VTI notat 2 · 2004

VTI notat 2-2004

Validering av PMS Objekt

Delmoment för nybyggnation

Författare	Nils-Gunnar Göransson
FoU-enhet	Drift och underhåll
Projektnummer	80568
Projektnamn	Validering av PMS Objekt
Uppdragsgivare	Vägverket

Väg- och transport-
forskningsinstitutet

Förord

Dimensionering enligt ATB VÄG 2003 kan utföras med hjälp av PMS Objekt, ett beräkningshjälpmedel för dimensionering av vägars bärighet, vid nybyggnad eller förstärkning/underhåll. Även analys av en vägs tjällyftning innefattas.

Sedan mitten av 80-talet finansierar Vägverket VTI:s uppföljning av observationssträckor (LTPP). Dessa är utvalda från normenligt byggda objekt, ingående i det statliga belagda vägnätet. Inriktningen är i första hand fokuserad på nedbrytningen som orsakas av tung trafik. En databas byggs upp innehållande en mängd data som beskriver en vägs tillstånd och vad den utsätts för, från nybyggd och framåt i tiden. Det faktum att flera objekt följts sedan ursprungskonstruktionen varit oskadad och sedermera utvecklat tillväxt av bärighetsbetingade sprickor ligger till grund för hypotesen att lämpligheten för validering av PMS Objekts delmoment för nybyggnation med hjälp av beräknade sprickindex (Si) bör vara mycket stor. Dock med reservation för att de uppföljda vägarna är byggda efter dåtidens krav och specifikationer.

Ett flertal objekt har åtgärdats medan uppföljningen pågått och sprickor har åter uppstått efter en tids trafikering. Detta möjliggör även validering av delmoment förstärkning (fortsatt forskning).

Kontaktperson från VV:s sida har Tomas Winnerholt varit och till projektidé och ledning vid VTI har Lars-Göran Wågberg bidragit.

Linköping mars 2004

Nils-Gunnar Göransson
Forskningsingenjör

Innehållsförteckning

		Sid
Sammanfattning		**5**
1	**Målsättning**	**7**
2	**PMS Objekt**	**7**
3	**LTPP-Databas**	**8**
4	**Ingående data**	**9**
4.1	Okulär tillståndsbedömning	10
4.2	Beräkning av sprickindex	10
4.3	Kriterier för urval av sträckor	13
4.4	Presentation av valda sträckor	13
4.5	Bearbetning av data	19
5	**Metod och resultat**	**21**
5.1	Underkant bitumenlager	21
5.2	Terrassyta	23
5.3	Vertikal trycktöjning (strain) i terrassytan	24
6	**Slutsats och fortsättning**	**25**
7	**Referenser**	**26**

Bilaga

Sammanfattning

Genom att nyttja, av VTI, insamlad data för ett stort antal vägsträckor (LTPP) har Vägverkets dimensioneringsprogram PMS Objekt, delmoment för nybyggnation, validerats. Detta har möjliggjorts genom jämförelse av den förväntade livslängden som beräknats av PMS Objekt gentemot den faktiska.

Följande bör dock beaktas:

- De uppföljda vägarna är byggda efter dåtidens krav och specifikationer, inte enligt ATB VÄG 2003
- Passerande ekvivalent antal standardaxlar (N100) för ingående sträckor uppgår till mellan 50 och 500 per dygn.

Strategin som användes kan kort beskrivas som följer:

- I PMS Objekt inmatades uppgifter om befintlig konstruktion och tung trafik vilket ledde fram till en beräknad, förväntad, livslängd
- I långtidsuppföljningen ingår en skadekartering som ligger till grund för ett årligt framräknat Sprickindex (Si). När detta värde uppnår en viss storlek användes det som "facit" för när en beläggnings livslängd uppnåtts.

Metoden visade sig vara framgångsrik när det gällde att hitta sambandet mellan beräknad och inventerad livslängd för det bitumenbundna lagret:

$$\mathbf{ÅR_{verkl} = 0{,}5537 * ÅR_{PMS\ O} + 5{,}3019} \qquad \mathbf{R^2 = 0{,}82}$$

Där	$ÅR_{verkl}$	är den faktiska, verkliga, livslängden enligt LTPP
	$ÅR_{PMS\ O}$	är den förväntade, beräknade, livslängden enligt PMS Objekt
	R^2	är förklaringsgraden

Förklaringsgraden kan anses hög trots att de verkliga trafikbelastningarna inte är kända. Dessutom kan lagertjocklekar och ingående material skilja sig från de i bygghandlingar angivna, som här använts.

Även bärighetskontroll av påkänningar från axellaster i terrassytan och enstaka trycktöjningar belyses i notatet, dock ej med lika uttalade samband mellan beräkning och verklighet, om sprickutvecklingen sätts i fokus. Detta är inte så förvånande eftersom påkänningar på terrassen i första hand påverkar deformation på olika nivåer i konstruktionen och därmed spårbildning på ytan.

Uttrycket livslängd kan vara ett svårdefinierbart begrepp. Detta notat visar exempel på hur skadad en vägs yta, vad gäller sprickbildning, är när livslängden kan anses uppnådd.

1 Målsättning

Målsättningen med detta projekt är att validera dimensioneringskriterierna i PMS Objekt. I denna fas av uppdraget är det dimensionering av nybyggda vägkonstruktioner som fokus riktats på. Valideringen har gjorts med hjälp av LTPP-data som systematiskt samlats in i det svenska programmet för långtidsuppföljning av observationssträckor. I en databas finns tillståndsdata både från nybyggnadsobjekt och från underhålls-/förstärkningsobjekt. Genom att jämföra livslängden som PMS Objekt ger med den faktiska livslängden som dokumenterats i LTPP-projektet bör det vara möjligt att validera och eventuellt även kalibrera beräkningshjälpmedlet PMS Objekt.

2 PMS Objekt

PMS Objekt (version 3.1) är ett beräkningshjälpmedel för dimensionering av vägars bärighet, nybyggnad eller förstärkning/underhåll. Även analys av en vägs tjällyftning ingår. PMS Objekt är framtaget för att stödja dimensionering av en väg enligt ATB VÄG.

Enligt ***PMS Objekts Manual*** kan följande beräkningar göras i programmet:

- Trafikberäkning för att beräkna ekvivalent antal standardaxlar vilka vägen kommer att trafikeras av under dimensioneringsperioden. Det finns även möjlighet att beräkna passerad trafik
- Bärighetsberäkning som kontrollerar att den tänkta vägkonstruktionen klarar förväntad trafik
- Tjälberäkning för att kontrollera hur vägkonstruktionen står emot förväntade tjällyft i undergrunden.

Det finns dessutom sju avancerade funktioner som programmet tillhandahåller:

- Trafikberäkning och bärighetsberäkning med hjälp av olika axelspektrum
- Avancerad bärighetsberäkning där deformation, spänning och töjning beräknas på godtycklig punkt i en befintlig konstruktion
- Avancerad enstaka lastberäkning som beräknar trycktöjningar i terrassytan för olika lastkonfigurationer på en befintlig konstruktion
- Beläggningsslitage som kontrollerar slitage och hållbarhet för en tänkt beläggning
- Massabeläggningens egenskaper för att beräkna beläggningens utmattning
- Fallviktberäkning som utifrån en utförd fallviktsmätning beräknar E-moduler i en trelagerkonstruktion
- Volym och kostnadsberäkning som beräknar mängden material och kostnader för detta för den aktuella konstruktionen.

De E-moduler och materialparametrar som finns i PMS Objekt databas skall ses som riktvärden. Vid behov uppdateras dessa. Temperaturfiler som används vid

tjällyftningsberäkningen byts även de ut vid behov. Översyn av dessa filer sker en gång per år och eventuella utbyten av "dimensionerande vintrar" meddelas på PMS Objekts hemsida.

3 LTPP-Databas

Vägverket finansierar VTI:s uppföljning av observationssträckor. Projektverksamheten påbörjades 1984 på ett begränsat antal sträckor. Under årens lopp har antalet utökats kontinuerligt och uppgår, vid årsskiftet 2003/2004, till 655 st. fördelade över 66 objekt. Dock har uppföljningen avslutats på ett antal under de senaste 10 åren. För närvarande är 359 sträckor fördelade över 36 objekt aktiva.

Vägavsnitt är utvalda från normenligt byggda objekt, ingående i det statliga belagda vägnätet. Arbetet omfattar uppföljning av tillståndsutvecklingen på 100 meter långa, observationssträckor (i de flesta fall i båda körriktningarna). Inriktningen är i första hand fokuserad på nedbrytningen som orsakas av tung trafik. Detta arbete består av insamling av en mängd olika data som beskriver vägavsnittens tillstånd: synliga skador, ojämnheter längs och tvärs samt strukturell styrka. Dessutom insamlas en mängd uppgifter om vägens uppbyggnad, trafikens sammansättning, klimatförhållanden m.m. Samtidigt följs utförda underhållsåtgärder ingående. Målsättningen är att samla in, bearbeta och leverera data av hög kvalitet som primärt skall kunna användas vid utveckling av modeller som beskriver vägars tillståndsförändring

Detta innebär att en databas byggs upp innehållande en mängd data som beskriver en vägs tillstånd och vad den utsätts för, från nybyggd och framåt i tiden.

Varje år rapporteras aktiviteten inom projektet i en lägesrapport. I form av ett Notat presenteras i första hand den insamling av nya data som skett (Göransson och Wågberg, 2003).

Insamlingen av data förväntas fortsätta flera år framåt i tiden. Från och med 2002-02-11 är databasen LTPP-2001.mdb tillsammans med Manual till LTPP-2001.pdf (Göransson & Wågberg, 2002) tillgängliga via VV: s hemsida på adress: (www.vv.se/publ_blank/bokhylla/ATB/atb_vag/db.htm).

Tanken är att databasen ska uppdateras årligen. Således ändras årtalet i namnet efter det år som ingående data omfattar.

Microsoft Access 2000, ett databashanteringssystem för relationsdatabaser inom Microsoft Windows, används. All mätdata och uppgifter finns registrerade som enskilda poster, men är uppdelade i flera **tabeller**, ***Tabell 1***, som i sin tur kan kombineras med s.k. **frågor**. Detta under förutsättning att någon post är gemensam för den eller de tabeller som önskas kombineras. Frågorna används även vid urval, grupperingar och beräkningar. Inom systemet finns även möjlighet att utforma **formulär** och **rapporter**.

Som exempel på användning kan nämnas att VTI under år 2000, på uppdrag av KFB, utvecklade sprickinitierings- och sprickpropageringsmodeller för sprickor som uppstår på grund av trafikbelastning (Wågberg, 2001). Tillvägagångssättet liknade till stor del det som tidigare använts inom EU-projektet PARIS (Performance Analysis of Road Infrastructure). Uppgifter har även i ett flertal olika sammanhang använts av uppdragsgivaren, Vägverket. Databasen har dessutom, under flera år, legat som grund till flera doktorand- och examensarbeten vid tekniska högskolan i -Stockholm, -Lund, -Linköping,

-Dalarna och -Helsingfors (Jämsä, 2000). På senare tid har även företag i asfaltbranschen visat intresse och uttryckt sin uppskattning för LTPP-Databas.

Tabell 1 *Databasens innehåll efter år 2003.*

Tabell	Antal poster	Innehåll
Objekt	66	Läge, klimat m.m. för varje objekt
Sträcka	655	Undergrund, överbyggnad m.m. för varje sträcka
Åtgärd	2 930	Asfaltbundna lager för varje sträcka
FWDpunkter	40 600	Fallviktsdata från varje mätpunkt
RST-11	14 600	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 11 lasrar, 3,2 m mätbredd
RST-15	4 940	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 15 lasrar, 3,6 m mätbredd
RST-17	5 100	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 17 lasrar, 3,2 m mätbredd
RST-19	3 450	Data för varje sträcka, riktning och mättillfälle; 19 lasrar, 3,6 m mätbredd
Profillinjer	21 900	Tvärprofildata från varje mätsektion
Trafikårsmedel	620	Trafikdata för varje sträcka
Besiktningar	46 700	Varje enskild observation per sträcka
Väderårsmedel	1 990	Årssammanställning från SMHI: s mätstationer
Sprickindex	8 040	Indexering av belastningsskador efter grad och utbredning per sträcka och besiktningstillfälle

4 Ingående data

I beräkningsprogrammet PMS Objekt efterfrågas en hel del indata som hämtas från LTPP-databasen.

- Klimatzon
- Län
- Antal körfält
- Typsektion
- Bredd (Väg, Vägren, Körfält)
- Trafikberäkning
  - Ekvivalent antal standardaxlar
- Konstruktionens uppbyggnad
  - Materialtyp, terrass
  - Överbyggnadstyp
- Närbelägen VVIS-station
- m.m.

När beräkningarna i PMS Objekt gjordes nyttjades inte de avancerade funktionerna, utan de föreslagna värdena (default) fick stå orörda.

4.1 Okulär tillståndsbedömning

Inom LTPP-projektet besiktigas varje sträcka årligen med undantag av dem som åtgärdats heltäckande året innan, eftersom risken för uppkomna skador kan anses som minimal på dessa.

Normalt besiktigas de sträckor vars slitlager består av asfaltbetong på hösten. Däremot, de objekt som ska åtgärdas besiktigas på våren, likaså de vars slitlager består av ytbehandling, pga. att en viss risk för ”läkning” av eventuella sprickor under varma sommardagar förekommer. Samtliga besiktningar utförs av **två** samtränade personer, vilket borgar för hög kvalitet vad gäller enhetlig bedömning av exempelvis svårighetsgrad.

Instruktionen för den **besiktning** som ligger till grund för tillstånds-bedömningen lyder sålunda:

1. Sträckan inspekteras på plats (förrättningsmannen går till fots utmed sträckan). Läget för vidkommande observationer i längdled bestäms genom användning av mäthjul samt i tvärled genom okulär bedömning av placering i förhållande till tvärsektionens utseende och spårbild.
2. Vilken skadetyp/defekt eller typ av lagning/försegling som ev. upptäckts avgörs (enligt ”Bära eller brista”, Wågberg, 2003):
   - ∉ Längsgående spricka i spår
   - ∉ Tvärgående spricka i spår
   - ∉ Spricka i spårkant
   - ∉ Krackelering
   - ∉ Spricka ej i spår (exempelvis tjälspricka)
   - ∉ Fogspricka i vägmitt
   - ∉ Fogspricka i vägkant
   - ∉ Spricka tvärs vägen
   - ∉ Spricka på vägren
   - ∉ Slaghål
   - ∉ Stensläpp
   - ∉ Blödning
   - ∉ Separation
   - ∉ Lappning
   - ∉ Försegling
3. Sprickans/krackeleringens svårighetsgrad (1–3) och ev. lagningsgrad i % bedöms.
   1. Hårfin, sluten/slutna. Inget material har lossnat från beläggningen
   2. Öppen/öppna. Inget eller endast lite material har lossnat från beläggningen
   3. Avsevärt öppen/öppna. Material har lossnat från beläggningen
4. Läget för observationen ritas in i protokoll samt skadetypens svårighetsgrad anges.

4.2 Beräkning av sprickindex

Varje skada, i detta sammanhang belastningsbetingad spricka i eller omedelbart utanför hjulspåren, är för varje enskilt besiktningstillfälle lagrad i databasen med data som beskriver sprickans typ, svårighetsgrad, sidoläge samt en längdangivelse som beskriver var sprickan börjar respektive slutar. Sprickor som är kortare än 1 meter noteras i besiktningsprotokollet som 1 meter lång. För att göra det möjligt

att hantera denna information har ett sprickindex (Si) beräknats. Sprickindex ökar med ökad svårighetsgrad och utbredning men påverkas också beroende på typen av spricka.

Sprickindex (Si) har beräknats enligt följande:

Sprickindex (Si) = 2 * Kr (m) + LSpr (m) + TSpr (st)

där

Kr (Krackelering) = $Kr_{låg}$ (m) + 1,5 * Kr_{medel} (m) + 2 * $Kr_{svår}$ (m)
LSpr (Längsgående) = $LSpr_{låg}$ (m) + 1,5 * $LSpr_{medel}$ (m) + 2 * $LSpr_{svår}$ (m)
TSpr (Tvärgående) = $TSpr_{låg}$ (st) + 1,5 * $TSpr_{medel}$ (st) + 2 * $TSpr_{svår}$ (st)

Låg, medel och svår står för svårighetsgrad enligt ”Bära eller brista”
(m) står för längd i meter
(st) står för stycken (antal)

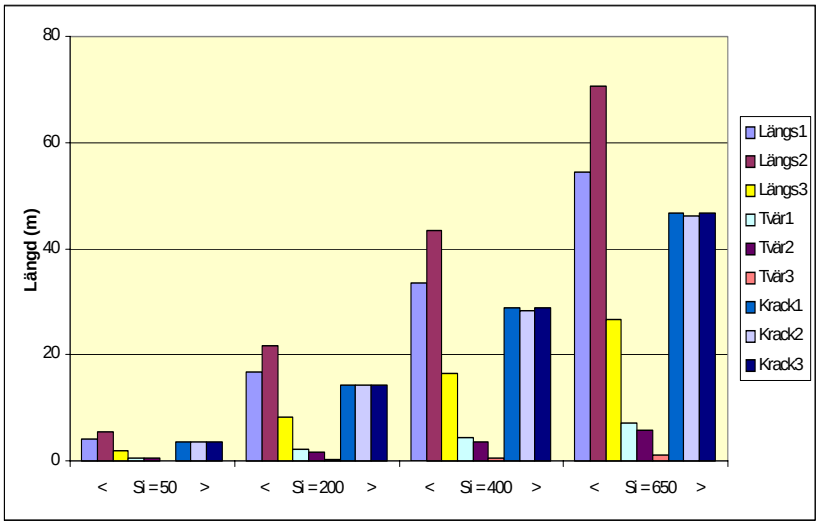
Det är således varje skadas längd, vid tvärgående sprickor i hjulspår dock antal, som multipliceras med faktor 1 om svårighetsgraden är låg, faktor 1,5 om svårighetsgraden är medelsvår respektive 2 om svårighetsgraden bedöms som svår. När det sammanlagda sprickindexet för ett vägavsnitt beräknas multipliceras den sammanlagda krackeleringens längd med faktor 2.

Ett stort antal olika viktningskoefficienter för både skadetyp och svårighetsgrad har kombinerats och provats vid ett flertal tidigare arbeten. Ovanstående viktningskoefficienter har visat sig fungera alldeles utmärkt för att erhålla en nära nog linjär sprickutveckling i tiden. Högsta möjliga sprickindex per 100 m observationssträcka (svåraste graden av krackelering i fyra hjulspår) är Si = 1600.

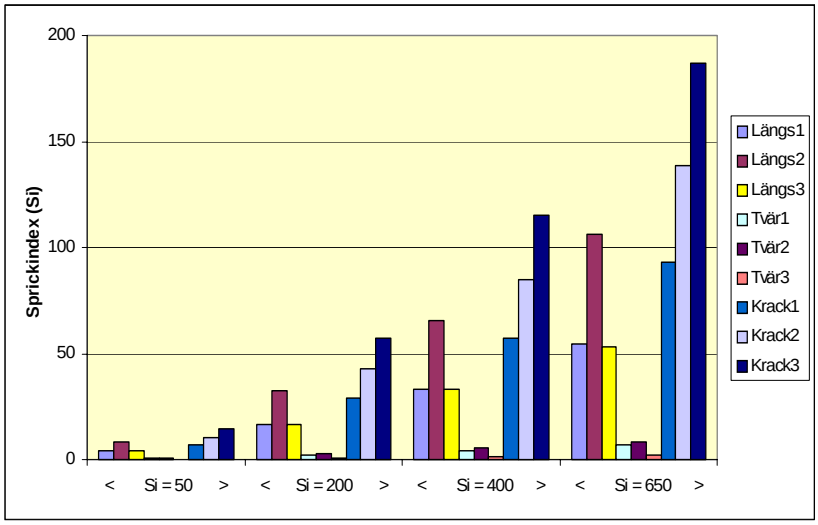
Ett besiktningsprotokoll och beräkning av sprickindex för en enskild observationssträcka visas i Bilaga 1. Exempel på vad sprickindexets storlek motsvarar i form av sprickbildning åskådliggörs i ***Tabell 2 samt i Figur 1 och Figur 2***. Storleksfördelningen mellan skadetyper och svårighetsgrader är hämtad från alla de bärighetsberoende skador som finns lagrade i LTPP-databas (anges därför med en decimal som annars inte förekommer).

Tabell 2 *Exempel på hur Sprickindex 50, 200, 400 respektive 650 kan uppnås. Nr 1, 2 och 3 står för svårighetsgraderna låg, medel respektive svår.*

	m	antal	Si	m	antal	Si	m	antal	Si	m	antal	Si
Längs 1:	4,2		4	16,7		17	33,4		34	54,4		54
Längs 2:	5,4		8	21,7		32	43,5		65	70,6		106
Längs 3:	2,0		4	8,2		16	16,4		33	26,6		53
Tvär 1:		0,6	1		2,2	2		4,4	4		7,2	7
Tvär 2:		0,4	1		1,7	3		3,5	5		5,7	9
Tvär 3:		0,1	0		0,3	1		0,6	1		1,0	2
Krack 1:	3,6		7	14,4		29	28,7		58	46,7		94
Krack 2:	3,5		11	14,2		42	28,4		85	46,1		138
Krack 3:	3,6		14	14,4		58	28,8		115	46,8		187
Summa:			**50**			**200**			**400**			**650**



Figur 1 *Sprickornas längd som ger sprickindex 50, 200, 400 respektive 650.*



Figur 2 *Sprickornas index som tillsammans ger sprickindex 50, 200, 400 respektive 650.*

4.3 Kriterier för urval av sträckor

För att valideringen skulle bli så säker som möjligt och inte innehålla allt för avvikande (extrema) värden sattes ett antal kriterier, för ingående LTPP-sträckor, upp. Följande måste uppfyllas:

- Minst 3 år av sprickbildningsutveckling skall vara registrerat
- Det senaste (största) sprickindexet skall överstiga 50
- Beräknat antal passerande N100 per dygn skall vara mellan 50 och 500.

Dessutom fanns önskemål om följande:

- Flera olika klimatzoner representerade
- Flera materialtyper/tjälfarlighetsklasser för terrassen representerade.

Detta innebar en viss reducering av antalet sträckor som följs eller följts kontinuerligt, men återstoden kunde ändå anses vara tillräcklig.

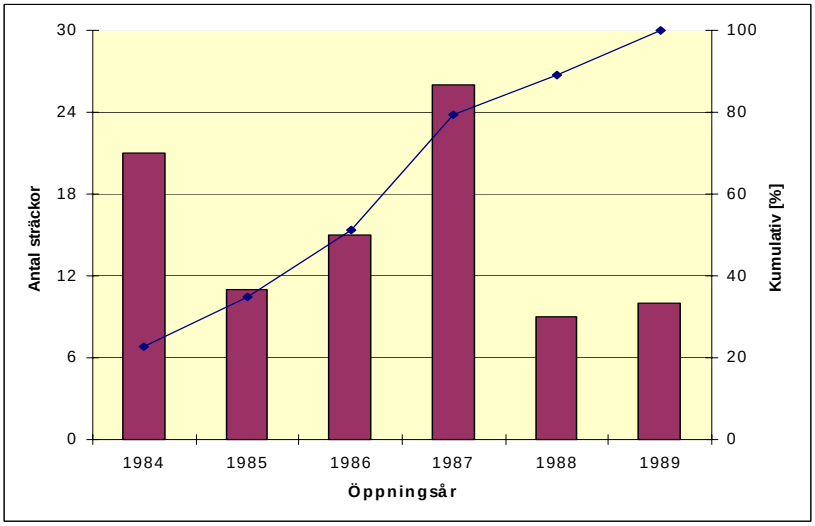
4.4 Presentation av valda sträckor

När ovanstående kriterier (kapitel 4.3) uppfyllts innebar det att 92 observations-sträckor (100 m långa) fördelade över 11 objekt, där ibland flera konstruktioner eller förutsättningar ingår (totalt 17 delobjekt), kom att ligga till grund för valideringen. Den geografiska placeringen samt län, väg och närliggande ort visas i ***Figur 3.***

Figur 3 *Observationsobjektens/-sträckornas läge och antal (11 Objekt, 17 Delobjekt, 92 Sträckor).*

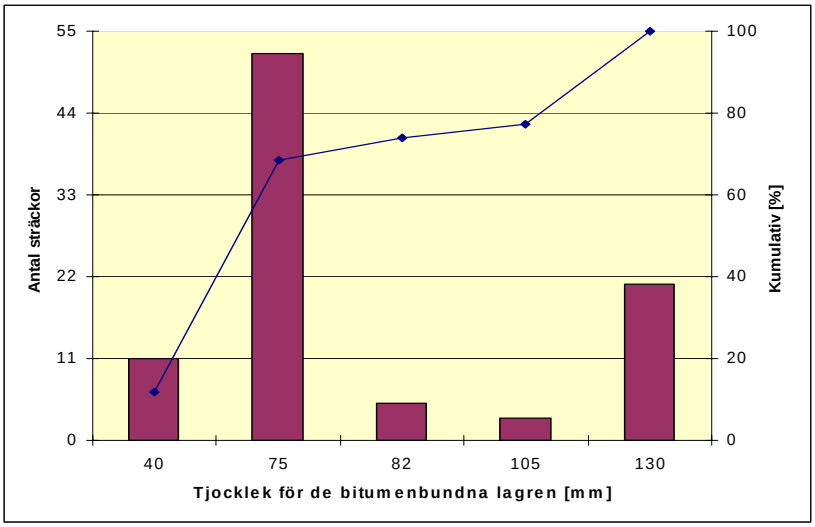
		Konstruktion inom objekt			
Län-Väg	**Närliggande ort**	**1**	**2**	**3**	**Totalt**
E-34	Skeda Udde	15			15
G-126	Moheda	6	5		11
G-23	Älmhult	6	4		10
H-34	Målilla	10			10
M-103	Lund	6			6
P-46	Trädet	2	3		5
T-207	Hjälmarsberg	2	3		5
U-252	Hallstahammar	6			6
U-53	Kvicksund	3			3
W-80	Bjursås	10			10
X-67	Hedesunda	6	3	2	11
				Summa:	**92**

Som tidigare nämnts startade uppföljningen av observationssträckor (LTPP) i mitten av 80-talet. Det får till följd att ingående sträckor som uppnått tillräckligt högt sprickindex och har ett antal år av sprickbildning bakom sig, färdigställdes mellan år 1984 och 1989, ***Figur 4***.

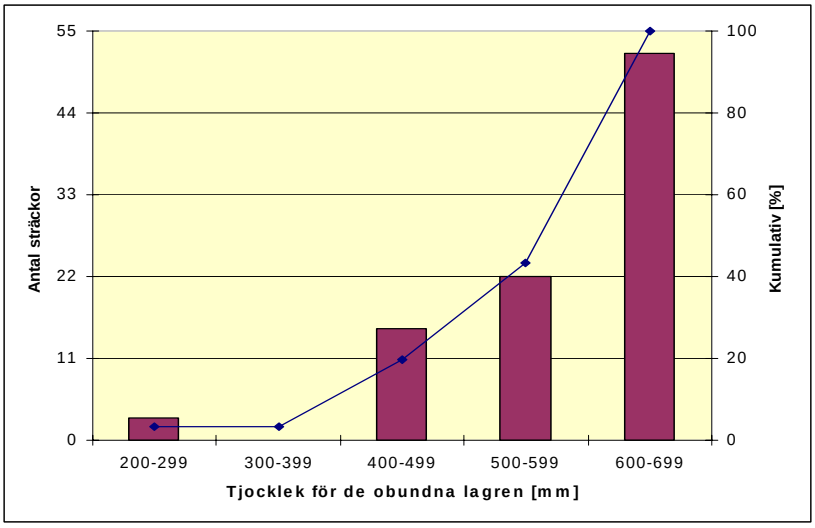


Figur 4 *År när sträckorna öppnades för trafik.*

De bitumenbundna lagrens nominella tjocklek, enligt bygghandlingarna, varierar från 40 mm upp till 130 mm, ***Figur 5*** och obundna lagers tjocklek fördelar sig mellan 200 och 700 mm, ***Figur 6.***

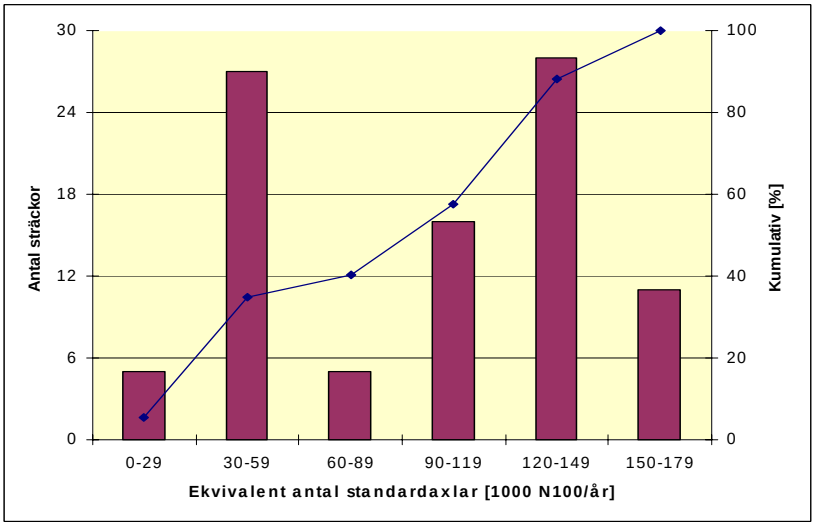


Figur 5 *De bitumenbundna lagrens tjocklek.*



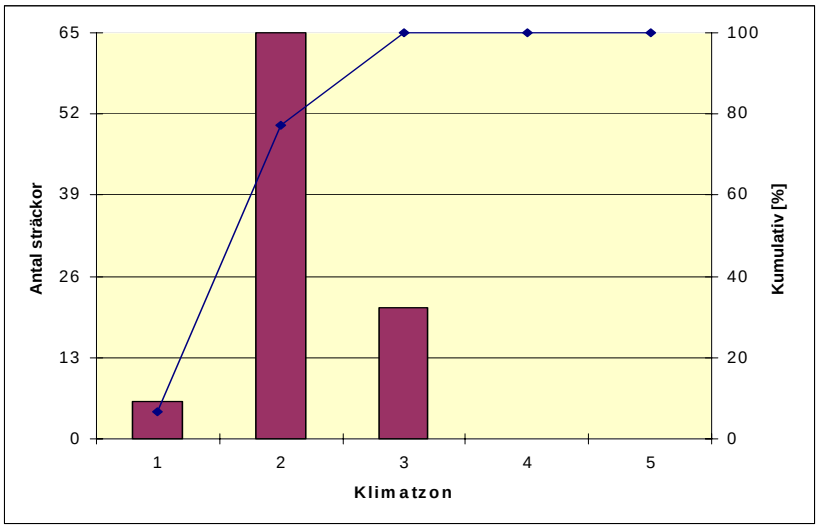
Figur 6 *De obundna lagrens tjocklek.*

Tung trafik brukar i nedbrytnings-/dimensioneringssammanhang uttryckas som passerande ekvivalent antal standardaxlar (N100). Detta gäller även i PMS Objekt. I ***Figur 7*** presenteras vad de ingående sträckorna genomsnittligen utsatts för per år. N100 är framtaget från mätning av passerat antal tunga axlar vid ett eller flera tillfällen. Det största antalet beräknades till 179 000 N100 per år eller ca 490 per dygn.



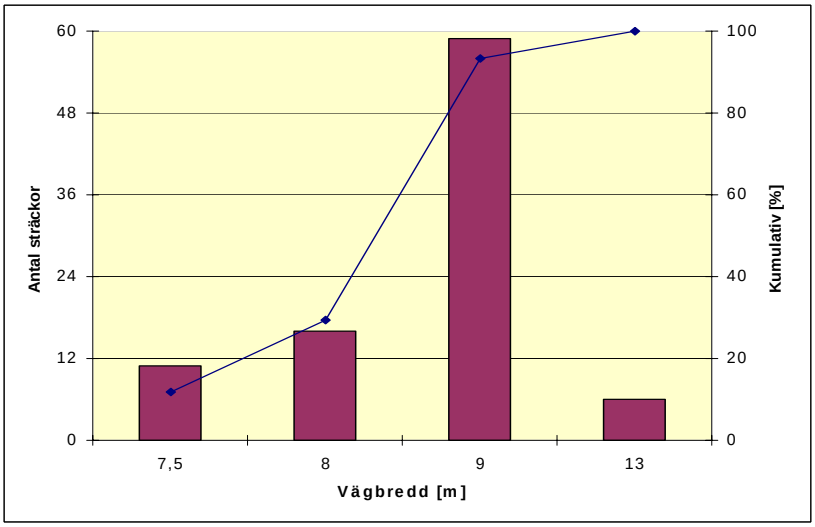
Figur 7 *Fördelningen av ackumulerat ekvivalent antal standardaxlar per år.*

Som tidigare visats är sträckorna belägna från Lund i söder till Bjursås, Dalarna, i norr. Det innebär att klimatzonerna 1, 2 och 3 är representerade, ***Figur 8***.



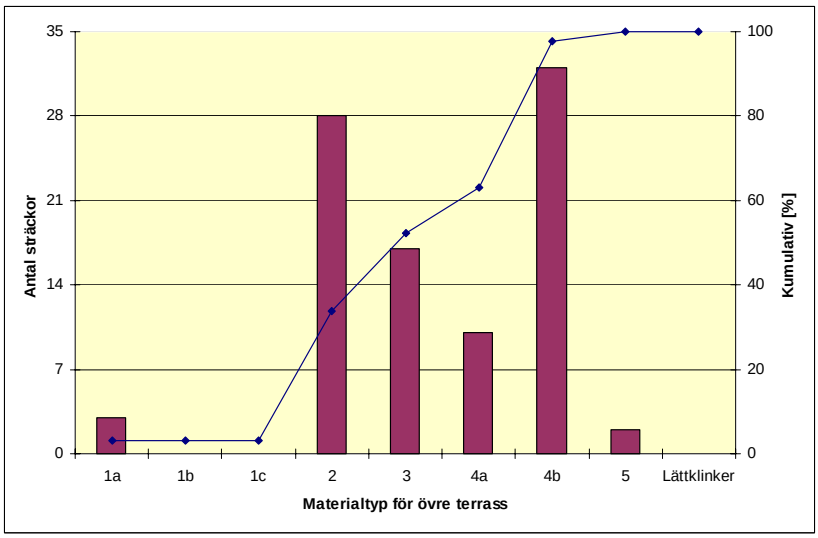
Figur 8 *Klimatzon där sträckorna är belägna.*

Huvuddelen av sträckorna har vägbredden 9 m. Det betyder att körfältsbredden är 2 ggr 3,75 m. Endast ett objekt, vid Lund, har breda vägrenar (3 m), ***Figur 9.***



Figur 9 *Vägbredd för ingående sträckor.*

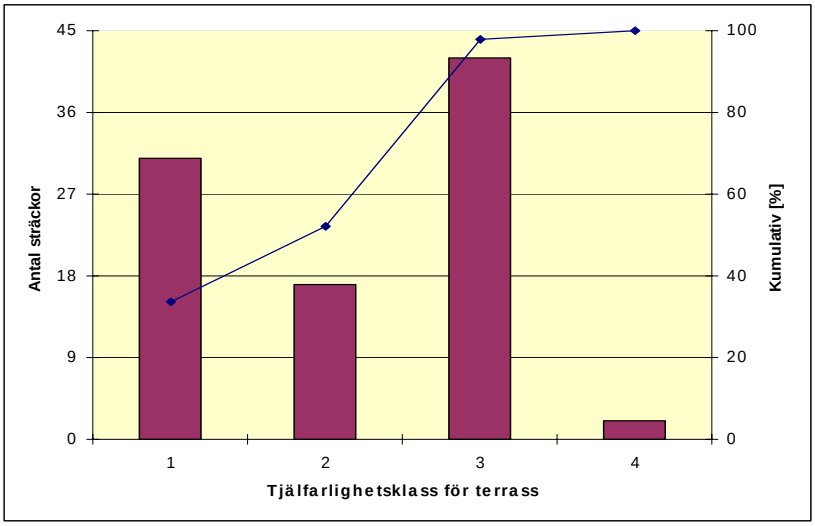
En av ingångsparametrarna som efterfrågas i PMS Objekt är terrassens materialtyp. Många av sträckorna ligger på finkorniga jordarter, 4b, hit hör lera. Andra vanligt förekommande materialtyper är moräner och grovkorniga jordarter, 2, hit hör exempelvis sand, ***Figur 10.***



Figur 10 *Den övre terrassens materialtyp enligt ATB VÄG 2003.*

1a: Fast berg
1b: Sprängsten
1c: Krossad sprängsten
2: Grovkornig jord
3: Blandkornig jord, finjordshalt <= 30 %
4a: Blandkornig jord, finjordshalt > 30 %
4b: Finkornig jord, lerhalt > 40 %
5: Finkornig jord, lerhalt <= 40 %.

De materialtyper för terrassen som visades ovan fördelar sig inom tjälfarlighetsklass enligt nedan, ***Figur 11.***



Figur 11 *Den övre terrassens tjälfarlighet*

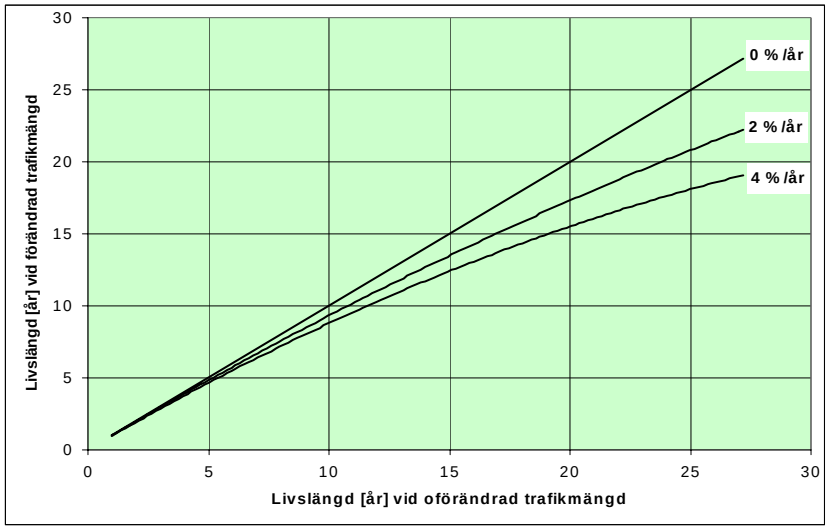
1: Icke tjällyftande jordarter
2: Något tjällyftande jordarter
3: Måttligt tjällyftande jordarter
4: Mycket tjällyftande jordarter

4.5 Bearbetning av data

Tillvägagångssätt, för varje objekt eller del av objekt med lika förutsättningar, var följande:

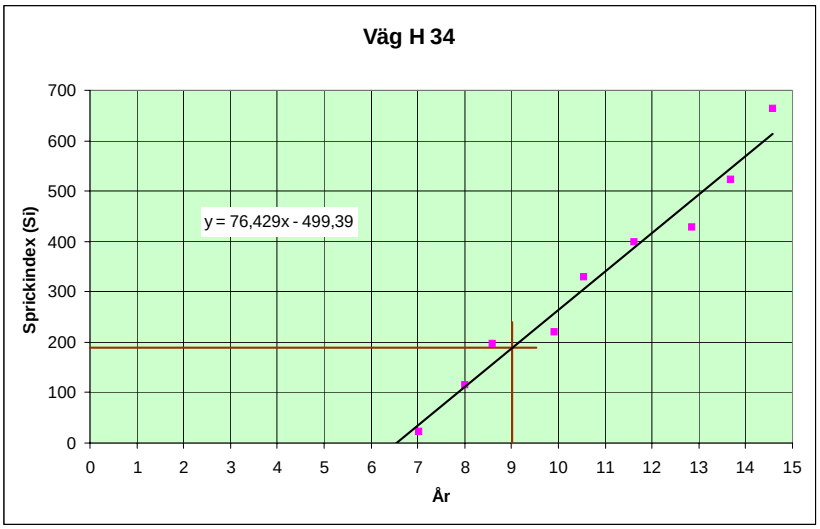
- Uttag från databasen av erforderliga uppgifter för användande i PMS Objekt
- Trafikberäkning för en 20-årsperiod, utgående från ekvivalent antal standardaxlar (trafikökningen antogs vara 2 % per år)
- Bärighetsberäkningar i PMS Objekt
- Beräkning av värden för a och b i formeln för sprickbildningstillväxt i tiden enligt $y=a*x+b$.

En osäkerhet i beräkningarna finns bl.a. när det gäller trafikbelastning. Dels är antagandet att trafikökningen för alla sträckor skall ha varit 2 % säkerligen inte helt riktigt och dels är inte de verkliga axellasterna kända. I ***Figur 12*** visas hur exempelvis livslängden förkortas om trafikökningen varit 4 % istället. När det gäller axellaster har på senare tid mätningar från instrumenterade broar (Bridge WIM) visat att lasterna kan variera betydligt. I vissa fall förekommer betydande övervikter, vilket kan få förödande konsekvenser för vägens nedbrytningshastighet.



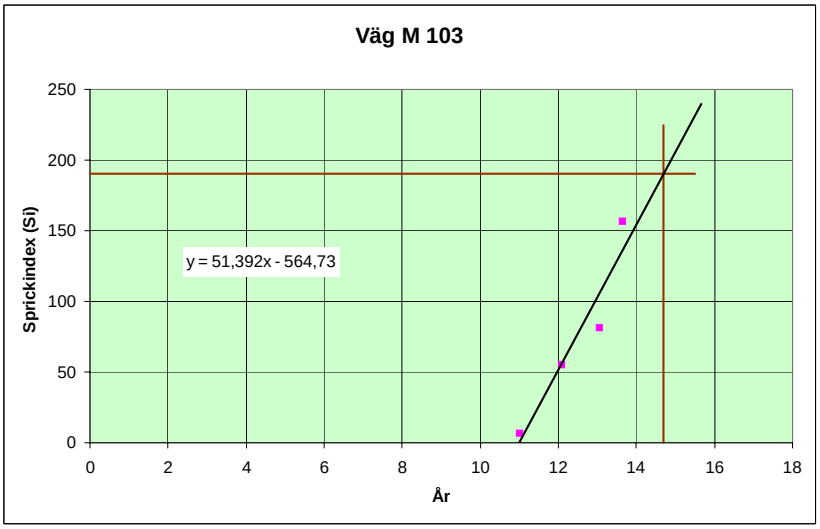
Figur 12 *Livslängden förkortas vid ökad mängd tung trafik.*

Sprickinitiering och Sprickindexets utveckling i tiden kan lätt åskådliggöras i diagramform ***Figur 13.*** Microsoft Excel användes och därmed gavs formeln för trendkurvan (linjär). Som illustrerande exempel har Si = 190 valts. Förklaringen härtill framgår tydligt av kapitel 5.1, längre fram i notatet.



Figur 13 *Sprickindextillväxt för objekt H 34 vid Målilla. Exempelvis inträffar Si=190 efter ca 9 års trafikering sedan trafikpåsläpp.*

Ett krav, enligt kriterierna för urval av sträckor (kapitel 4.3), var att minst tre år av sprickkillväxt skulle vara registrerat och att det största (senaste) Si skulle överstiga 50. För de objekt vars sprickindex ej uppnått tillräckligt höga tal förlängdes trendlinjen för sprickkillväxt enligt formeln för en rät linje, ***Figur 14.*** Detta möjliggjorde antaganden för framtida sprickkillväxt med följd att även dessa objekt kunde ingå i valideringen.



Figur 14 *Sprickindextillväxt för objekt M 103 vid Lund. Si=190* ***antas inträffa*** *efter ca 15 års trafikering.*

5 Metod och resultat

Efter bärighetsberäkningen i PMS Objekt kan tre olika krav eller största tillåtna påkänningar utläsas i programmets rapportutskrift.

- ∉ Dragtöjning i underkant av bitumenbundet lager, ackumulerad, ger N_{till} bb
- ∉ Trycktöjning i terrassytan, ackumulerad, ger N_{till} te
- ∉ Vertikal trycktöjning i terrassytan, enstaka last, ger beräknad strain.

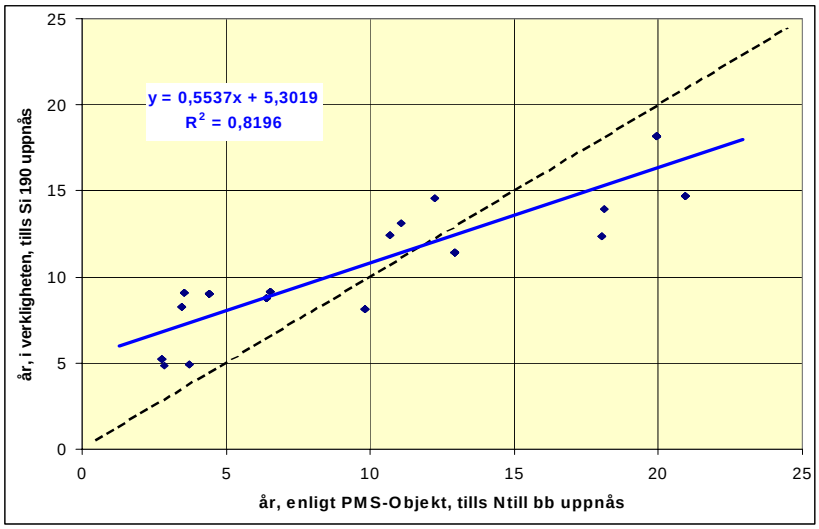
Efter bearbetningen av data (kapitel 4.5) fanns nu möjlighet att beräkna hur lång tid i år det tar tills N_{till} är uppnått samt att notera kvoten mellan beräknad och största tillåtna strain. Dessa uppgifter tillsammans med formeln för sprickbildning (kapitel 4.5) infogades i kalkylark. Grundhypotesen var att sambandet mellan beräknad (enligt PMS Objekt) och inventerad (verklig) livslängd är linjärt men även logaritmisk, potens och exponentiell funktion provades. Olika värden för sprickindex testades tills ett så bra samband (högsta R^2) som möjligt erhölls.

Metoden visade sig vara framgångsrik när det gällde att hitta sambandet mellan beräknad och verklig livslängd för det bitumenbundna lagret (kapitel 5.1). Även en komplettering av rent akademisk karaktär infördes genom att bärighetskontroll av påkänningar från axellaster i terrassytan (kapitel 5.2) och enstaka trycktöjningar (kapitel 5.3) jämfördes mot sprickbildning på ytan. Det resulterade i ej lika uttalade samband, föga förvånande, eftersom påkänningar på terrassen i första hand påverkar deformation på olika nivåer i konstruktionen och därmed spårbildning på ytan.

5.1 I underkant av bitumenbundet lager

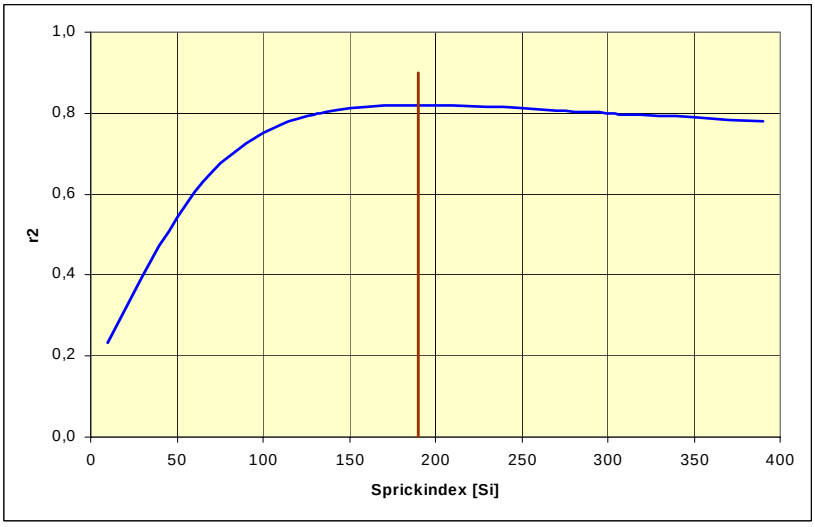
När olika värden för Si provats i kalkylen visade det sig att bäst överensstämmelse mellan beräknad (PMS Objekt) och inventerad (inom LTPP) livslängd uppnåddes med en linjär funktion vid sprickindex 190 (på ytan), ***Figur 15***. Sprickor startar, enligt gängse teorier för i undersökningen ingående lagertjocklekar, i underkant av bitumenbundet lager och vandrar uppåt**.**

Ur diagrammet kan utläsas att beräknad och inventerad livslängd är densamma efter ca 12 års trafikering, ett tämligen vanligt intervall mellan åtgärder för den typ av vägar som ingår i undersökningen. Däremot om beräknad livslängd är 5 år uppnås Si 190 efter ca 8 år och om beräknad livslängd är 20 år blir den verkliga livslängden ca 16,5 år. Vad sprickindex står för i skadehänseende har tidigare illustrerats i kapitel 4.2, dessutom visas ett exempel från utförd besiktning och uträkning av sprickindex i ***Bilaga 1***.



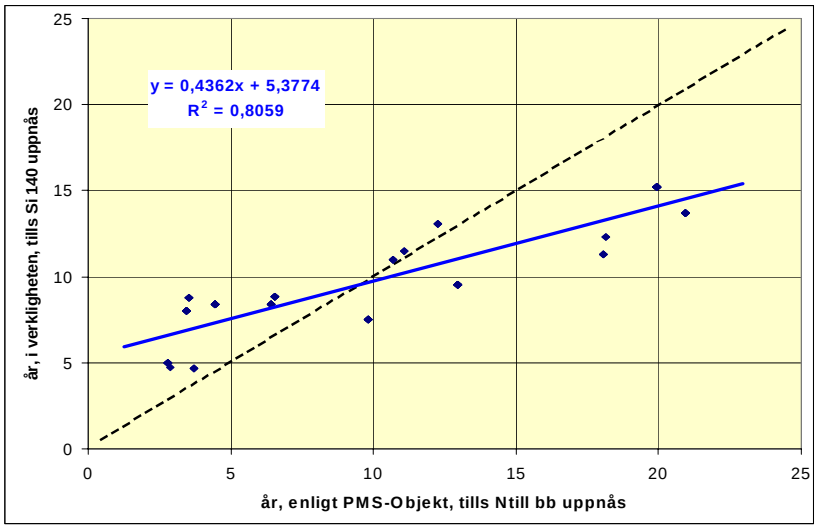
Figur 15 *Linjen - - - står för y = x*
Korrelation mellan beräknad och verklig livslängd, vid Si = 190. Observera att analysen omfattar 17 delobjekt, dock med varierande "tyngd" pga. att dessa 17 innehåller mellan 2 och upp till 15 sträckor.

Hur känslig beräkningen av livslängd i förhållande till använt sprickindex är framgår av ***Figur 16.***

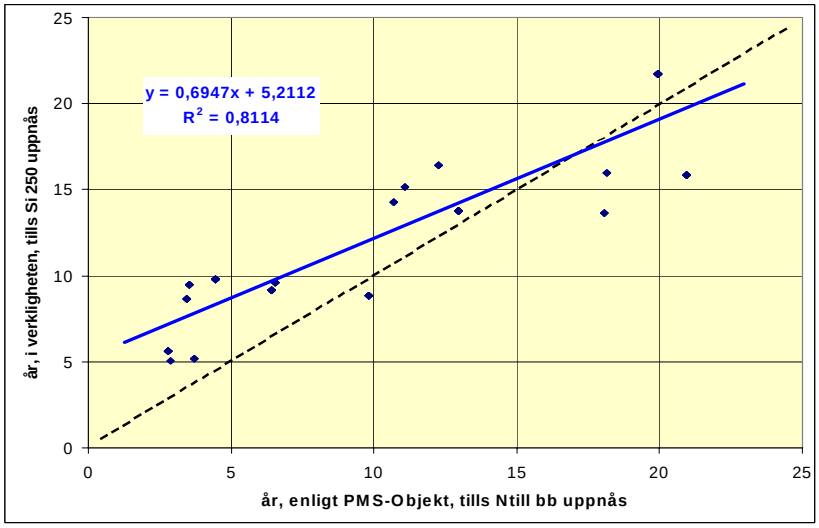


Figur 16 *Bäst korrelation uppnås vid Si = 190, R^2 är då 0,82.*

Slutsatsen är att PMS Objekt undervärderar livslängden upp till ca 12 år, för att sedan övervärdera densamma. En annan fråga som är berättigad i sammanhanget är vad som menas med livslängd. Enligt den metod som använts kan livslängden sägas uppnås när känslighetskurvan når sitt maximum, Si = 190. Känsligheten för vilket sprickindex som använts är dock inte så stor mellan Si = 140 och Si = 250. Hur ekvationen ser ut vid dessa sprickindex visas i ***Figur 17*** och ***Figur 18.*** Om Si tillåts uppnå 140 sammanfaller inventerad och beräknad livslängd vid 10 års trafikering och om Si tillåts nå 250 träffar inventering och beräkning rätt vid 17 år.



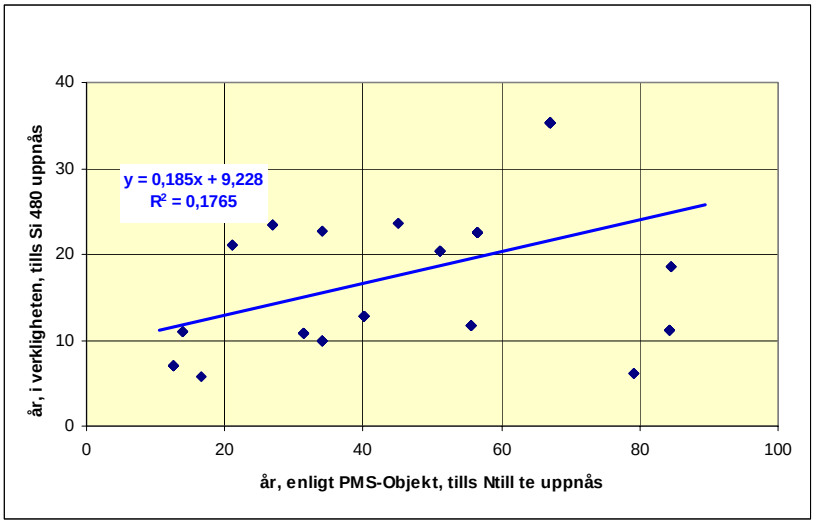
Figur 17 *Korrelation mellan beräknad och verklig livslängd, vid Si = 140.*



Figur 18 *Korrelation mellan beräknad och verklig livslängd, vid Si = 250.*

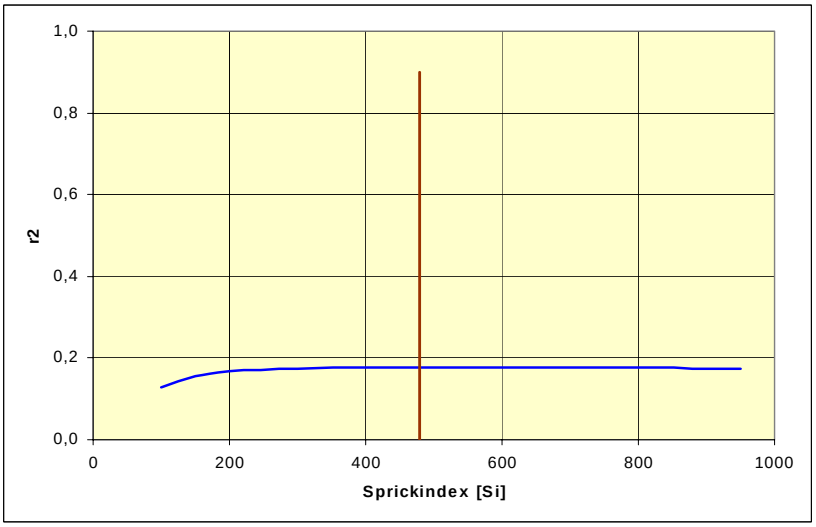
5.2 I terrassyta

När olika värden för Si provats i kalkylen visade det sig att bäst överensstämmelse mellan beräknad och verklig livslängd uppnåddes med en linjär funktion vid sprickindex 480, ***Figur 19.*** Inget tydligt samband uppstod, som förväntat.



Figur 19 *Korrelation mellan beräknad och verklig livslängd.*

Att beräkningen av livslängd i förhållande till använt sprickindex inte är känslig av vilket Si som använts framgår av ***Figur 20.***

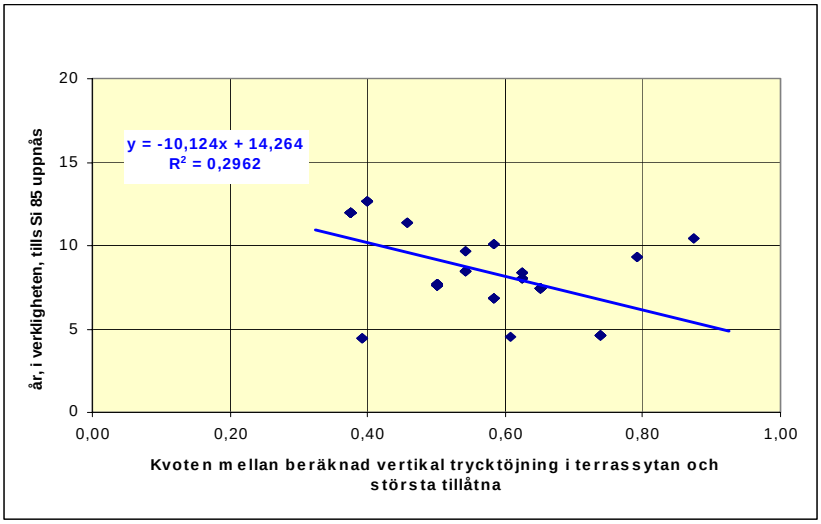


Figur 20 *Bäst korrelation uppnås när Si = 480.*

Slutsatsen är att storleken på beräknade påkänningar i terrassytan inte avspeglar sig i form av sprickor på beläggningsytan.

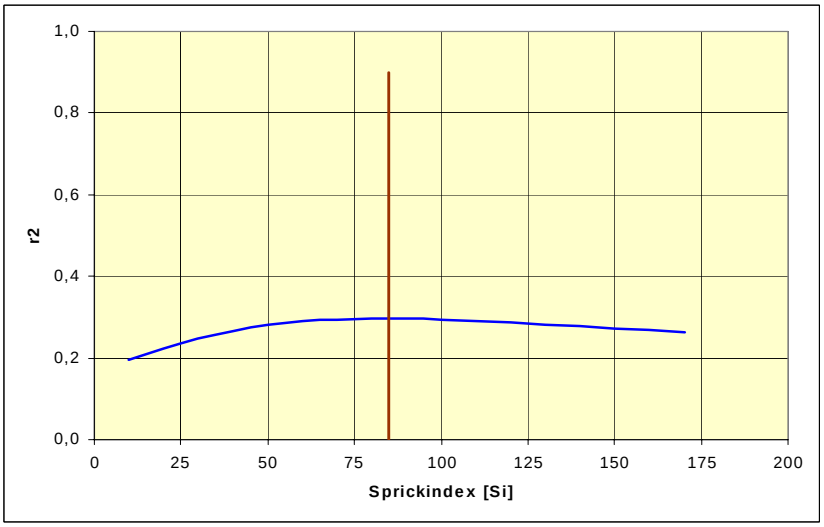
5.3 Vertikal trycktöjning (strain) i terrassytan, enstaka last

Vertikal trycktöjning i terrassytan anses i första hand vara avgörande för spårbildning. Emellertid provades kvoten mellan beräknad vertikal trycktöjning i terrassytan gentemot inventerad livslängd. Vid analys med linjär funktion uppnås bäst överensstämmelse vid sprickindex 85. En polynom funktion beskriver överensstämmelsen bättre, men som tidigare sagts är hypotesen att sambandet är linjärt, ***Figur 21.***



Figur 21 *Korrelation mellan beräknad och verklig dimensioneringsperiod.*

Hur känslig beräkningen av livslängd i förhållande till använt sprickindex är, framgår av ***Figur 22.***



Figur 22 *Bäst korrelation uppnås vid Si = 85.*

Slutsatsen blir att storleken på beräknade påkänningar i terrassytan inte avspeglar sig i form av sprickor på beläggningsytan. Det är inte antal N100 som är dimensionerande utan beräkningen skall snarare ses som en kontroll av att enstaka extremlaster inte skall tillåtas få förekomma.

6 Slutsats och fortsättning

PMS Objekt, delmoment nybyggnation, har nu belysts. Metoden för validering, där sprickindexets storlek kan varieras vid beräkning av inventerad livslängd, visade sig vara framgångsfull. Bra korrelation mellan beräknad (enligt PMS Objekt) och verklig/inventerad livslängd uppnåddes när påkänningar i underkant av bitumenbundet lager sattes i fokus, allt enligt i förordet nämnda hypotes för genomfört delprojekt.

Resultat från beräkning av påkänningar i terrassytan visade sig som väntat inte korrelera nämnvärt med sprickförekomst på vägytan. Här är det i första hand spårbildningen som borde analyseras närmare. Uppgifter om spårdjup finns, lätt tillgängligt, lagrat i databasen och bidrar härmed till uppslag för fortsatt forskning.

De i beräkningshjälpmedlet avancerade funktionerna har hittills inte utnyttjats, här bör flera möjligheter till mer noggranna beräkningar finnas. Uppgifterna om den tunga trafiken som hittills använts bör preciseras närmare (axellaster, axelkonfigurationer, utvecklingen av den tunga trafiken m.m.).

Förutsättningar för validering av delmoment för förstärkning finns också i det material som finns lagrat i använd databas. Vid genomgång av sträckor som är lämpliga att användas här, framkom att upp till 60 stycken med största sannolikhet skulle kunna användas. Kraven kommer troligen att efterlikna de som vid hittills utfört arbete satts upp. Skillnaden är dock given, att belastningsskador uppstått och propagerat under minst en treårsperiod efter den förstärkningsåtgärd som skall kontrolleras. Metoden som hittills använts ser också här ut att fungera utmärkt.

7 Referenser

Göransson, N-G & Wågberg, L-G: **Tillståndsuppföljning av observations-sträckor. Datainsamling, lägesrapport 2002-12.** VTI notat 1-2003.

Jämsä, H: **Crack Initiation Models for Flexible Pavements.** Helsinki University of Technology, 2000.

PARIS, Performance Analysis of Road Infrastructure, Final Report. Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1998.

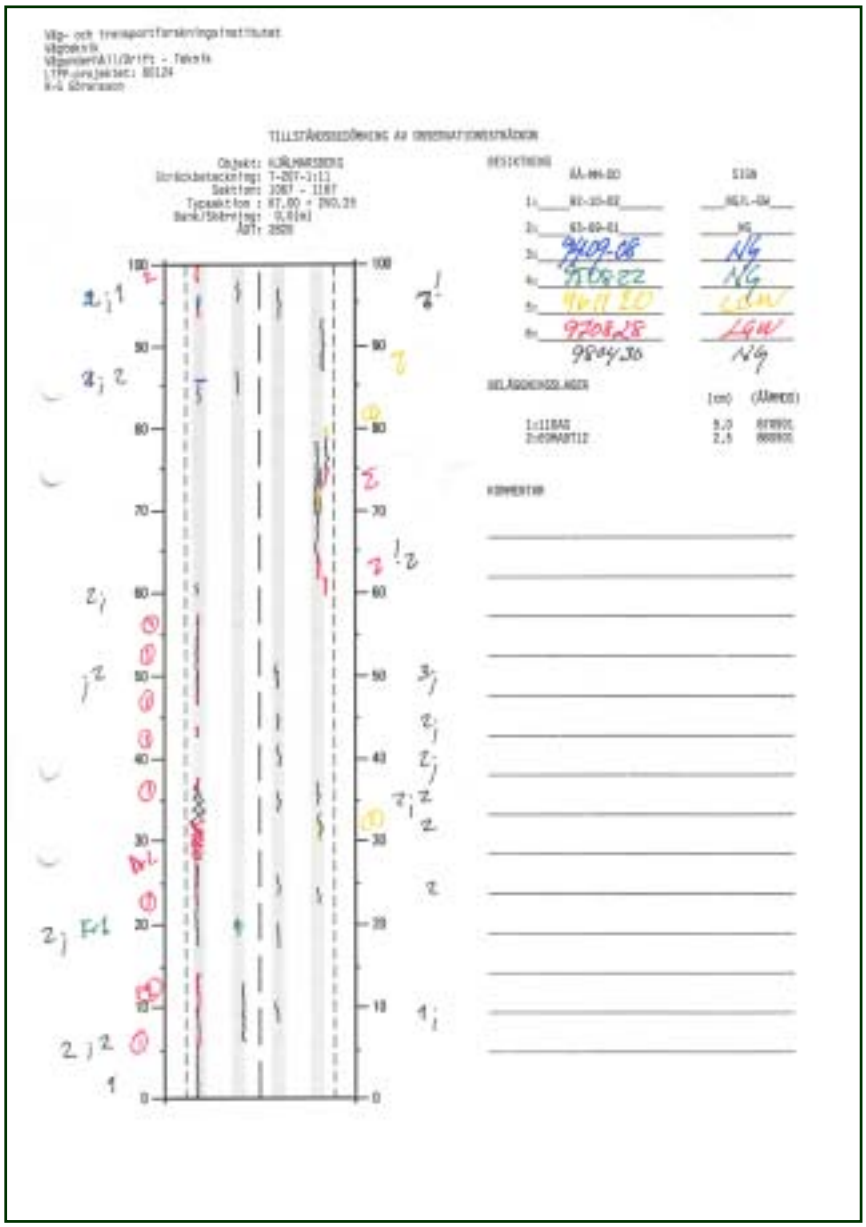
PMS Objekt version 3.1, Manual version 3.0, ATB VÄG 2003.

Wågberg, L-G: **Utveckling av nedbrytningsmodeller. Sprickinitiering och sprickpropagering.** VTI meddelande 916, 2001.

Wågberg, L-G: **Bära eller brista. Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar.** Svenska Kommunförbundet, VTI, Vägverket, 1991.

Wågberg, L-G: **Bära eller brista. Handbok i tillståndsbedömning av belagda gator och vägar – ny omarbetad upplaga.** Svenska Kommunförbundet, VTI, Vägverket, 2003.

1 Besiktningsprotokoll och uträkning av sprickindex



Sprickindex (Si) = 2 * Kr (m) + LSpr (m) + TSpr (st)	
Kr (Krackelering)	= $Kr_{låg}$ (m) + 1,5 * Kr_{medel} (m) + 2 * $Kr_{svår}$ (m)
LSpr (Längsgående)	= $LSpr_{låg}$ (m) + 1,5 * $LSpr_{medel}$ (m) + 2 * $LSpr_{svår}$ (m)
TSpr (Tvärgående)	= $TSpr_{låg}$ (st) + 1,5 * $TSpr_{medel}$ (st) + 2 * $TSpr_{svår}$ (st)

Kr = 1 * 21 = 21
LSpr = 1 * 35 + 1,5 * 66 + 2 * 4 = 142
TSpr = 1 * 1 = 1

Si = 2 * 21 + 142 + 1 = <u>185</u>