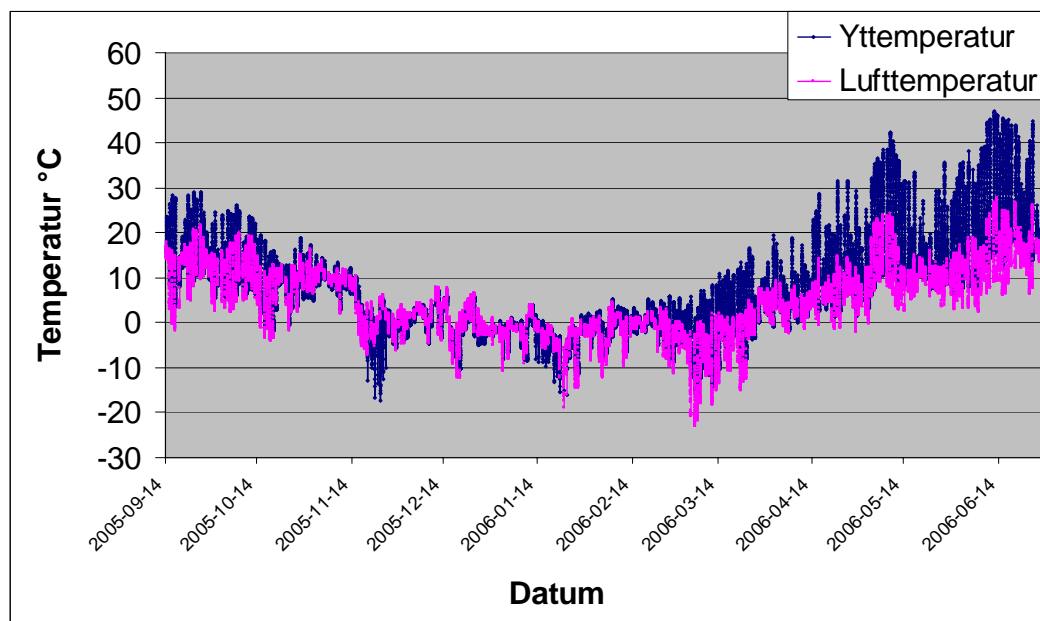
t = beläggningstjocklek i mm

Formeln 10 är baserad på antagandet att det är en linjär korrelation mellan skiftfaktor och beläggningstjocklek. Antagandet kan vara felaktigt. En tjock beläggning ger upphov till låga dragtöjningar i underkant beläggning. Det kan leda till att det behövs relativt många belastningar till initiering av en spricka eller det kan hända att belägg-

ningen aldrig blir utmattad om töjningens storlek ligger under ett visst värde (utmattningsgräns, eng. endurance limit), varför skiftfaktorn för Fastarp-konstruktioner (skiftfaktorn = 23,5) troligen är återhållsam.

9 Beräkning av beläggningstemperaturer

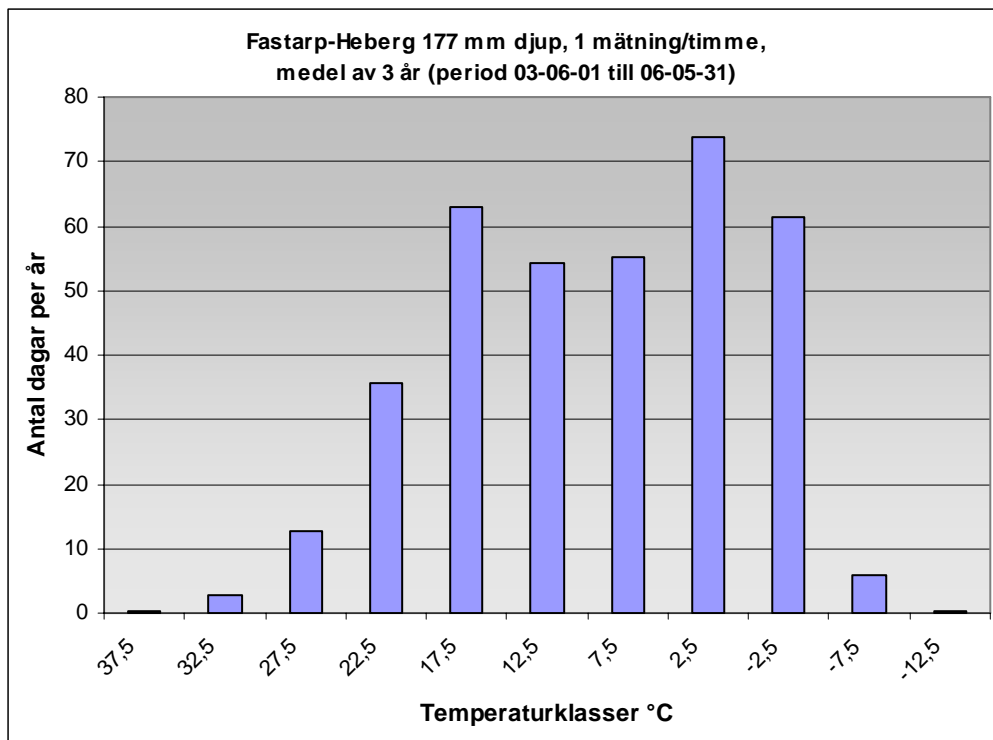
Beläggningsars temperaturer och deras variationer under året har stor effekt på nedbrytningen hos bitumenbundna lager. Beläggningstemperaturen varierar också på djupet i en väggropp. Vid beräkning av livslängd för ett specifikt objekt bör man bl.a. ta hänsyn till förväntade temperaturer i det aktuella lagret. Det geografiska läget för vägobjektet, beläggningens placering i vägkonstruktionen och aktuell trafikbelastning kan vara avgörande för hur en asfaltbeläggning bryts ned. Av den anledningen har vi analyserat temperaturmätningar under 2003/2006 från en VViS-station (VViS1336) som är placerad nära det här objektet. Temperaturmätningar under ett helt år visas nedan i figur 14.



Figur 14 Temperaturmätningar från VViS-station 1336 under 2005/2006.

Temperaturmätningar från VViS-stationen har analyserats genom antal timmar gentemot beläggningstemperatur vid 177 mm djup, vilket har antagits som representativt djup för bärlagret. Temperaturberäkningar vid olika djup har utförts med Hermanssons modell (Hermansson, 2001).

Figur 15 illustrerar temperaturfördelningar på 177 mm djup i genomsnitt för tre år. Dessa temperaturer har antagits representativa för de bitumenbundna lagren vid beräkning av livslängden. Temperaturmätningar ledde till tio perioder med fem graders intervall per period och med ett visst antal dagar per period, vilket illustreras i figur 15.



Figur 15 Temperaturfördelning per år från VViS-station 1336 under 2003–2006.

10 Beräkning av töjningar

Provbelastning med fallviktsapparat har rapporterats av Wiman et al. (2007). För att fastställa konstruktionens tillstånd ur bärighetssynpunkt har provbelastningar utförts sedan öppnandet av provvägen. Mätningarna har endast utförts under höstperioden. De flesta mätningarna har utförts kring 10°C. Vägsträckorna har belastats i höger hjulspår och mellan hjulspår. Töjning i underkant av beläggning har beräknats med samband 12 (Jansson, 1994). Fallviktsmätningarna från åren 1997 och 2006 har utnyttjats för beräkning av livslängd i det här arbetet. För beräkning av livslängden behövs töjningar i underkant av beläggning vid de verkliga klimatperioderna. Eftersom fallviktsmätningarna endast är utförda under höstperioden, i praktiken vid en temperatur, måste töjningar vid övriga klimatperioder uppskattas. Töjningar vid de olika klimatperioderna har uppskattats relativt till beräknade töjningar med PMS Objekt. Uppmätta styvhetsmoduler hos bärlagren år 2006 samt uppskattade styvhetsmoduler för övriga lager (enligt kapitel 6) har använts vid beräkning av töjningar med PMS Objekt hos de båda konstruktionerna. Styvhetsmoduler för beräkning av töjningar i underkant asfalt med PMS Objekt illustreras i figur 16. Beräknade töjningar med hänsyn till PMS Objekt och uppskattade töjningar, motsvarande beräknade töjningar från fallviktsmätningar, visas i figur 17. Det som är ifrågasättande är uppskattning av töjning i underkant med hänsyn till teoretiskt beräknade töjningar med PMS Objekt. Det vore värdefullt att utföra fallviktsmätningar vid flera klimatperioder (olika tider under året). Töjningar beräknade med PMS Objekt visar obetydliga skillnader mellan konstruktionerna, vilken beror på inmatade styvhetsmoduler. Töjningar beräknade från fallviktsmätningar visar betydligt större töjningar och större skillnader mellan konstruktionerna i jämförelse med töjningar beräknade med PMS Objekt.

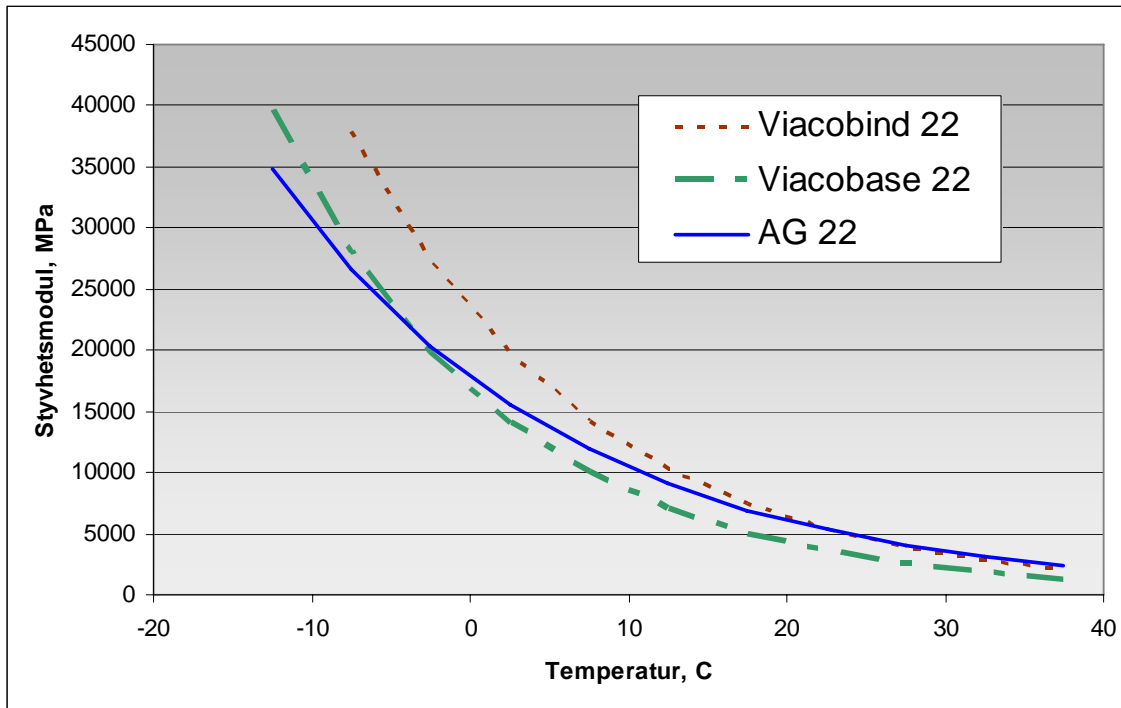
$$\varepsilon = 37.4 + (988xD_0 - 533xD_{300} - 502xD_{600}) / 1000 \quad (12)$$

där:

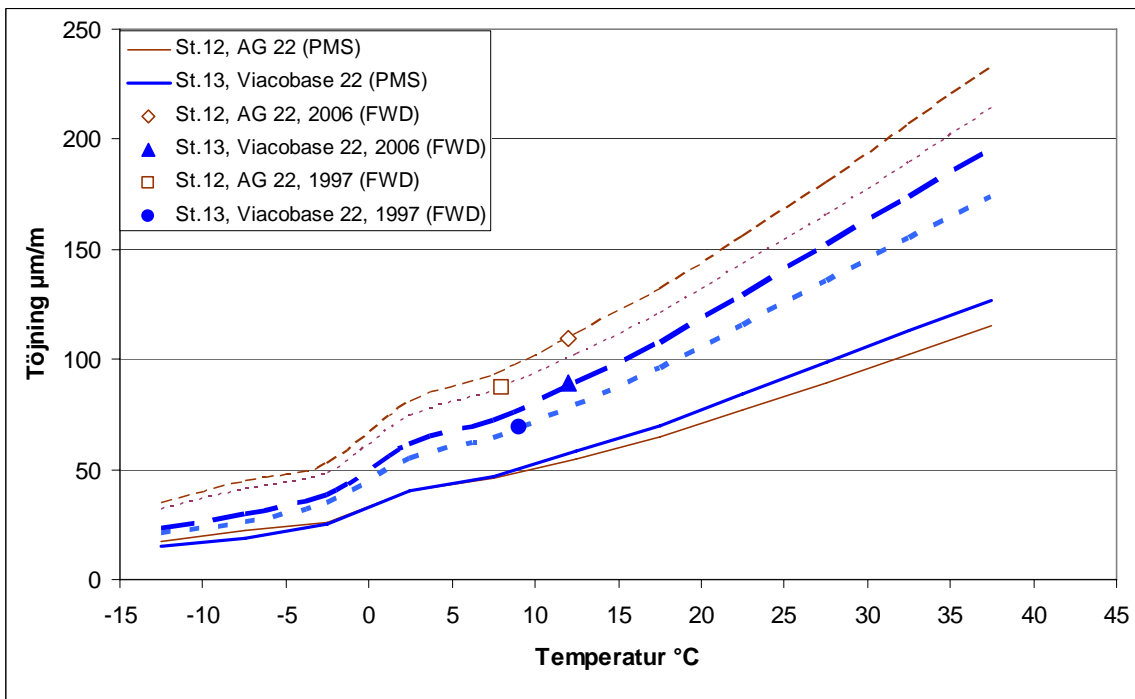
ε = Töjning i underkant beläggning i $\mu\text{m}/\text{m}$

D_0 , D_{300} och D_{600} = Nedsjunkning 0, 300 och 600 mm från belastningscentrum i μm

Det kan konstateras att töjningsnivåerna är låga för båda konstruktionerna. Det vore värdefullt att närmare undersöka utvecklingen i töjningarna i underkant under hela betjäningstiden (10 år) och inte enbart vid vägens öppnande (1997) och slutet (2006 i det här fallet). Om töjningen är konstant under senare år (efter initialperioden) trots all trafik, kan det betyda att påkänningarnas nivå ligger under ”endurance limit” för utmattning av beläggning. I så fall skulle beläggningen aldrig utmattas (bli sprucken) på grund av trafikbelastning. Vägsträckan skulle klassas som ”Long Live Pavement”. Utmattningsprovning (kapitel 7 figur 7 och 8) visar att alla prov har gått sönder även vid låga töjningsnivåer (75–80 $\mu\text{m}/\text{m}$). Tidigare resultat har visat att prov från massabeläggningen AG inte har utmattats vid töjningar lägre än ca 55–60 $\mu\text{m}/\text{m}$ genom undersökning med pressdragprovet. Monismith (1966) har rapporterat att utmattningsgränsen för tät asfaltbeläggning är ca 70 $\mu\text{m}/\text{m}$ genom provning med balkmetoden.



Figur 16 Styvhetsmoduler vid olika temperaturer för PMS Objekt-beräkningar



Figur 17 Sambandet mellan töjning och temperatur beräknade med PMS Objekt och från fallviktsmätningar år 1997 och 2006 samt uppskattade töjningar.

11 Beräkning av livslängd med avseende på sprickor

För att klarlägga skillnaden mellan konstruktioner byggda med olika massabeläggningar har beräkning av livslängd, med avseende på trafikbelastning, utförts dels med indata från 1997, dels med indata från 2006 års mätningar. Livslängdsberäkning baserad på 1997 års mätdata beskriver kontrollen av den dimensionerade livslängden, medan livslängdsberäkning baserad på 2006 års mätdata beskriver resterande livslängd för konstruktionerna. Livslängd har beräknats med samband 8 och 9 för referens- respektive FAS-konstruktionerna vid olika perioder. Inputdata till sambanden är styvhetsmoduler för olika lager och töjningar vid olika klimatperioder, vilka redovisas i tabell 5–8. Klimatperioder är bestämda med avseende på temperaturen i bärlagret och sedan har styvhetsmodul på alla lager och töjningar beräknats vid klimatperiodens genomsnittliga temperatur. Antal standardaxlar till brott redovisas i tabell 9. Skiftfaktorn för båda konstruktionerna har beräknats till 23,5 enligt samband 10.

Tabell 5 Indata till beräkning av livslängd för referenskonstruktion år 1997.

Temperatur, °C	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
Antal dagar	0,2	5,8	61,4	73,8	55,3	54,2	62,8	35,7	12,8	2,7	0,4
Slitlager, MPa (HABS16)	38 138	25 603	17 188	11 539	7 746	5 200	3 491	2 344	1 573	10 56	709
Bärlager, MPa (AG 22)	28 720	21 957	16 787	12 834	9 812	7 501	5 735	4 385	3 352	2 563	1 959
Töjning µm/m (FWD)	32	41	48	74	86	102	121	143	166	190	2 14

Tabell 6 Indata till beräkning av livslängd för FAS-konstruktion år 1997.

Temperatur, °C	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
Antal dagar	0,2	5,8	61,4	73,8	55,3	54,2	62,8	35,7	12,8	2,7	0,4
Slitlager, MPa (Viacotop)	37 814	24 747	16 195	10 598	6 936	4 539	2 970	1 944	1 272	833	545
Bindlager, MPa (Viacobind)	35 419	26 370	19 633	14 618	10 883	8 103	6 033	4 492	3 344	2 490	1 854
Bärlager, MPa, (Viacobase 22)	37 588	25 272	16 991	11 424	7 681	5 164	3 472	2 334	1 569	1 055	709
Töjning µm/m (FWD)	21	26	34	55	64	79	96	115	136	155	174

Tabell 7 Indata till beräkning av livslängd för referenskonstruktion år 2006.

Temperatur, °C	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
Antal dagar	0,2	5,8	61,4	73,8	55,3	54,2	62,8	35,7	12,8	2,7	0,4
Slitlager, MPa (HABS16)	46 206	31 019	20 824	13 980	9 385	6 300	4 230	2 839	1 906	1 280	859
Bärlager, MPa (AG 22)	34 796	26 602	20 338	15 549	11 888	9 088	6 948	5 312	4 061	3 105	2 374
Töjning µm/m (FWD)	34	45	53	81	93	111	132	156	180	206	233

Tabell 8 Indata till beräkning av livslängd för FAS-konstruktion år 2006.

Temperatur, °C	-12,5	-7,5	-2,5	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
Antal dagar	0,2	5,8	61,4	73,8	55,3	54,2	62,8	35,7	12,8	2,7	0,4
Slitlager, MPa (Viacotop)	45 814	29 982	19 621	12 840	8 403	5 499	3 599	2 355	1 541	1 009	660
Bindlager, MPa (Viacobind)	42 911	31 949	23 787	17 710	13 186	9 817	7 309	5 442	4 052	3 017	2246
Bärlager, MPa, (Viacobase 22)	39 660	28 074	19 873	14 067	9 958	7 049	4 990	3 532	2 500	1 770	1 253
Töjning µm/m (FWD)	23	29	38	61	72	89	108	129	152	174	195

Tabell 9 Beräkning av livslängd för referens- och FAS-konstruktion med mätdata från år 1997 och år 2006.

Konstruktionstyp	Ekvivalent antal standardaxlar N_{100} i miljoner	
	År 1997	År 2006
Referenskonstruktion	8,5	4,6
FAS-konstruktion	95,2	42,7

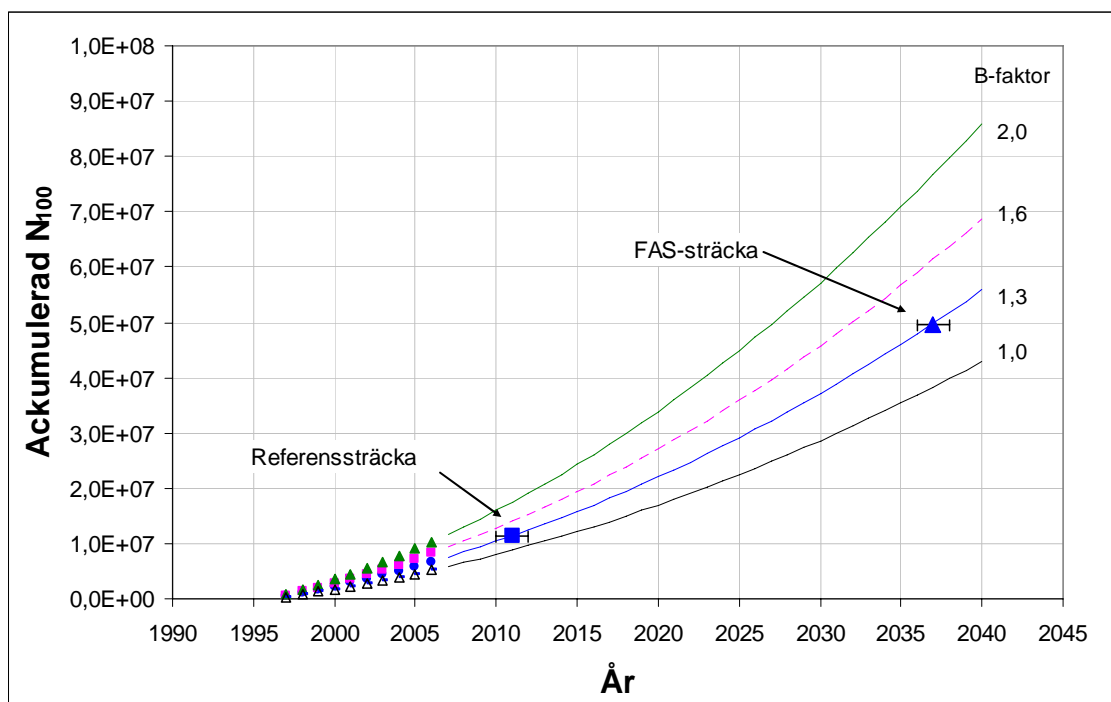
Det framgår i tabell 9 att FAS-konceptet resulterar i betydligt längre livslängd med avseende på utmattning eller sprickor vid både 1997 och 2006 års beräkningar. FAS-konceptet visar ca 10 gånger längre livslängd. Skillnader i livslängd beror på materialegenskaper. Viacobaselagret som har lägre styvhet och hålrumshalt (att klarlägga skillnader i sammansättning ingår ej i projektet) har givit upphov till mycket bättre utmattningmotstånd mot belastningssprickor. Bindlagret i FAS-konceptet har högre styvhet än AG-lagret (referenssträckan saknar bindlager), vilket leder till bättre lastfördelning i konstruktionen. Det ger upphov till mindre belastning i underliggande lager, vilket är bärlagret Viacobase. Det framgår tydligt från fallviktsmätningar att töjningar i underkant Viacobaselagret är lägre än töjningar i underkant AG-bärlagret. Viacobase har dels bättre utmattningsegenskaper, dels utsätts det för lägre påkänning. Det har resulterat i ca 10 gånger längre livslängd.

Det är värt att notera skillnader i ekvivalenta antal standardaxlar mellan 1997 och 2006 för AG- och Viacobasesträckorna är 3,9 miljoner respektive 52,5 miljoner enligt beräkningarna. Skillnader i ekvivalenta antal standardaxlar mellan 1997 och 2006 för Viacobasesträckan (52,5 miljoner) är orealistisk.

Som det har påpekats tidigare, under kapitel 10 "Beräkning av töjningar", är det ifrågasättande att uppskatta töjningar vid olika klimatperioder relativt till töjningar beräknade med PMS Objekt. Det ökar osäkerheten i resultaten. Om dragtöjningarna i underkant (i fält) beräknas teoretiskt genom simulering i PMS Objekt, skulle det leda till mycket längre livslängd för båda konstruktionerna.

12 Trafikräkning

Trafikräkningar har utförts av Vägverket på södergående körriktning av E6. För detaljer och plats se Wiman et al. (2005; 2007). Prognos över ackumulerat ekvivalenta antal standardaxlar (N_{100}) har beräknats enligt ATB Väg. I figur 18 illustreras N_{100} med fyra olika antagna värden på B-faktorn, som är ekvivalent antal standardaxlar per tunga fordon. Det ackumulerade antalet standardaxlar har beräknats till ca 7–10 miljoner år 2006 beroende på B-faktorns storlek. Enligt beräkningarna skulle de första sprickorna för AG-sträckan framträda vid ca år 2011 beräknad med B-faktorn 1,3 (ca år 2013 för B-faktor 1,0) medan för Viacobase tar det betydligt längre tid.



Figur 18 Uppmätt och prognos för ackumulerat ekvivalenta antal standardaxlar (N_{100}) och beräknad livslängd.

13 Avslutande kommentarer

Huvudsyftet med det här arbetet är att utvärdera asfaltkonstruktioner ur bärighetssynpunkt. Två konstruktioner med olika massabeläggningar har utvärderats, nämligen en så kallad FAS-konstruktion med firmabunden beläggning (VIACO-typ) och en referenskonstruktion byggd med bitumenbundet asfaltgrus.

För att klarlägga skillnaden mellan konstruktioner byggda med olika massabeläggningar har beräkning av livslängd utförts beträffande sprickbildning relaterat till den tunga trafiken. En mer heltäckande bild om teknisk livslängd bör innehålla risken för permanenta deformationer också, vilket ligger utanför ramen för det här projektet.

FAS-konceptet, som bygger på att välja kvalitetsmaterial och minska storleken på påkänningar i konstruktionen, har visat betydligt längre livslängd än konstruktionen med konventionella massabeläggningar. Livslängden för sträckan med FAS-konceptet är flera gånger längre än referenssträckan.

Den alternativa bärlagermassan, Viacobase 22, har visat betydligt längre livslängd än den konventionella bärlagermassan AG22.

Användning av ett styvt bindlager har gett upphov till lägre töjningar i underkant av bärlagret hos FAS-konstruktionen trots att bärlagret Viacobase har lägre styvhet än det konventionella AG-bärlagret.

På grund av den långa livslängden kan man klassa FAS-konstruktionen som ”Long live pavement”. Töjningarna i underkant beläggning är små och risk för belastningssprickor i underkant blir mycket liten.

Det kan rekommenderas att metodiken bör provas på fler objekt, exempelvis på LTPP-sträckor. Det vore värdefullt att utföra fallviktsmätningar vid flera klimatperioder för beräkning av töjningar med avseende på fältförhållanden.

Metodiken kan användas vid bestämning av konstruktionens restvärde ur synpunkten teknisk livslängd under förutsättning att sprickor inte har inträffat i konstruktionen.

Metodiken kan åberopas vid sidoanbud och vid funktionsentreprenader.

Referenser

- Hermansson, Å: *Mathematical model for calculation of pavement temperatures*. TRR 1764, 2001.
- Huhtala, M. 1996: "Skiftfaktorer lab/fält" NVF seminarium, 7 mars 1996 Arlanda, Wiman L.G. (red.), VTI särtryck 259, 1996.
- Jacobson, T. 2007: "Återvinning av tjärasfalt och krossad asfaltbeläggning vid motorvägsbygget på E4 vid Markaryd". VTI notat 9-2007.
- Jacobson, T. Hornwall, F. 1999: "Försök med polymermodifierade bindemedel i skelettasfalt och tät asfaltbetong: Provvägsförsök E18/E20, Örebro-Arboga. Slutrapport 1999". VTI notat 79-1999.
- Jansson, H. 1994: "A simple structural index based on FWD measurements" Proceedings of the 4th Int. Conf. on the Bearing Capacity of Roads and Airfields, p. 458, Minnesota, USA.
- Monismith C.L. 1966 "Asphalt mixtures behaviour in repeated flexure" Report no. TE-66-6, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California, 1966.
- Nilsson, R., Said, S.F., Hakim, H. och Hermansson, Å. 2005: "Läkningsinverkan på utmattningsgenskaper hos asfaltbeläggningar" SBUF, ID 11432, 2005.
- Said, S.F. 1995 "Bestämning av utmattningshållfasthet hos asfaltbetong genom pulserande pressdragprovning" VTI notat 38-1995.
- Said, S.F. 1996: "Skiftfaktorer lab/fält" NVF seminarium, 7 mars 1996 Arlanda, Wiman, L.G. (red.), VTI särtryck 259, 1996.
- Said, S.F. 1997: "Variability in roadbase layer properties conducting indirect tensile test" 8th International Conference on Asphalt Pavements, ISAP Seattle 1997.
- Said, S.F. 2005: "Aging effect on mechanical characteristics of bituminous mixtures" TRR 1901, 2005.
- Viman, L. och Eriksson, L. 1997: "Prov med olika överbyggnadstyper, Laboratorieprovningar av bitumenbundna lager" VTI notat 56:2-1997.
- Wiman, L.G. 1997: "Prov med olika överbyggnadstyper, Byggnadsrapport" VTI notat 56:1-1997.
- Wiman, L.G. 2002: "Prov med olika överbyggnadstyper, Resultatrapport efter 5 års uppföljning, 1996–2001" VTI notat 52-2002.
- Wiman, L.G., Carlsson, H., Viman, L. och Hultqvist, B-Å. 2005: "Prov med olika överbyggnadstyper", VTI notat 25-2005.
- Wiman, L.G. 2007: "Slutrapport E6 Fastarp–Heberg, 10-årsrapport" Utkast, VTI.
- Ulmgren, N. 1997: "Provväg E6 Fastarp–Heberg, FAS-konceptet" Rapport 96-8 ASFALT, NCC Industri 1997.
- Ulmgren, N. and Lundström, R 2006: "The SMA-principle applied to Wearing, Binder and Base Course Layers – the VIACO-concept" 10th International Conference on Asphalt Pavements, ISAP Québec 2006.
- Ulmgren, N. 2007: "VIACOBASE E6 Fastarp–Heberg Styvhetsmodul bundna bärlager efter 10 år". Rapport 2007-08, NCC Roads AB.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovingsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.



HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE

LINKÖPING

POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING

TEL +46 (0)13 20 40 00

www.vti.se

BORLÄNGE

POST/MAIL BOX 760

SE-781 27 BORLÄNGE

TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM

POST/MAIL BOX 6056

SE-171 06 SOLNA

TEL +46 (0)8 555 77 020

GÖTEBORG

POST/MAIL BOX 8077

SE-402 78 GÖTEBORG

TEL +46 (0)31 750 26 00