

UTVECKLING AV SBS- EMULSIONER MED REJUVENATORER

Etapp 1



Anders Gudmarsson

2015-10-31

FÖRORD

Detta projekt har initierats av Lennart Holmqvist och utförts på Peab Asfalt samt Pankas A/S. Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond och Trafikverket har bidragit med den huvudsakliga finansieringen av detta projekt.

Provningen av projektets ingående material har utförts av Michael Langfjell och Erik Averland på Peab Asfalt AB. Uffe Mortensen på Pankas A/S har stått för utveckling och provning av emulsionerna.

Projektledare i Etapp 1 har varit Lennart Holmqvist, Peab Asfalt och följande personer har ingått i styr- och referensgrupp:

- Uffe Mortensen, Pankas
- Kenneth Olsson, Skanska
- Torbjörn Jacobson, Trafikverket
- Lars Thunman, Nynas
- Mansour Ahadi, Svevia
- Roger Lundberg, NCC
- Nils Rydén, Peab/LTH
- Lars Jansson, Peab Asfalt
- Anders Gudmarsson Peab Asfalt/KTH.

Den rubricerade rapporten har granskats internt på Peab Asfalt.

Tack till alla som bidragit med provning, tid och kunskap till detta projekt.

Anders Gudmarsson

Stockholm, Oktober 2015

SAMMANFATTNING

Åldrat och sprött bindemedel i återvinningsmassor är en begränsande faktor som bidrar till att nya beläggningar inte kan utföras med enbart återvunnen asfalt. En för hög andel med hårt och sprött återvunnet bindemedel ger en beläggning med försämrad kvalitet och beständighet. Återvunnet bindemedel kan dock bearbetas så att det återfår sina ursprungliga mekaniska egenskaper genom att använda rejuvenatorer eller mjukare bindemedel. Tekniken med att använda rejuvenatorer kan ge en avsevärt förbättrad produkt men till skillnad från andra europeiska länder är tekniken inte utbredd i Sverige. Detta är en orsak till att Sverige ligger efter de ledande länderna i användningen av höga halter retur-asfalt i nya beläggningar.

I detta projekt utvärderas ett antal olika rejuvenatorer för att undersöka deras prestanda och ekonomi. Emulsioner innehållande rejuvenatorer utvecklas för användning vid remixing och vid tillverkning av asfalt i verk. Syftet är att öka användningen av teknik som är resurssparande och som kan bidra till en ökad kvalitet i asfaltmassor med hög återvinningsgrad.

Ett antal olika provningsmetoder valda utifrån Trafikverkets specifikationer på penetrationsbestämda bitumen har utförts för att jämföra och säkerställa funktionen i de olika rejuvenatorerna. Resultaten identifierade vilka rejuvenatorer som bibehöll en god eller tillräcklig prestanda efter en simulerad åldringsprocess i laboratoriet och rejuvenatorer som inte uppfyllde kraven i denna laboratoriestudie. En analys av ekonomin visar att dessa produkter bidrar till en lägre materialkostnad vid tillverkning av asfalt i verk givet att en god prestanda bibehålls i takt med ökad återvinningsgrad.

En SBS-emulsion med rejuvenator har utvecklats och de utförda provningarna visar på mycket goda egenskaper. Denna emulsion har stor potential att förbättra kvaliteten vid remixing samt kan även möjliggöra en temperatursänkning vid tillverkning av asfalt i varmverk. Emulsionen kommer att testas vidare i fullskaleförsök i en efterföljande Etapp 2.

I Etapp 1 av projektet har rejuvenatorer som kan användas till att förbättra egenskaperna i åldrat bitumen identifierats. Dessa resultat kan bidra till en ökad återvinningshalt i nya beläggningsmassor.

INNEHÅLL

1. BAKGRUND	4
2. SYFTE	5
3. METODIK	5
4. RESULTAT	7
4.1 ANALYS AV ÅTERVUNNET BITUMEN	7
4.2 ANALYS AV EMULSIONER	12
4.2.1 <i>Nygen 910</i>	12
4.2.2 <i>Storflux</i>	13
4.3 EKONOMI	13
4.4 SAMMANSTÄLLNING	15
5. SLUTSATS	15
LITTERATURFÖRTECKNING	16

1. BAKGRUND

Att kunna återvinna material är av största betydelse för att lyckas reducera det ökande utnyttjandet av jordens ändliga resurser. Både stenmaterial och bindemedel i asfaltmassor är fullt återvinningsbara vilket innebär att nya beläggningar kan utföras med enbart återvunnen asfalt (returasfalt). Begränsningar finns dock bland annat i att det återvunna bindemedlet är åldrat och sprött vilket ger en sämre kvalitet och beständighet (Silva et al. 2012). Detta är ett av problemen som begränsar mängden returasfalt i dagens asfaltmassor som tillverkas i Sverige. Gällande regelverk accepterar högst 20 % returasfalt i slitlager, 30 % i bindlager och 40 % i bärlager vid nytillverkning av varmblandade asfaltmassor (TDOK 2013:0529).

För att kunna öka halten återvinning och för att förbättra kvalitén på asfaltmassor med returasfalt kan det åldrade och spröda bindemedlet bearbetas så att det återfår sina ursprungliga egenskaper. Detta kan exempelvis åstadkommas genom att blanda in så kallade rejuvenatorer (föryngringsmedel) som mjukar upp det åldrade bindemedlet. Högraffinerade mineraloljor är ett exempel på sådana föryngringsmedel (Gustavsson och Thylander 2013), men föryngringsmedel kan även vara framställt från bioprodukter som exempelvis tall- eller cashewnötsoolja. Önskvärt är att en ideal rejuvenator skall kunna återställa både de mekaniska egenskaperna och den kemiska sammansättningen i ett åldrat bindemedel (Lehtimäki 2012). Ett exempel på fördelar med att använda rejuvenatorer i returasfalt är förbättrade utmattningsegenskaper som bland annat har påvisats i tidigare SBUF projekt (Tyllgren 2010). I Sverige har dock användningen av rejuvenatorer varit mycket begränsad de senaste åren. Rejuvenatorer används annars flitigt i ett flertal länder och exempel finns från Tyskland där rejuvenatorer har möjliggjort ett användande av omkring 85 % returasfalt i nya varmblandade asfaltmassor producerade i asfaltverk (Aksell 2015). För så höga halter returasfalt krävs förutom föryngringsprocessen av returasfalten även en förbättrad logistik av fräsmassor som bör sorteras efter typ och kvalitet.

Det finns även en potential att tillsätta rejuvenatorer vid remixing, där en befintlig beläggning värms upp, fräses, blandas med ny massa och läggs ut, för att förbättra den remixade massans kvalitet. Remixing som utförs med SBS-emulsion har visat att beläggningars kvalitet kan förbättras avsevärt samtidigt som kostnaden och miljöpåverkan ofta är lägre än vid andra typer av beläggningsåtgärder (Holmqvist och Jansson 2010). Utnyttjandet av emulsioner vid remixing bidrar till en förbättrad blandning av den nya och uppfrästa massan genom att vattenånga bildas som sänker viskositeten. Massan blir tack vare detta även mer lättpackad vilket ger ett lägre hålrum. Remixing av alltför åldrade bindemedel kan dock leda till beläggningar med försämrad beständighet och sprickbildning, särskilt vid återremixing. Därför finns ett behov av att vidareutveckla emulsioner som även innehåller rejuvenatorer.

Emulsioner innehållande rejuvenatorer kan bidra till en ökad användning av asfaltmassor med hög andel returasfalt samtidigt som kvaliteten bibehålls. En målsättning är att emulsioner med rejuvenatorer ska kunna användas både vid remixing och vid nytillverkning av lågtempererad varmasfalt (LTA) i asfaltverk.

Detta projekt är uppdelat i två etapper där laboratorieprovning för att identifiera lämpliga rejuvenatorer har utförts i Etapp 1. Nästföljande Etapp 2 kommer att bedrivas i fullskalemiljö där de nytvecklade SBS-emulsionerna med rejuvenatorer ska testas vid både remixing och tillverkning på asfaltverk.

2. SYFTE

Syftet med Etapp 1 i detta projekt är att i laboratoriemiljö identifiera och välja ut lämpliga rejuvenatorer med avseende på dess funktion och ekonomi för vidare fullskaleanvändning. Etapp 1 syftar även till att ta fram emulsioner som innehåller miljövänliga rejuvenatorer. I den efterföljande Etapp 2 avses de nya emulsionerna att användas i fullskaleprojekt vid remixing och vid tillverkning av nya LTA-massor vid verk. Den övergripande målsättningen med projektet är att möjliggöra en ökad återvinningsgrad med bibehållen eller bättre kvalitet. Samt att öka användningen av teknik som är miljövänlig och resurssparande.

3. METODIK

I Etapp 1 av projektet har olika rejuvenatorer utvärderats med avseende på deras prestanda som förnyngsmedel samt med avseende på kostnaden för respektive produkt. Denna utvärdering ligger till grund för valet av lämpliga rejuvenatorer som ska undersökas vidare för möjligheten att användas i en emulsion. Det finns ett flertal olika varianter av rejuvenatorer på dagens marknad och fyra av dessa har utvärderats i detta projekt:

- Rapfix
- Nygen 910
- Rheofalt
- Storflux

Utvärderingen av rejuvenatorerna har skett genom att återvinna bindemedel från returafalt och därefter tillsätta den mängd av respektive rejuvenator som krävs för att återskapa ett 70/100 bindemedel. Målet har varit att hitta en inblandningsmängd som resulterade i en mjukpunkt på 48 °C, vilket är ett representativt medelvärde för ett 70/100 bitumen. Processen med att hitta rätt inblandningsmängd startade med att respektive leverantör uppskattade den mängd som krävdes för att sänka mjukpunkten till 48 °C. I de fall den angivna mängden inte gav en tillräcklig sänkning har flera olika inblandningsmängder testats tills det att en önskad mjukpunkt har uppnåtts. Respektive blandning av rejuvenator och återvunnet bindemedel har jämförts mot ett jungfruligt 70/100 bindemedel samt mot det åldrade bindemedlet från returafalten. Alltså har följande sex produkter utvärderats i denna rapport:

- Bitumen från returafalt (benämns fortsättningsvis som returafalt)
- Jungfruligt 70/100
- Returafalt + Rapfix
- Returafalt + Nygen 910
- Returafalt + Rheofalt
- Returafalt + Storflux

Bindemedlet från returafalten har återvunnits genom att separera bindemedlet från stenmaterialet i en asfaltanalysator med hjälp av metylenklorid. Därefter har den metylenklorid som blandats med bindemedlet skiljts ur genom avdunstning i en rotavapor. Det återvunna bituminet har sedan fördelats för att möjliggöra blandningar med olika rejuvenatorer. Dessa har blandats i 15 minuter med det återvunna bituminet i en high-shear mixer för att säkerställa fullgod blandning.

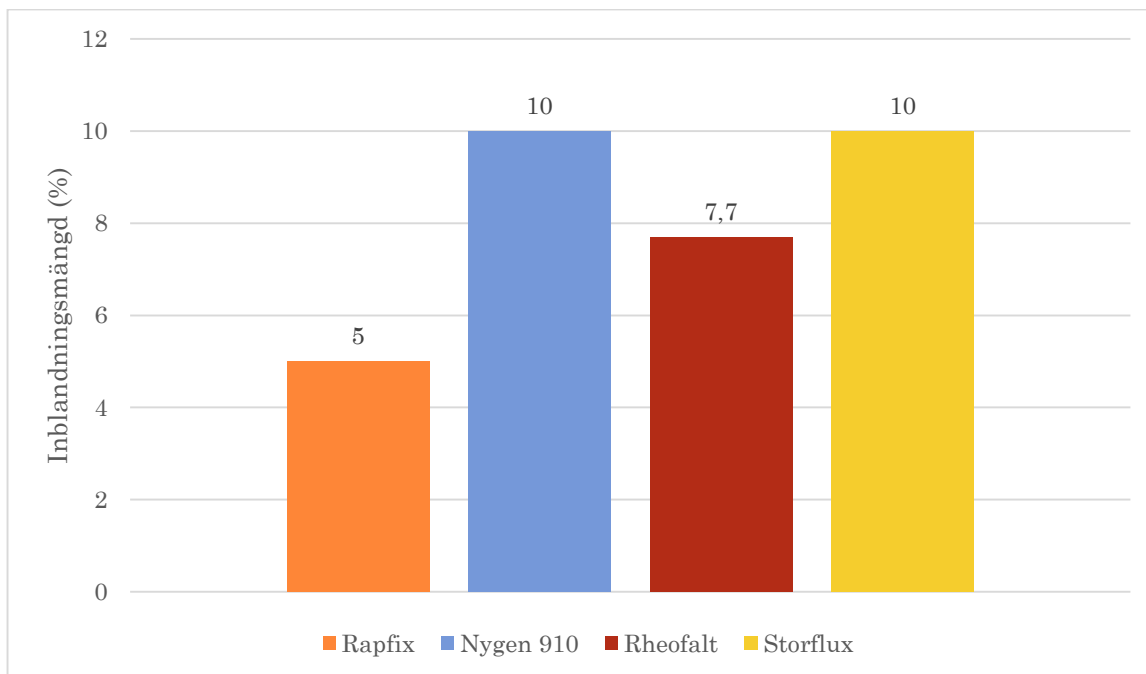
Studien har bedrivits som en jämförande studie med ett antal olika provningsmetoder för att mäta mekaniska egenskaper i bitumen. Provningsmetoderna har valts utifrån Trafikverkets specifikationer på penetrationsbestämda bitumen (TDOK 2013:0529). Följande bindemedelsanalyser har utförts för att undersöka funktionen av respektive rejuvenator:

- Rolling Thin-Film Oven Test (RTFOT) – korttidsåldring som simulerar en massas åldring under produktion till färdig beläggning
- Mjukpunkt före och efter RTFOT
- Penetration före och efter RTFOT
- Viktförändring efter RTFOT
- Brytpunkt Fraass
- Kinematisk viskositet vid 135 °C
- Dynamisk viskositet vid 60 °C

Dessa analyser är grundläggande för att undersöka om respektive rejuvenator uppfyller de gällande krav som ställs på penetrationsbitumen. För noggrannare analyser av rejuvenatorers påverkan av de mekaniska egenskaperna på bitumen kan exempelvis den komplexa skjuvmodulen mätas i en Dynamic Shear Rheometer (DSR). Det finns dock exempel på uppmätta skjuvmoduler på bitumen med och utan rejuvenatorer som visar att det inte blir en markant förändring i bindemedlets temperatur- eller frekvensberoende (Lehtimäki 2012). Å andra sidan har nya resultat visat att upprepade åldrings- och förnygringscykler leder till förändringar i bindemedlets masterkurva av den komplexa skjuvmodulen (Blomberg 2015).

4. RESULTAT

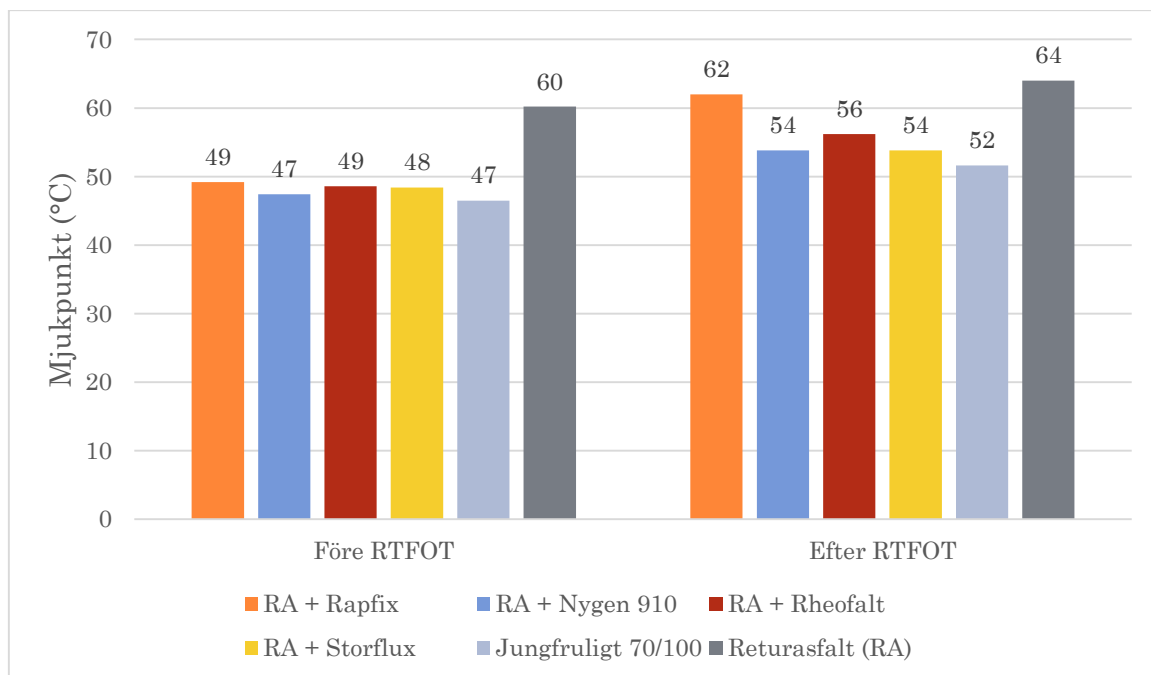
Figur 1 visar inblandningsmängden i vikt-% av respektive rejuvenator som krävdes för att blandningen med returafalten skulle uppnå en mjukpunkt på omkring 48 °C. Ett flertal försök med olika inblandningsmängder har utförts för några av rejuvenatorerna för att uppnå den önskade mjukpunkten på slutprodukten.



Figur 1. Inblandningsmängd för respektive rejuvenator för att återskapa ett 70/100 bitumen av ett återvunnet bitumen från returafalt med mjukpunkt på 60°C

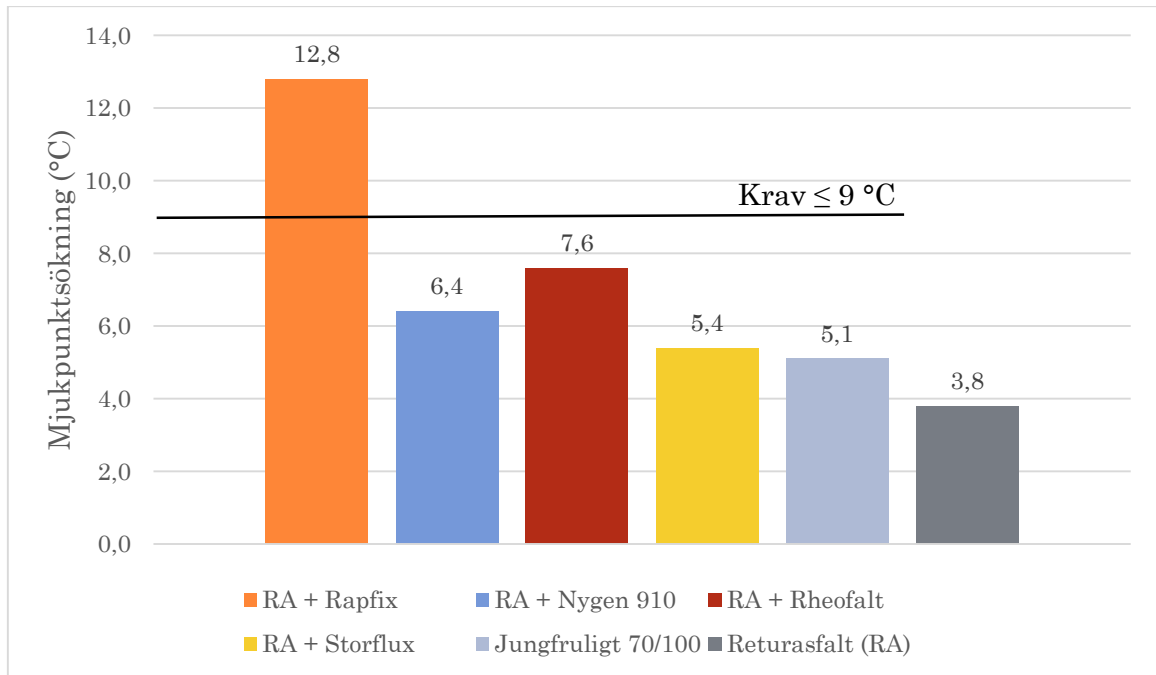
4.1 Analys av återvunnet bitumen

I Figur 2 presenteras mjukpunkten före och efter korttidsåldring genom RTFOT för de 6 olika produkterna. Mjukpunkten för ett 70/100 bitumen skall enligt specifikationerna vara mellan 43 till 51 °C före RTFOT (TDOK 2013:0529). Samtliga rejuvenatorer har bidragit till att sänka mjukpunkten av returafaltens återvunna bindemedel från 60 °C till omkring 48 °C. Före RTFOT-åldringen har således det återvunna bindemedlet med rejuvenatorer ungefär samma mjukpunkt som det jungfruliga 70/100 bindemedlet. Efter RTFOT-åldringen höjdes som förväntat mjukpunkten för samtliga produkter. Dock så särskiljer sig mjukpunkten för RA + Rapfix efter RTFOT från övriga rejuvenatorer med en markant större förändring. Mjukpunkten för RA + Rapfix efter åldringen ligger i nivå med returafaltens mjukpunkt.



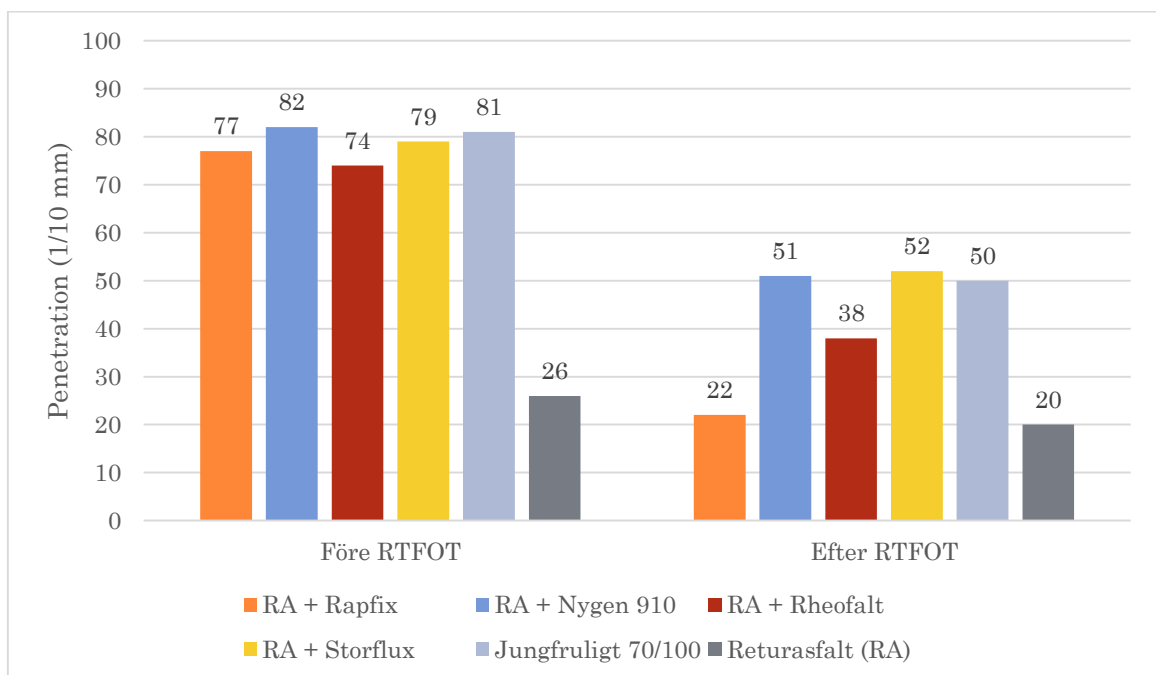
Figur 2. Mjukpunkt före och efter RTFOT

Mjukpunktsökning visas i Figur 3 där även kravet för ett 70/100 bindemedel på en maximal ökning med 9 °C enligt Trafikverkets specifikationer presenteras (TDOK 2013:0529). Mjukpunkten för RA + Rapfix ökar med nästan 13 °C efter RTFOT-åldringen vilket är tydligt över ställda krav. Övriga rejuvenatorer klarar kraven medan det redan hårda återvunna bituminet från returasfalten har den lägsta mjukpunktförändringen. RA + Storflux är den rejuvenator med lägst mjukpunktsökning och som ligger närmast värdet av mjukpunktsökningen av det jungfruliga 70/100 bituminet.



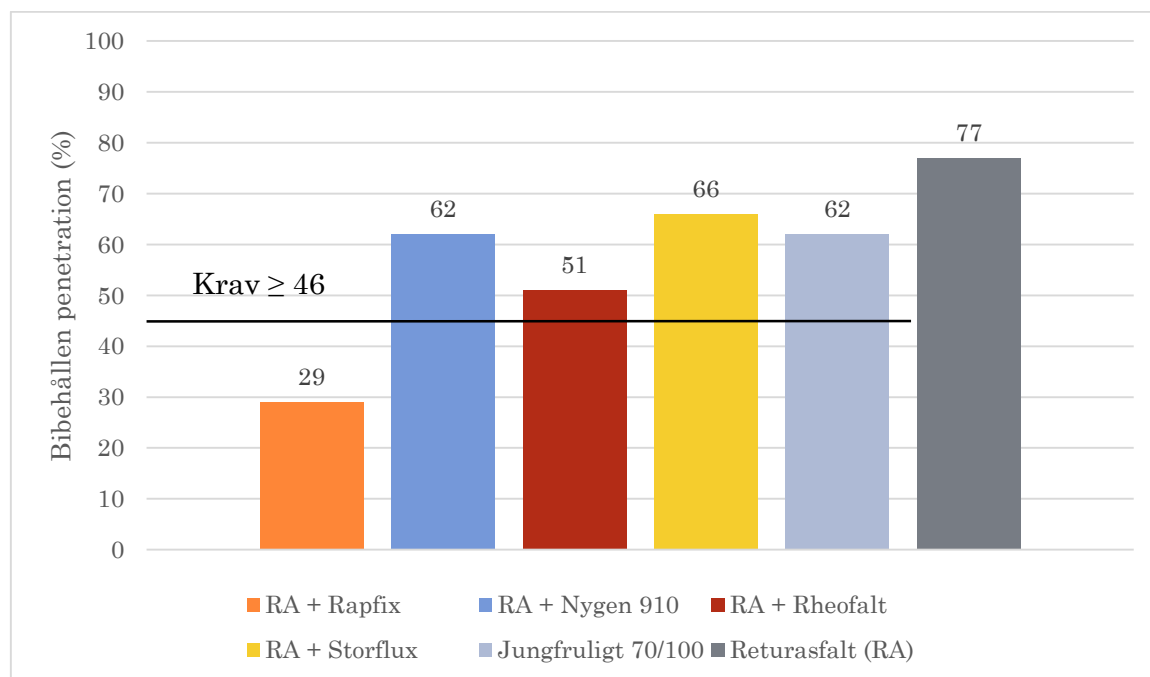
Figur 3. Mjukpunktsförändring efter RTFOT

Figur 4 presenterar penetrationen före och efter RTFOT. Samtliga bindemedel bestående av returasfalt och rejuvenatorer har en penetration mellan 70/100 före RTFOT. Samtliga rejuvenatorer har alltså lyckats förändra penetrationen på returasfalten från 26 till att kunna klassas som ett 70/100 bitumen. Penetrationen efter RTFOT visar att Nygen 910 och Storflux utmärker sig från de övriga rejuvenatorerna med goda resultat som är i samma klass som ett jungfruligt bitumen. Rapfix har däremot tappat hela förnyringseffekten efter korttidssåldringen och ligger i samma penetrationsnivå som det återvunna bituminet från returasfalten utan rejuvenator.



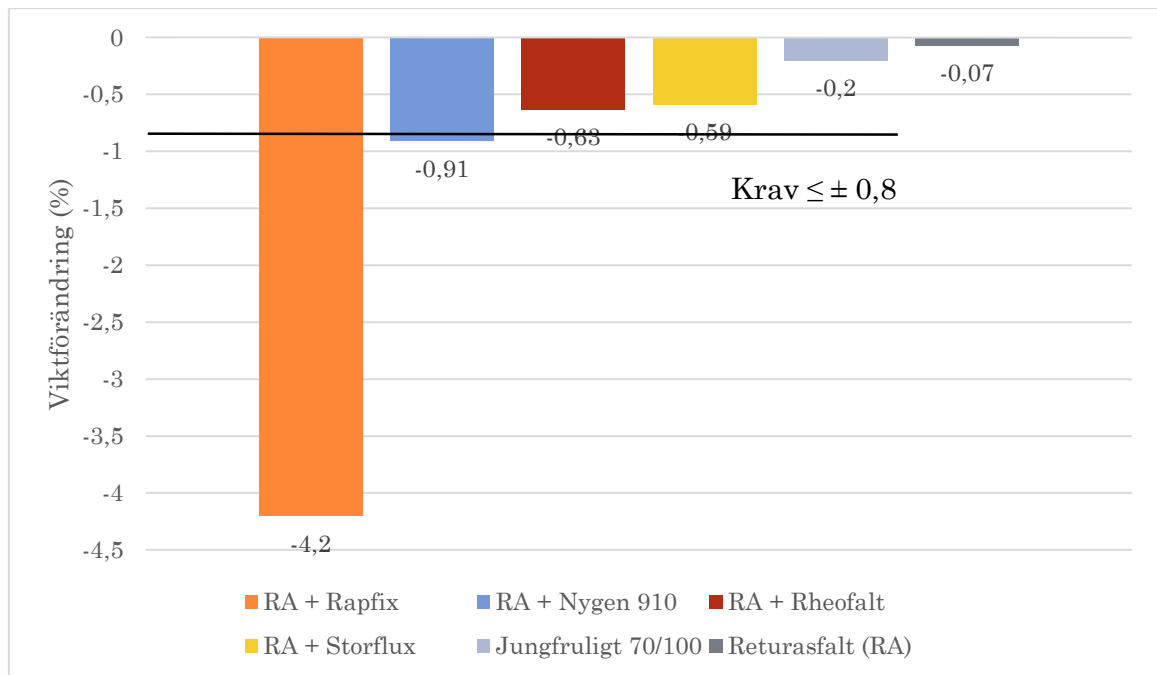
Figur 4. Penetration vid 25 °C före och efter RTFOT

Figur 5 visar den bibehållna penetrationen i procent och kravet som innebär att produkten måste bibehålla 46 % eller mer i penetrationsvärde efter korttidssåldring genom RTFOT. Liksom för mjukpunkten klarar inte Rapfix detta krav medan samtliga övriga produkter ligger på rätt sida av kravet.



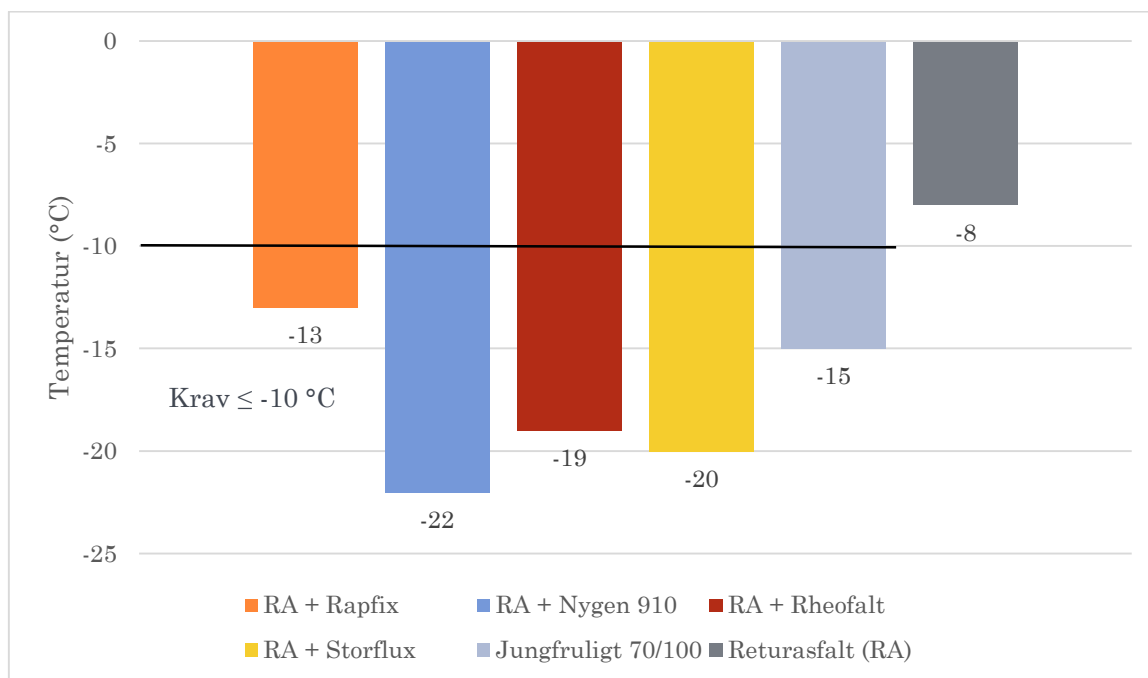
Figur 5. Bibehållen penetration efter RTFOT

Figur 6 presenterar viktförändringen efter RTFOT. Utmärkande för dessa resultat är den stora viktförlusten för Rapfix som med största sannolikhet beror på att rejuvenatorn i sig har en flampunkt lägre än den temperatur (163 °C) som produkterna upphettas till under åldringsprocessen. Detta kan förklara de stora förändringarna i penetration och mjukpunkt efter RTFOT för bindemedlet innehållande denna rejuvenator. Notera att inblandningsmängden av Rapfix i returasfalten var 5 % och viktförändringen för denna blandning efter RTFOT blev 4,2 %. Tillsammans med resultaten av bitumenprovningarna indikerar detta att en stor del av rejuvenatorn kan ha försvunnit i åldringsprocessen. Kravet innebär att viktförändringen skall vara mindre än $\pm 0,8$ % vilket Rapfix tydligt inte uppfyller. Även Nygen 910 ligger marginellt utanför detta krav medan övriga produkter klarar kraven.



Figur 6. Viktförändring efter RTFOT

Förändringar i lågtemperaturegenskaper från inblandning av rejuvenatorerna har undersökts genom brytpunkt Fraass som presenteras i Figur 7. Kravet för ett 70/100 bitumen är att brytpunkten skall vara lägre än $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ för ett icke åldrat bitumen. Samtliga bindemedel klarar detta krav, förutom just returasfalten. Resultaten visar även i tre av fyra fall där rejuvenatorer har blandats med returasfalten att dessa bindemedel får en lägre temperatur för brytpunkten än ett jungfruligt 70/100, vilket indikerar på förbättrade lågtemperaturegenskaper. För att undersöka detta mer noggrant bör ytterligare provning som TSRST och komplex skjuvmodul vid låga temperaturer genomföras. Tidigare TSRST provning har visat just på denna förbättring i lågtemperaturegenskaper för massor innehållande rejuvenatorer i jämförelse mot en jungfrulig massa (Shen et al. 2007). I motsats till förbättrade lågtemperaturegenskaper finns en risk att rejuvenatorer försämrar deformationsegenskaperna på grund av den mjukgörande effekten i jämförelse mot ett jungfruligt bindemedel med samma klassificering (Shen et al. 2007). Därför bör även asfaltmassa innehållande rejuvenatorer utvärderas för att säkerställa att slutprodukten inte får försämrade deformationsegenskaper i jämförelse mot en jungfrulig massa.



Figur 7. Brytpunkt Fraass

4.2 Analys av emulsioner

Ett möjligt användningsområde för emulsioner innehållande rejuvenatorer är vid remixing där denna typ av emulsion kan förnygra den åldrade befintliga beläggningen och därmed förlänga livslängden på remixade beläggningar. Detta kan också göra det möjligt att remixa samma beläggning flera gånger och ändå bevara en tillfredställande beläggningskvalitet. Emulsioner med rejuvenatorer har även potential att öka återvinningshalten samt sänka tillverkningstemperaturen av asfaltmassor producerade i varmasfaltverk. Tekniken med tillsättning av emulsion i varmasfaltverk är ovanlig, men kan möjliggöra en tillverkning av lågtempererade asfaltmassor (LTA) genom att ångbildningen från vattnet i emulsionen tillfälligt sänker bindemedlets viskositet och ökar dess volym (skumteknik). Försök med att producera emulsioner innehållande förnygringsmedel har därför utförts med två av de fyra rejuvenatorerna, nämligen Nygen 910 och Storflux.

4.2.1 Nygen 910

Försöken med att producera en emulsion innehållande Nygen 910 visade sig fungera väl. Blandningen av emulsion och rejuvenator bestod av en bitumenfas på ca 71 % innehållande bitumen, rejuvenator och oljedestillat, samt en vattenfas på ca 29 % bestående av emulgator, saltsyra och kalciumklorid. Rejuvenatorn utgjorde ca 23 % av bitumenfasen. Ett antal analyser utfördes för att undersöka emulsionens kvalitet. Emulsionen resulterade i ett pH-värde på 2,6 vilket innebär att den inte är frätande som emulsioner med pH-värde under 2 är. Utrinringstiden från ett 4 mm rör vid 40 °C var 14 sekunder vilket är snabbt jämfört mot vanliga emulsioner. Det är typiska värden för polymermodifierade emulsioner. Återstoden efter silning med en 0,5 mm sil blev 0,004 vikt-% vilket är mycket lågt (jmf. kravet $\leq 0,1$ vikt-%) och indikerar en mycket god kvalitet.

Normala värden efter produktionen ligger på upp till 0,04 vikt-%. Återstoden efter silning efter sju dygn lagring förändrade sig inte nämnvärt (0,005 vikt-%) vilket tyder på en mycket god stabilitet (krav $\leq 0,1$ vikt-%). En typisk emulsion kan gå upp till 0,1 vikt-% efter sju dygns lagring. Brytningstestet resulterade i 80 g/100g vilket innebär att emulsionen är snabbbrytande. Utifrån dessa resultat kommer emulsionen med stor sannolikhet fungera alldeles utmärkt i kommande fullskaleförsök.

4.2.2 Storflux

Försöken med att producera en emulsion innehållande Storflux visade sig i motsats till Nygen 910 inte fungera väl. Fem försök med olika recept genomfördes utan lyckas producera emulsionen. Vid försöken steg trycket i kvarnen vilket gjorde att den stannade och att försöken därmed avbröts. Vid emulgering av bitumen behöver bitumenet sönderdelas i droppar. Om bitumenet och/eller rejuvenatorn inte dispergeras i vattnet som droppar kan det fastna i värmväxlaren där en snabb nedkyllning sker. En plugg fås då i rörledningen med en tryckhöjning som följd och kvarnen kan stanna, vilket alltså skedde för denna rejuvenator.

4.3 Ekonomi

Baserat på inblandningsmängden (se Figur 1) och priset på produkterna har kostnaden för respektive rejuvenator uppskattats (se Tabell 1-4). Beräkningen grundar sig på att åstadkomma en sänkning av ett bindemedels mjukpunkt från 60 °C i ett ton returafalt med en bindemedelshalt på 5 % till mjukpunkten för ett 70/100 bitumen (~48 °C). Notera dock att jämförelsen endast baseras på materialkostnader och att inblandningsmängden har bestämts genom en direkt blandning med enbart det återvunna bindemedlet. Vid en blandning med själva returafalten kan denna inblandningsmängd möjligtvis behöva justeras för att erhålla önskade resultat. Tabellerna presenterar differensen mellan en asfaltmassa innehållande returafalt samt rejuvenator och en asfaltmassa innehållande returafalt utan rejuvenator. Differensen, som presenteras för ett flertal olika halter returafalt, visar att Storflux har den lägsta kostnaden i jämförelse mot de övriga produkterna.

Tabell 1. Kostnadsjämförelse för asfaltmassa med X % returafalt och Storflux mot en referensafaltmassa med X % returafalt. OBS beräkningen är endast baserad på materialkostnader.

DIFFERENS (kr/ton) = STORFLUX - REFERENS		Massa med X % Returafalt och Storflux				
		30 % RA + Rej.	40 % RA + Rej.	50 % RA + Rej.	60 % RA + Rej.	70 % RA + Rej.
Referensmassa med X % RA	Ref. 20 % RA	-13	-31	-50	-69	-88
	Ref. 30 % RA	6	-13	-31	-50	-69
	Ref. 40 % RA		6	-12	-31	-50
	Ref. 50 % RA			7	-12	-31

Tabell 2. Kostnadsjämförelse för asfaltmassa med X % returafalt och Nygen 910 mot en referensasfaltmassa med X % returafalt. OBS beräkningen är endast baserad på materialkostnader.

DIFFERENS (kr/ton) = NYGEN 910 - REFERENS		Massa med X % Returasfalt och Nygen 910				
		30 % RA + Rej.	40 % RA + Rej.	50 % RA + Rej.	60 % RA + Rej.	70 % RA + Rej.
Referensmassa med X % RA	Ref. 20 % RA	0	-14	-29	-43	-58
	Ref. 30 % RA	19	5	-10	-24	-39
	Ref. 40 % RA		24	9	-6	-20
	Ref. 50 % RA			28	13	-1

Tabell 3. Kostnadsjämförelse för asfaltmassa med X % returafalt och Rheofalt mot en referensasfaltmassa med X % returafalt. OBS beräkningen är endast baserad på materialkostnader.

DIFFERENS (kr/ton) = RHEOFALT - REFERENS		Massa med X % Returasfalt och Rheofalt				
		30 % RA + Rej.	40 % RA + Rej.	50 % RA + Rej.	60 % RA + Rej.	70 % RA + Rej.
Referensmassa med X % RA	Ref. 20 % RA	6	-6	-18	-31	-43
	Ref. 30 % RA	25	13	1	-12	-24
	Ref. 40 % RA		32	19	7	-5
	Ref. 50 % RA			38	26	14

Tabell 4. Kostnadsjämförelse för asfaltmassa med X % returafalt och Rapfix mot en referensasfaltmassa med X % returafalt. OBS beräkningen är endast baserad på materialkostnader.

DIFFERENS (kr/ton) = RAPFIX - REFERENS		Massa med X % Returasfalt och Rapfix				
		30 % RA + Rej.	40 % RA + Rej.	50 % RA + Rej.	60 % RA + Rej.	70 % RA + Rej.
Referensmassa med X % RA	Ref. 20 % RA	-5	-21	-37	-53	-69
	Ref. 30 % RA	14	-2	-18	-34	-50
	Ref. 40 % RA		17	1	-15	-31
	Ref. 50 % RA			20	4	-13

4.4 Sammanställning

Den dynamiska och kinematiska viskositeten presenteras tillsammans med samtliga övriga resultat i Tabell 5. Kraven på viskositet enligt TDOK 2013:0529 för de två metoderna uppfylls för samtliga produkter. Tabell 5 tydliggör även de produkter och provmetoder där kraven inte uppfylls. Nygen 910 klarar inte viktförändringen och Rapfix ligger utanför kraven i tre olika metoder. Både Rheofalt och Storflux klarar samtliga krav och den sistnämnda resulterade i bättre resultat som ligger i nivå med ett jungfruligt 70/100 bitumen. Dessutom ger Storflux den lägsta kostnaden i jämförelse mot övriga testade rejuvenatorer.

Tabell 5. Sammanställning av bitumenprovningen inklusive dynamisk och kinematisk viskositet på återvunnet bitumen blandat med rejuvenatorer samt jungfruligt 70/100 bitumen

	70/100	Rapfix	Nygen 910	Rheofalt	Storflux	KRAV
Inblandningsmängd (%)		5	10	7,7	10	
Mjukpunkt (°C)	47	49	47	49	48	43-51
Penetration (1/10 mm)	81	77	82	74	79	70-100
Mjukpunktsökning (°C) efter RTFOT	5,1	12,8	6,4	7,6	5,4	≤ 9
Bibehållen penetration (%) efter RTFOT	62	29	62	51	66	≥ 46
Fraass (°C)	-15	-13	-22	-19	-20	≤ -10
Kinematisk viskositet (mm ² /s)	367,4	429,3	374,3	461,6	378,7	≥ 230
Dynamisk viskositet (Pa·s)	172,3	255	191,5	251	214,3	≥ 90
Viktförändring (%)	-0,2	-4,2	-0,91	-0,63	-0,59	≤ ± 0,8
Emulsion			JA		NEJ	

5. SLUTSATS

Utifrån resultaten som presenterats i denna rapport har rejuvenatorer som kan användas till att förbättra egenskaperna i åldrat bitumen identifierats. Dessa produkter har därmed en stor potential till att bidra med en ökad kvalitet i asfaltmassor med hög återvinningshalt.

Korttidsåldringen genom RTFOT visade att vissa produkter är känsliga mot åldringsförsök i laboratoriemiljö som simulerar verklig åldring från tillverkning till färdig beläggning. Det är inte givet att denna effekt även uppstår i den verkliga produktionen, men det belyser risken med att föryngringsmedel kan tappa något eller stora delar av sin funktion under tillverkningen.

Den ekonomiska analysen indikerar att samtliga rejuvenatorer som kan erbjuda en bibehållen prestanda i jämförelse mot ett jungfruligt material kan bidra till sänkta kostnader vid tillverkningen av varmblandade asfaltmassor. Detta genom att möjliggöra en större andel returafalt med bibehållen eller förbättrad kvalitet.

En SBS-emulsion med rejuvenator har utvecklats och de utförda provningarna visar på mycket goda egenskaper. Denna emulsion har stor potential att förbättra kvaliteten vid remixing samt kan även möjliggöra en temperatursänkning vid tillverkning av asfalt i varmverk.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Aksell, K. J. (2015). "Studieresa till Tyskland med Asfaltforum", specialistseminarium NVF Utskott Beläggningar, Hög återvinningsgrad – Vägen framåt, Stockholm, 2015-01-22.
- Blomberg, T. (2015). "Changes in binder properties in aging and rejuvenation", The Norwegian Asphalt Association, NABin, Oslo 2015-10-20.
- Gustavsson, N., Thylander, R. (2013). "Metod för bestämning av mängd förnyngsmedel till returafalt", Examensarbete LTH Campus Helsingborg.
- Holmqvist, L., Jansson, L. (2010). "Remixing med SBS-emulsion - Etapp 1", SBUF Rapport 12101
- Lehtimäki, H. (2012). "Rejuvenating RAP with light oil products and a new mixing method for hot in-plant recycling", Via Nordica, Reykjavik, Island, 2012-06-(11-13).
- Shen, J., Amir Khanian, S., Tang, B. (2007). "Effects of rejuvenator on performance-based properties of rejuvenated asphalt binder and mixtures", Construction and Building Materials, Vol. 21, 958-964.
- Silva, H.M.R.D., Oliviera, J.R.M., Jesus, C.M.G. (2012). "Are totally recycled hot mix asphalts a sustainable alternative for road paving? ", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 60, 38-48.
- Tyllgren, P. (2010). "Förnyngning av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel", Skanska ra100215a, SBUF Rapport 12230.
- TDOK 2013:0529, TRVKB 10 Bitumenbundna lager, Trafikverkets Krav Beskrivningstexter för Bitumenbundna lager i vägkonstruktioner, Kenneth Lind, 2014-07-01, Trafikverket.