

# Uppföljning av försök med föryngringsmedel i returafalt i Falkenberg 2009-2011

## *Follow-up of trials with rejuvenated reclaimed asphalt pavements in Sweden 2009-2011*



**Författare/author**

Per Tyllgren  
SVC, Malmö

**Projektnummer/project-id**

ra111111b

**Datum/date**

2011-11-11

Ett uppdrag från  
Comissioned by



## **Förord**

Nynas AB har i alla tider verkat för bitumenteknikens bästa, i eget intresse måhända men samtidigt till många andras glädje, inte minst undertecknads. När återvinning kom på tapeten för några år sedan ställde man upp igen, trots att det inte ligger helt inom kärnverksamheten, av samma ansvarskänsla för branschen som en gång i tiden startade FAS, Föreningen för Asfaltbeläggningar i Sverige, salig i åminnelse. Det var därför egentligen inte särskilt förvånande att Kristor Persson på Nynas AB hörde av sig och ville titta närmare på hur det hade gått med den förnygrade asfalten och erbjöd finansiering av en utredning.

Tack för uppdraget och tack på förhand för alla kommande insatser för asfalttekniken i Sverige!

Malmö i november 2011

Per Tyllgren  
/projektledare/

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ILLUSTRATIONER.....	ii
<i>ILLUSTRATIONS</i> .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	1
SAMMANFATTNING.....	2
<i>EXECUTIVE SUMMARY</i> .....	3
1. BAKGRUND.....	1
1.1 Varmblandad återvinning av asfalt.....	1
1.2 Försök med föryngringsmedel.....	2
1.3 Uppföljning.....	2
2. KORT OM FÖRSÖKSOBJEKTET I FALKENBERG.....	3
3. MÄTRESULTAT.....	5
3.1 Beteckningar.....	5
3.2 Asfaltmassans sammansättning.....	5
3.3 Hållfasthet.....	6
3.4 Bitumenprovning.....	7
3.4.1 Penetration och mjukpunkt.....	8
3.4.2 DSR- och BBR-mätningar.....	10
4. SLUTSATSER.....	13
5. <i>CONCLUSIONS</i> .....	14
6. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE.....	15
7. <i>SUGGESTION FOR CONTINUED STUDIES</i> .....	16
LITTERATUR.....	17

## ILLUSTRATIONER

Tabell 3-1 Beskrivning av provbeläggningarna.....	5
Tabell 3-2 Hållrumshalt, indirekt draghållfasthet, ITS, och ett styvhetsmått, Töjningsmodul, vid 10 °C.....	6
Tabell 3-3 Diagram 3-3 i siffror.....	9
Tabell 3-4 Jämförelser mellan mätvärden från DSR- och BBR-mätningar på återvunnet bitumen från fältförsöken i Stafsinge vid Falkenberg 2009 och 2011. I kolumnerna anges temperaturer för kontrollparametrar enligt Superpave. Mätningar: Nynas AB. ....	11
Diagram 3-1 Kornfördelningar och bitumenhalter i provmassorna 2009 (a.) och provbeläggningarna 2011 (b.).....	6
Diagram 3-2 Resultat av hållfasthetsprovningen i diagramform.....	7
Diagram 3-3 Jämförelse mellan penetration och mjukpunkt (a. 2009, b. 2011, c. 2009/2011).....	8
Bild 2-1 Utläggning av 50 mm AG med 40 % föryngrad returafalt i på grusunderlag i Stafsinge industriområde i november 2009. ....	3
Bild 2-2 Uppborring av provbeläggning med AG och slitlager av ABS i april 2011.....	4

## **ILLUSTRATIONS**

<i>Table 3-1 Description of test materials.</i> .....	5
<i>Table 3-2 Void content, Indirect Tensile Strength and a Stiffness Modulus at 10 °C.</i> .....	6
<i>Table 3-3 Chart 3-3 in figures.</i> .....	9
<i>Table 3-4 Comparison between values from DSR- and BBR-testings of reclaimed bitumen from field trials at Stafsinge in Falkenberg in 2009 and 2011. The columns contain the temperatures for control parameters according to Superpave. Testings: Nynas AB.</i> .....	11
<i>Chart 3-1 Aggregate size distributions and bitumen contents in test mixes in 2009 (a.) and test pavements in 2011 (b.)</i> .....	6
<i>Chart 3-2 Results from strength tests in a chart.</i> .....	7
<i>Chart 3-3 Comparison between penetration and softening point (a. 2009, b. 2011, c. 2009/2011).</i> .....	8
<i>Picture 2-1 Laying down of 50 mm base layer asphalt with 40 % rejuvenated RAP on base gravel in the industrial area of Stafsinge in November 2009. ...</i>	3
<i>Picture 2-2 Drilling of cores from the test pavement of a base layer and a wearing course of SMA in April 2011</i> .....	4

## ***ABSTRACT***

The art of rejuvenation of reclaimed asphalt pavements is well known since long but not much used in hot mix recycling in plants for some time now. Nynas' highly refined and environmentally adapted oils for industrial use are proven to be rheologically well suited for this purpose. A follow-up study financed by Nynas indicates favorable lasting effects. Some need for development remains and the final clients must be made aware about the benefits of this technique in order to become the key to successful recycling of asphalt.

## SAMMANFATTNING

2009 genomfördes i södra Sverige ett projekt med syftet att undersöka effekten av miljöanpassade förnygringsmedel för returafalt och uppdatera hanteringen på asfaltverken. Tekniken hade legat i träda i många år i brist på lämpliga tillsatsmedel. Resultaten var uppmuntrande och man lyckades visa att förnygringen inte bara jämställde vissa egenskaper med nytillverkad asfalt utan till och med gjorde asfalten bättre. I princip skulle man med lämplig processteknik kunna göra varmblandad asfalt av 100 % returafalt. I varje fall undanröjs begränsningar av tillförd returafalt som baserar sig på brister hos den gamla asfaltens hårda bindemedel.

Nynas AB bekostade tillsammans med SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, Skanska och Trafikverket det ursprungliga projektet. En obesvarad fråga var hur länge effekten består. Tidigare försök med förnygrande naturoljor uppvisade en mycket kort verkan, mindre än ett år. Därför initierade och bekostade Nynas AB 2011 en uppföljande utredning.

Borrkärnor togs upp som provades med avseende på hållfasthet. Ingående bitumen extraherades och undersöktes reologiskt med traditionella mätmetoder och med de metoder som ingår i Superpave, det amerikanska konceptet för vägbeläggningar. Undersökningarna gjordes på Skanska VTC i Fosie och på Nynas' laboratorium i Nynäshamn. Resultaten presenteras i föreliggande rapport.

Inblandning av 40 % förnygrad returafalt jämfördes med återvunnen asfalt utan förnygring och med nytillverkning. Efter ett drygt år hade förnygrad bitumen hårdnat lite mer än de jämförda alternativen men var fortfarande klart mjukare än de andra. De viktiga kriterierna för utmattning och lågtemperatur var fortfarande klart bättre med förnygring. Det mesta talar för att förnygringseffekterna kommer att bestå lika länge som egenskaperna hos nytt bitumen.

Mätteknikerna med DSR (*Dynamic Shear Rheometer*) och BBR (*Bending Beam Rheometer*) uppvisar precision och trovärdighet i båda studierna 2009 och 2011.

Fördelarna med förnygring i form av ökad återvinning och längre livslängd förstås bäst av slutkunden. Eventuella merkostnader tas rimligen av den som kapitaliserar nyttan.

## **EXECUTIVE SUMMARY**

In 2009 a project was conducted in southern Sweden to investigate the effects of environmentally adapted rejuvenators for reclaimed asphalt. The technology had lain fallow for many years for lack of suitable additives and there was a need for updating the process know-how on the asphalt plants. The results were encouraging and it was shown that rejuvenation does not only equate certain characteristics with virgin asphalt but becomes even better in some respects. In principle it is possible to make hot mix asphalt from 100 % rejuvenated reclaimed asphalt pavement. In any case rejuvenation eliminates limitations of added RAP caused by inadequacies of the old binder.

Nynas AB financed the original project along with SBUF, the Development Fund of the Swedish Construction Industry, Skanska and the Swedish Road and Rail Department. An unanswered question was how long the effects will last. Previous trials with rejuvenating natural oils displayed a very short effect, less than a year. Therefore Nynas AB initiated and financed in 2011 a follow-up study.

Drilled cores were taken up and tested for strength and stiffness. Bitumen was extracted and examined rheologically with old tests and with methods used in Superpave, the American road pavement concept. Laboratory tests were made at Skanska VTC South in Malmö and at Nynas' laboratory in Nynäshamn. These results are presented in this report.

The addition of 40 % reclaimed rejuvenated asphalt was compared with recycled asphalt without rejuvenation and with virgin asphalt. After more than a year the rejuvenated bitumen had hardened a bit more than in the compared mixes, but it was still significantly softer than the others. The important criterions for fatigue and low temperature capacities were much better with rejuvenation. Most indications are that the rejuvenation effect will last just as long as the properties in virgin bitumen.

The measurement techniques of DSR (Dynamic Shear Rheometer) and BBR (Bending Beam Rheometer) proved themselves precise and reliable in both studies 2009 and 2011.

The benefits of rejuvenation in the form of increased recycling and a longer service life are best appreciated by the final customer. Any additional costs are reasonably carried by the one who capitalizes on the improvements.

## 1. BAKGRUND

### 1.1 Varmblandad återvinning av asfalt

Bitumen hårdnar redan under varmblandningen och därefter under miljöns påverkan på vägen och förlorar efterhand de egenskaper som materialval och proportionering bygger på. För att bli vägbeläggning på nytt behöver bindemedlet i returafalten återfå egenskaperna eller populärt uttryckt *föryngras* (eng. *rejuvenate*). Det görs bäst med petroleumbaserade uppmjukande komponenter men det kan också ske med ämnen av annat ursprung, t ex naturoljor. I det senare fallet avklingar effekten relativt snart men det finns fall där det inte har betydelse, t ex i lagningsmassor med kort förvaringstid och för temporära åtgärder.

Problemet med tidigare förnyngsoljor var deras dåliga miljöprofil. De innehöll ofta de aromatiska kolväten som klassificeras som hälsovådliga. Efterhand blev de alltför besvärliga att hantera öppet i asfaltverken.

En annan faktor som har dämpat intresset för förnygring är att det medför en merkostnad. Dessutom kräver det grundkunskaper om bitumens reologi, som oftast saknas ute i leden som hanterar returafalt och tillverkar asfalt. Därför försöker man hitta enklare alternativ till förnygringen. Ett sådant är att välja en mjukare kvalitet på tillsatt bitumen i förhoppningen om att det ska mjuka upp det hårda inbakade bitumenet i returafalten. Det finns inga bevis för att så sker men resultatet kan ändå mycket väl bli en habil asfaltkvalitet för sitt syfte, i synnerhet om tillsatserna av returafalt är små, runt 5-10 %. Någon nytillverkad asfaltkvalitet handlar det inte om, även om det ligger nära. Om sedan hållbarheten bara blir 15 år istället för 20 lär ingen bli ställd till svars för det. Det finns bara ett sätt att åstadkomma något som helt kan jämföras med nytillverkad kvalitet och det är genom förnygring av returafalten. Då är det bara processtekniken och tillgängliga mängder som sätter gräns för andelen inblandad returafalt.

Frågan om förnygring har följdriktigt inte heller väckt forskarnas stora intresse eftersom industrins mellanled ser det som en inte alldeles nödvändig kostnad och komplikation. Bland några få mer framstående exempel finns ett doktorandarbete på KTH /1/ och en utredning i USA /2/.

Det handlar alltså om förnygring i samband med varmblandad asfaltåtervinning. Fallet är ett annat när det gäller förnygring av befintlig asfaltyta. Där finns mycket att välja på som hävdas förlänga asfaltbeläggningen liv. Teknikerna frodas eftersom man vänder sig direkt till slutkunden, som inser nyttan och kan räkna på det. I fallet varmblandad återvinning befinner man sig mitt i produktionskedjan med andra värderingar och intressen på dagordningen. Däri ligger en brist i affärsidén med förnygring och det är ett förhållande som måste tas med i beräkningen om de samhällsintressen som finns i förnygringstekniken ska kunna tas till vara. Slutkunden måste helt enkelt ställa krav på återställande förnygring vid återvinning.



## **1.2 Försök med föryngringsmedel**

Nynas AB har en produktserie av högraffinerade, nafteniska petroleumoljor med god miljöprofil för olika industriella ändamål, som också har potential att fungera som föryngringsmedel. 2009 genomfördes en utredning om material och tillverkningsprocesser för att utröna effekterna och utforma en lämplig hanteringsteknik på asfaltverken. Arbetet finansierades av Nynas, SBUF, Skanska och Trafikverket.

I utmattningsförsök och utvärdering enligt amerikanska asfaltkonceptet Superpave visade föryngringsmedlet gynnsam inverkan på utmattning och på lågtemperaturrenenskaperna och uppfattades positivt under utläggningen. Mer om försöken finns att läsa i /3/.

## **1.3 Uppföljning**

Någon uppföljning planerades inte inom ramen för SBUF-projektet om föryngring. I ett tidigare försök med uppmjukning av bitumen med naturolja inträffade emellertid förändringar nästan omedelbart, trots att materialen hade testats på laboratorium för att säkerställa att så inte skulle ske /4/. Det finns dessvärre inga tillförlitliga laboratoriemetoder som kan simulera miljöpåverkan i alla dess former, bara i vissa avseenden, och tidsfaktorn kan aldrig ersättas helt/5, 6, 7/.

För att undersöka beständigheten av föryngringen beställde Nynas AB en utredning i april 2011. Borrkärnor togs upp från provytorna i Stafsinge vid Falkenberg för provning på samma sätt som 2009. Resultatet av uppföljningen presenteras i föreliggande rapport.

## 2. KORT OM FÖRSÖKSOBJEKTET I FALKENBERG

Provvägen utgör infart till ett nyetablerat industriområde i Falkenberg vid orten Stafsinge. Överbyggnaden var nygjord och asfalterades med ett lager 50 mm AG 16 4,8 % 70/100. Nyttillverkning jämfördes med 40 % returafalt, som tillverkades på Skanskas asfaltverk med parallelltrumma i Valinge strax öster om Varberg. För att kompensera det hårda bitumenet i returafalten användes 160/220 till den jungfruliga delen av massan. En del av returafalten förblandades med Nytex 820 i ett tredje jämförelsefall, som fick ligga i upplag ett par månader. Nytex 820 utgjorde 12,5 % av resulterande mängd bindemedel i returafalten, motsvarande ungefär 0,65 % av massan.

Det gamla bindemedlet hade en mjukpunkt på 64 °C och en penetration på 23 1/10 mm. Efter förnyngning hade bindemedlet en mjukpunkt på 48 °C och en penetration på 80 1/10 mm, vilket är jämförbart med bitumenkvaliteten 70/100.



*Bild 2-1 Utläggning av 50 mm AG med 40 % förnygrad returafalt i på grusunderlag i Stafsinge industriområde i november 2009.*

*Picture 2-1 Laying down of 50 mm base layer asphalt with 40 % rejuvenated RAP on base gravel in the industrial area of Stafsinge in November 2009.*

De olika massorna tillverkades under samma dag och lades ut av samma läggarglag på jämförbara avsnitt av vägen för att ge alternativen samma förutsättningar. Emellertid var det svårt att hålla avsedda temperaturer, vilket bland annat ledde till att nyttillverkad AG bitvis blev övertempererad med förstyvad bitumen som följd. Proverna med jungfrulig AG kom 2009 från övertempererad massa medan proverna från 2011 kom från ett parti som tillverkats vid lägre temperatur. Det fick konsekvenser för

undersökningen och jämförelsen av återvunnet bitumen, vilket kommenteras i det följande.

Utläggningen gjordes den 24 november 2009. Provytan med AG i olika former lades över med ett slitlager av ABS i december 2010. Provkropparna togs upp den 8 april 2011.



*Bild 2-2 Uppborrning av provbeläggning med AG och slitlager av ABS i april 2011.*

*Picture 2-2 Drilling of cores from the test pavement of a base layer and a wearing course of SMA in April 2011.*

### 3. MÄTRESULTAT

Följande prover togs ut till analyser och provningar på laboratorium:

1. Ett tiotal borrprover från vart och ett av de tre vägvagnsnitten

Återvunnet bitumen från provkropparna provades med:

2. Penetration
3. Mjukpunkt (Kula & Ring)
4. DSR-mätningar (*Dynamic Shear Rheometer*)
5. BBR (*Bending Beam Rheometer*)

Provkropparna undersöktes med avseende på:

6. Sammansättning
7. Hålrum
8. ITS (draghållfasthet, *Indirect Tensile Strength*)
9. Styvhet (töjningsmodul).

DSR och BBR utfördes av Nynas AB på laboratoriet i Nynäshamn. Övriga analyser och provningar gjordes på Skanska VTC Syd i Malmö.

#### 3.1 Beteckningar

Tabell 3-1 Beskrivning av provbeläggningarna.

Table 3-1 Description of test materials.

Provbeteckningar <i>Sample labels</i>	Beskrivning	Description
AG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AG 16 16 4,8 % 70/100</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base Course 16 mm 4,8 % 70/100</li> </ul>
AG-FRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AG 16 med 40 % förnygrad returafalt (FRA)</li> <li>• 12,5 % Nytex 820 i RA-bindemedlet motsvarande ca 0,65 % i RA</li> <li>• 2,7 % 160/220</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base Course 16 mm with 40 % of rejuvenated RAP (FRA)</li> <li>• 12,5 % Nytex 820 in RAP-binder corresponding to ca 0,65 % in RAP</li> <li>• 2,7 % 160/220 added</li> </ul>
AG-RA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AG 16 med 40 % returafalt (RA)</li> <li>• 3,0 % 160/220</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base Course 16 mm with 40 % of original RAP (RA)</li> <li>• 3 % 160/220 added</li> </ul>

#### 3.2 Asfaltmassans sammansättning

Till försöken valdes en konventionell massatyp, AG med 4,8 % 70/100. Returafalten kom i de två fallen inte från exakt samma del av upplaget men från samma krossningsomgång och bedömdes som lika. Den förnygrade returafalten blandades i förväg i asfaltverket och låg i upplag ungefär 3 månader för att ge oljan bästa möjlighet att få kontakt med det gamla bitumenet.

#### Kommentarer

Den lägre bindemedelshalten för AG-FRA beror på att provkropparna kommer från en separerad grövre del av beläggningen. Massaproverna från 2009 togs från asfaltläggarens breddökning, vilket förklarar den i övrigt goda överensstämmelsen med be-

läggningssproverna från 2011. All erfarenhet visar att *asfaltläggarens breddökning* är det bästa stället för representativ provtagning, klart bättre än provtagning på lastbil eller i asfaltläggarens inlastningstråg.

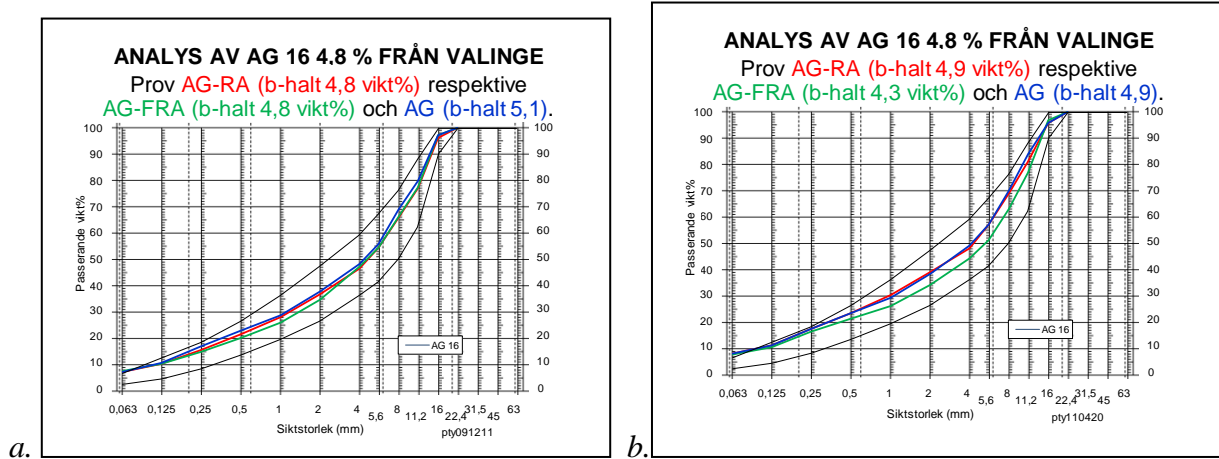


Diagram 3-1 Kornfördelningar och bitumenhalter i provmassorna 2009 (a.) och provbeläggningarna 2011 (b.).

Chart 3-1 Aggregate size distributions and bitumen contents in test mixes in 2009 (a.) and test pavements in 2011 (b.).

### 3.3 Hållfasthet

De uppborrade proverna från 2009 räckte bara till utmattningstestet. Istället tillverkades Marshallprovkroppar av uttagen asfaltmassa och på dem provades både utmattning och draghållfasthet /3/. Borrkärnorna från 2011 testades enbart med avseende på draghållfasthet. Testerna gjordes för att få en indikation på brukets och därmed bitumenets styvhet, som är väl korrelerat med ITS och töjningsmodul.

Tabell 3-2 Hålrums halt, indirekt draghållfasthet, ITS, och ett styvhetsmått, Töjningsmodul, vid 10 °C.

Table 3-2 Void content, Indirect Tensile Strength and a Stiffness Modulus at 10 °C.

Parametrar Parameters	Provmassa 2009 Test mix at 2009			Provbeläggning 2011 Test pavement at 2011		
	Marshallprovkroppar Marshall specimens			Uppborrade provkroppar Drilled cores		
	AG-RA	AG-FRA	AG	AG-RA	AG-FRA	AG
Tjocklek, mm Thickness, mm	51	51	51	42	39	55
Hålrums halt, vol% Void content, %	3,2	2,9	3,0	5,2	5,3	2,8
ITS vid 10°C, MPa ITS at 10°C, MPa	2,92	2,26	3,30	2,16	1,67	2,55
Töjningsmodul vid 10 °C, MPa Stiffness Modulus at 10 °C, MPa	39,8	30,0	45,3	31,8	25,6	33,5



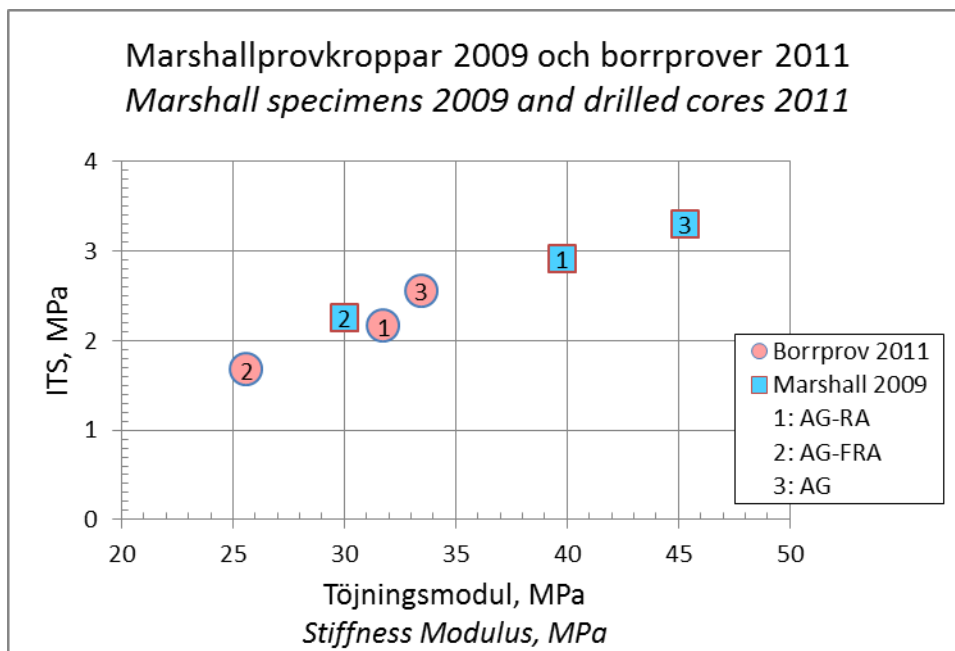


Diagram 3-2 Resultat av hållfasthetsprovningen i diagramform.

Chart 3-2 Results from strength tests in a chart.

### Kommentarer

Marshallprovkropparna 2009 var 63 mm efter tillverkning och kapades därefter till 51 mm. De tunna beläggningstjocklekarna för AG-RA och AG-FRA från 2011 gynnar inte provkropparnas uppmätta hållfasthetsvärden men de tycks inte heller uppenbarligen ha missgynnats av detta.

Generellt sett har Marshallinstampade provkroppar högre hållfasthet än borrkärnor från utlagd asfalt. Det beror på det intensiva packningsarbetet i Marshallstampen och att asfaltmassan är som mest formbar i det skedet. Det illustreras av hålrumshalterna. Hålrumshalten i beläggningssproverna från AG-ytan 2011 ligger på samma nivå som Marshallproverna från 2009, vilket kan förklaras av tjock beläggning och efterpackning av lite mer trafik. Det hjälper AG-provkropparna till något högre hållfasthetsvärden.

Den större skillnaden i draghållfasthet och styvhet mellan Marshallprovkroppar och uppborrad beläggning från AG-ytan beror på att AG-proverna från 2009 kom från överhettad massa, som därmed hade ett hårdare bindemedel och ett hårdare bruk än provkropparna från 2011. Med det i betraktande kan man dra slutsatsen att kvoten mellan de *uppborrade* och *Marshallinstampade* proverna är ungefär desamma för alla tre asfaltsorterna både för draghållfastheten och styvheten.

### 3.4 Bitumenprovning

Penetration och mjukpunkt kan räknas till den äldre bitumenskolans provningsteknik medan DSR och BBR får sägas tillhöra den nya. De syftar alla till att återspegla ett bitumens reologi men är i grunden helt olika slag av provningar. Så länge det rör sig om omodifierat, rent bitumen brukarna mätningarna ge likartade resultat i jämförande studier.

Alla mätningar är gjorda på återvunnet bitumen från *uttagen massa* från vägen 2009 respektive från *provkropparna* som togs upp 2011.

### 3.4.1 Penetration och mjukpunkt

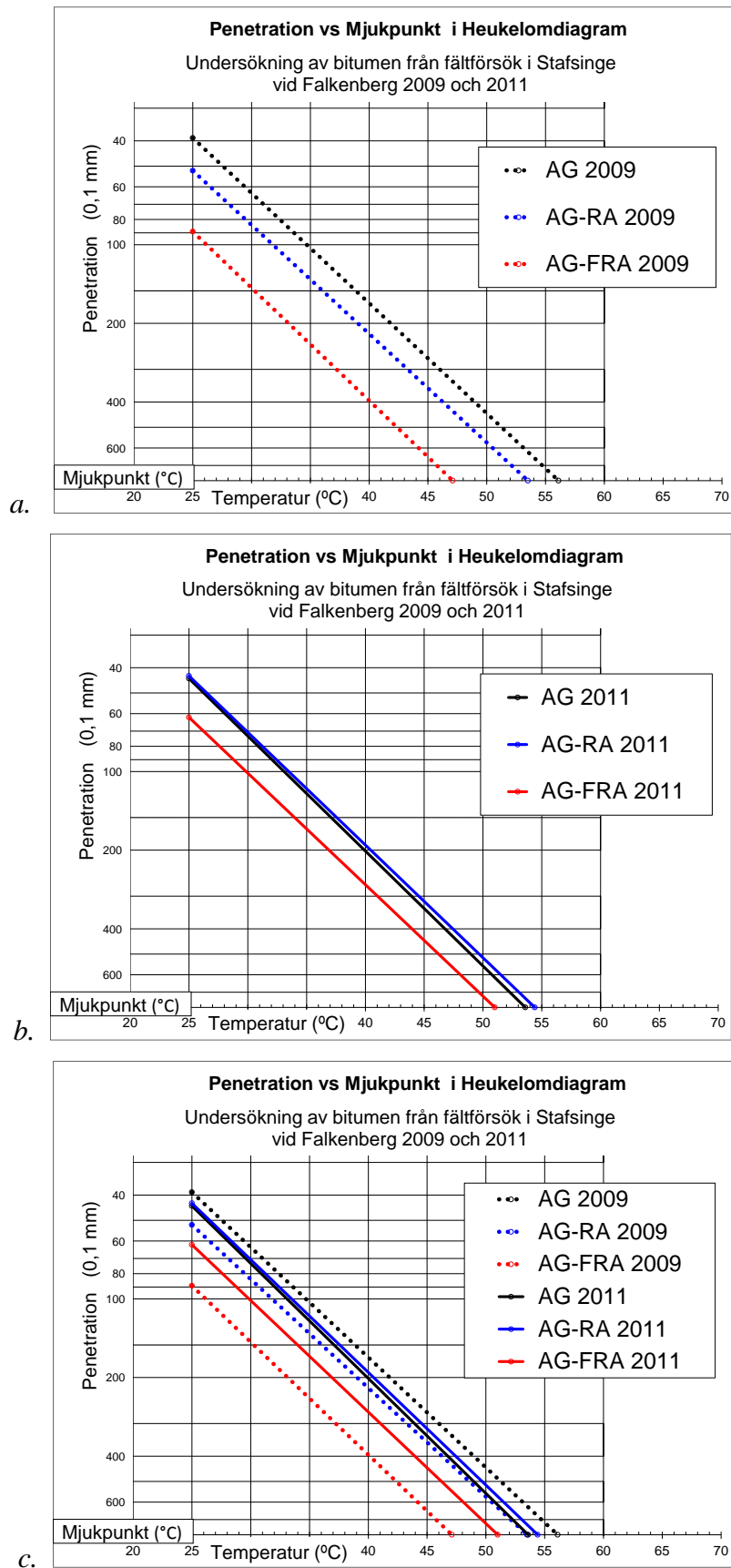


Diagram 3-3 Jämförelse mellan penetration och mjukpunkt (a. 2009, b. 2011, c. 2009/2011)).

Chart 3-3 Comparison between penetration and softening point (a. 2009, b. 2011, c. 2009/2011)).

Tabell 3-3 Diagram 3-3 i siffror.

Table 3-3 Chart 3-3 in figures.

Provbeläggning <i>Test pavement</i>		Pen 25 °C 1/10 mm	Mjukpunkt <i>Softening point</i> °C
2009	AG-RA <sup>1)</sup>	52	53,5
	AG-FRA	89	47,1
	AG <sup>2)</sup>	39	56,1
2011	AG-RA	43	54,4
	AG-FRA	62	51,0
	AG	44	53,6

<sup>1)</sup> RA är inte från exakt samma del av upplaget som FRA gjordes av men är från samma krossningsomgång.

*Unrejuvenated RAP (RA) doesn't come from exactly the same part of the stockpile as rejuvenated RAP (FRA) but from the same round of crushing*

<sup>2)</sup> Provet kommer från en överhettad del av massan.

*The sample comes from an over-heated part of the mix.*

### Kommentarer

Jämförelserna mellan AG 2009 och 2011 förrycks av att nytillverkad AG inledningsvis drabbades av överhettning. Den gjordes efter tillverkningen med returafalt, som krävde extra uppvärmning av det nya stenmaterialet för att sluttemperaturen skulle bli den önskade. Det tog ett tag innan asfaltverket hann svalna och redan uppvärmt stenmaterial hade förbrukats. Proverna med AG togs 2009 från överhettad massa, där bitumenet utsatts för extra förhårdning. Provet 2011 togs från slutet av produktionen från mindre överhettad AG-massa. Provet på nytillverkad AG från 2011 kan därför sägas bättre representera normal produktion och sedan får man försöka tänka sig hur den massan kan ha sett ut 2009.

Alla bitumensorterna har hårdnat en smula, även 70/100 i nytillverkad AG får man förmoda. Förnygrat bitumen i AG-FRA har hårdnat mest men är fortfarande den mjukaste av de tre. Eftersom beläggningarna nu ligger skyddade under ett slitlager finns det skäl att tro att förändringsprocessen kommer att gå långsammare. Uppbruten gammal asfalt brukar ha en mjukpunkt på 60-65 °C och det är troligt att de här massorna slutar på samma nivå en gång i framtiden. Det intressanta är *beläggningarnas* egenskaper och uthållighet och det kan bara tiden utvisa. Vid uppborringen upplevdes AG-FRA med förnygrad asfalt betydligt mjukare, nästan seg och besvärlig att ta upp jämfört med AG-RA utan förnygring. Det illustrerar slutsatsen i /3/ att AG-FRA har ett mer homogent och sammansmält bindemedel och bruk än AG-RA.



### 3.4.2 DSR- och BBR-metoderna

Mätning och utvärdering med DSR och BBR är fundamentet i amerikanska Superpave-konceptet för proportionering av asfaltmassor /8/. Introduktionen i början av 1990-talet innebar en radikalt förändrad syn på bitumenprovning, som tidigare representerades av Heukelomdiagrammets mätmetoder (Fraass, penetration, mjukpunkt kapillärviskositet) /9/. Under de 20 år som Superpave varit i bruk har modellen justerats och kompletterats och är idag inte alldeles lättanvänd men har fortfarande ett tilltalande strukturerat och trovärdigt upplägg. En kombination av Heukelom-provningar och Superpaves tester ger en bra bild av ett bindemedels reologiska karaktär.

Det finns två sätt att utvärdera DSR- och BBR-mätningarna. Antingen *mäts parametervärdet* vid kravtemperaturen och jämförs med gränsvärdet eller så *beräknas temperaturen* för gränsvärdet, som sedan jämförs med kravtemperaturen. Det senare fallet kräver mer mätdata, ur vilket man sedan beräknar önskade resultat från masterkurvor eller annan interpolering. Fördelen med att räkna fram *gränsvärdestemperaturer* framför andra mått är att man kan använda dem direkt i linjära ekvationer utan matematiska omvandlingar. Temperaturmättet kan också relateras till andra temperaturbetingade bedömningar om *miljö, emissioner och processteknik*. Det blir också lättare att avgöra om en skillnad är stor eller mindre betydelsefull.

Tabell 3-4 Jämförelser mellan mätvärden från DSR- och BBR-mätningar på återvunnet bitumen från fältförsöken i Stafsinge vid Falkenberg 2009 och 2011. I kolumnerna anges temperaturer för kontrollparametrar enligt Superpave. Mätningar: Nynas AB.

Table 3-4 Comparison between values from DSR- and BBR-testings of reclaimed bitumen from field trials at Stafsinge in Falkenberg in 2009 and 2011. The columns contain the temperatures for control parameters according to Superpave. Testings: Nynas AB.

			Temperatur vid angivet krav Temperatures at given limits				
Mätmetoder / Test methods:			DSR			BBR	
Enligt Superpave According to Superpave	Kontrollparametrar Control parameters (10 rad/s, kPa)		$G^*/\sin(\delta) \geq 1,000$	$G^*/\sin(\delta) \geq 2,200$	$G^*\sin(\delta) \leq 5000$	$S_t \leq 300 \cdot 10^3$	m-value $\geq 300$
	Åldrande behandling: Aging method:		-	RTFOT	RTFOT + PAV	RTFOT + PAV	
	Kontrollsyfte:		Spår- bildning i nylagt	Senare spår- bildning	Utmatt- nings- sprickor	Lågtempera- tursprickor	
	Purpose of control:		Initial rutting	Later rutting	Fatigue cracks	Low temperature cracks	
	Dimensionerande belägnings- temperaturer i södra Sverige: Grades for Southern Sweden:		$\geq 52$		$\leq 19$	$\leq -22$	
	Bitumen			°C			
2009	Depå Depot	160/220	55,5	49,5	8,5	-	-
		70/100	64,5	58	10,5	-	-
	Upplag Stockpile	RA	82	75,5	14	-16,5	-18
		FRA	67	61	6	-28,5	-32,5
	Väg Road	AG-RA	71	65	11	-21,5	-22,5
		AG-FRA	64,5	58	8,5	-25,5	-27,5
AG <sup>1)</sup>		72,5	66,0	11 <sup>2)</sup>	-19	-19,5	
2011	Väg Road	AG-RA	72	65,5	13	-20,5	-20,5
		AG-FRA	67,5	61	10	-24	-25
		AG <sup>1)</sup>	71	64,5	12,5	-20	-21

<sup>1)</sup> Provet från 2009 kan vara överhettat jämfört med 2011.

The sample from 2009 could have been over-heated compared to that from 2011

<sup>2)</sup> Värdet är något lågt och borde ligga på 12,5-13 för att stämma med övriga resultat.

The value is somewhat low and should be around 12,5-13 to match the other results.

### **Kommentarer**

Överlag hänger värdena från DSR/BBR-mätningarna väl samman och ändras på ett trovärdigt sätt mellan de olika materialen. Undantaget är  $G \cdot \sin(\delta) \leq 5000$  för AG 4,8 % 70/100 från 2009 (något lågt), möjligen också från 2011 (något högt). Precisionen i mätningarna är så pass god att de trots allt ganska små felen på någon eller några grader kan upptäckas.

*Gränsvärdet för utmattning*, som under åren har höjts med 4 °C tycks ha valts väl högt. Inga resultat är överhuvudtaget i närheten, inte ens gammal hård returafalt i upplag och det förefaller en smula märkligt.

*Förnygrad returafalt* har ändrats mest men är *fortfarande bäst* när det gäller utmattning och sprickresistens vid låga temperaturer.

## 4. SLUTSATSER

### **Föryngringseffekter**

1. Testomgångarna med penetration/mjukpunkt och DSR/BBR visar båda en något större förstyvning av föryngrat bitumen, som emellertid fortfarande är klart mjukare än asfalt med oföryngrad returafalt respektive nytillverkad asfalt.
2. Föryngrad asfalt har fortfarande de bästa värdena vid kriterierna för utmattning och lågtemperatur.
3. Föryngrat bitumen klarar Superpaves alla kontrollstationer, vilket däremot bitumen från returafalt utan föryngring och bitumen från nytillverkning inte gör vid lågtemperaturkriteriet.
4. Samtliga material ligger långt från gränsen för utmattning.
5. Asfalt med föryngrad returafalt upplevdes mjukare vid uppborringen.
6. Det mesta pekar mot att föryngringseffekterna består under många år ännu men att även föryngrad asfalt precis som annan asfalt så småningom hårdnar och blir spröd.
7. Hållfasthetsprovningen av Marshallprovkropparna från 2009 har samma inbördes förhållande som borrhörnorna från 2011.

### **Mätmetoder**

8. Provkropparnas hållfasthet och styvhet placerar alternativen inbördes på ungefär samma sätt som de reologiska testen av återvunnet bitumen.
9. Superpaves parametrar och gränsvärden ger ett trovärdigt intryck, möjligen med frågetecken för det höga gränsvärdet för *utmattning*, som inte rimmar med övriga tröskelvärden.

### **Marknadsföring**

10. Nyttan med föryngring förstås bäst av slutkunder och organ som ser till samhällsnyttan framför vinstmöjligheter i enskilda steg i asfaltens långa tillverkningskedja. Användningen av föryngring måste begäras av slutkunden, som kanske får betala men som också har nytta av förbättringarna.

## **5. CONCLUSIONS**

### ***Rejuvenating effects***

1. The test sessions regarding penetration/softening point and DSR/BBR show separately somewhat greater hardening of the rejuvenated bitumen. It is however still softer than non-rejuvenated and virgin asphalt.
2. Rejuvenated asphalt still got the best values concerning fatigue and low temperature properties.
3. Rejuvenated bitumen passes all of Superpave's checkpoints, which is not the case for bitumen from non-rejuvenated and virgin asphalt at the low temperature criterion.
4. All materials are well away from the fatigue limit.
5. Rejuvenated asphalt seemed softer during drilling of the test pavement.
6. It is likely that the rejuvenating effects will last for many years to come. In the end rejuvenated asphalt like any other asphalt will be hard and brittle.
7. The strength test of Marshall specimens from 2009 resulted in the same relative order as the drilled cores from 2011.

### ***Measuring methods***

8. The strength and stiffness of the asphalt specimens rank the alternatives about the same as the rheological tests of recovered bitumen.
9. The parameter limits in Superpave seem credible, with the possible exception of a high *fatigue limit*, which does not rime with the other threshold values.

### ***Marketing***

10. The benefits from rejuvenation of reclaimed asphalt are best understood by the final clients and bodies who see to the overall gain before the economy of singular steps of the long productions chain of asphalt. The use of rejuvenation must be decided by owners and keepers of roads, who may have to pay for it but who also benefit from the improvements.

## **6. FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE**

Nytex 820 och övriga oljor i Nynas' produktserie av hydrerade och högraffinerade oljor är avsedda för industriellt bruk med särskilt höga krav. Det märks på priset, som upplevs som väl högt i asfaltsammanhang. Oljorna uppvisar också en viss rykighet vid de temperaturer som gäller vid blandning av varmasfalt. Trots detta har förnyngning tveklöst en positiv inverkan på returafalten och öppnar vägen för stora tillsatser i tillverkningen. Det finns därmed goda skäl att leta vidare efter alternativa förnyngningsolja, som är billigare, kanske mindre rykiga och som ger nytt liv åt gammalt bitumen på samma sätt som Nytex 820 gör.

## **7. SUGGESTION FOR CONTINUED STUDIES**

Nytex 820 and other oils in Nynas' series of hydrogenated and highly refined oils are designed for industrial use with high demands. It is reflected by the price, which is regarded as somewhat high in this asphalt context. This oil also emits some smoke at temperatures applicable for asphalt mixing. This said, rejuvenation causes undeniable positive effects on reclaimed asphalt and opens up for large additions in the mixing process. Thus there are good reasons to look further for cheaper and possibly less smoky rejuvenators, which brings new life to old bitumen the way Nytex 820 does.

## LITTERATUR

1. *Karlsson, R.* Undersökning av bindemedelsförnygring med relevans vid asfaltåtervinning. Doktorsavhandling. *Vägteknik. KTH. Stockholm.2002.*
2. *Shen, J. et al.* Effects of rejuvenating agents on Superpave mixtures containing reclaimed asphalt pavements. *Journal of Materials in Civil Engineering, USA. May 2007.*
3. *Tyllgren, P.* Förnygring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel. *SBUF/Skanska. 12230/ra100215a. Stockholm/Malmö. 2010-07-05.*
4. *Tyllgren, P.* Jämförande klimatundersökning mellan ROG 11 och MJOG 11. *Skanska. ra060411a.Malmö. 2006-04-25.*
5. *Tyllgren, P.* Provbeläggning med alternativt bitumen till MJOG 16. *Skanska. ra061120a. Malmö.2007-06-13.*
6. *Tyllgren, P.* Uppföljning av provbeläggning med alternativt bitumen till MJOG 16. *Skanska. ra070815a. Malmö. 2007-08-15.*
7. *Tyllgren, P.* Uppföljning av provbeläggning med alternativt bitumen till MJOG 16. Del 2. *Skanska. ra080731a. Malmö. 2008-08-28.*
8. Superpave – Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. Superpave series No. 1 (SP-1) *Third edition. Asphalt Institute. 2003.*
9. Shell Bitumen Handbook. *5th edition 2003.*