

# SBUF projekt 11933

## Vax i bitumen för gjutasfalt



Rökutveckling vid läggning av PGJA utan vaxinblandning



Rökutveckling vid läggning av PGJA med vaxinblandning

2009-01-10  
NCC Roads AB/BINAB  
Anders Bergman

# Innehållsförteckning

- 1 Sammanfattning**
- 2 Syfte och mål**
- 3 Metoder**
- 4 Bilaga 1 och 2 “Vad är vax i bitumen”**
- 5 Bilaga 3 Examensjobb**
- 6 Fullskaleprovningar**
- 7 Presentationer**
- 8 Slutord**



**Objekt 1**

**En färdig beläggning med gjutasfalt PGJA 8  
med 4% vax i bitumendelen.**

# 1 Sammanfattning

Projektet startade med anledning av att nya Europeiska normer troligtvis kommer att begränsa temperaturen på gjutasfalt till 200 grader C vid utläggning och tillverkning.

En studie startades på KTH, under ledning av Ylva Edwards som undersökte polymerbitumens (PMB 32) egenskaper vid inblandning av olika typer av vax. Olika stora inblandningsmängder provades också för att se om egenskaper på bitumenet förändrades med hänseende på stabilitet och lågtemperatur-egenskaper. Dessa provningar visade, att det fanns all anledning att gå vidare med tester av den färdiga gjutasfalten.

Fullskaletesterna visar, att vax som tillsatts i bitumen gör det möjligt att lägga gjutasfaltbeläggningar vid betydligt lägre temperaturer än med traditionellt bitumen utan förändrade egenskaper. Projektet visar, att en temperatursänkning med upp till 20 till 30 grader är möjlig. För det krävs att de olika aktörerna i branschen anpassar råvaran, tillverkningsmetoder och utläggningen till de mål som projektet visar vara uppnåeliga. Det blir en kostnadsfördyring men den bör stanna på en nivå som gör produkten fortsatt intressant för marknaden.

I projektet har ingått:

## Styrgrupp

Ylva Edwards	KTH
Bengt Sandman	Nynäs Bitumen
Johan Fredriksson	BINAB
Niklas Andersson	BINAB
Anders Bergman	BINAB Projektledare

## Referensgrupp

Nils Ulmgren	NCC Roads
Mikael Kinnmark	GAFS Gjutasfaltföreningen i Sverige
Sven Fahlström	Nynäs Bitumen
Rolf Hedlycke	SEKO
Ulf Gustavsson	BINAB/ SEKO
Jonas Ekblad	NCC Roads
Andreas Miderman	KTH Examensarbete
Mizanur Rahman	KTH Examensarbete

## 2 Syfte och mål

Projektet avser att undersöka om gjutasfalt kan läggas vid en lägre temperatur än +200 grader. Detta föranleds av att vi förväntas få myndighetskrav som förbjuder arbete med bituminösa produkter vid temperaturer över +200 grader. Kravet motiveras av att skadlig asfaltrök bildas vid höga temperaturer. Vid tidigare forskning har man klart kunnat påvisa, att asfaltrök vid höga koncentrationer är skadlig för montörernas hälsa. Vi inomhusläggning skall därför ventilation ordnas och andningsskydd användas. Båda dessa åtgärder är svåra att efterleva i det praktiska arbetet. Lägre temperatur på gjutasfaltmassan påverkar även behovet av energi vid tillverkning och transport, vilket är gynnsamt för miljön.

För att rätt kunna värdera ”läggbarheten” på en gjutasfalt måste vi även utforma och standardisera en metod för provning av densamma. Vi kommer därför inom projektet att utforma en provningsmetod som på ett snabbt och enkelt sätt kan mäta massans läggbarhet vid olika temperaturer.

Målet är en läggbar polymergjutasfalt i temperaturer under +200 grader Celsius.

## 3 Metoder

Vår första åtgärd var att undersöka bitumenets egenskaper vid olika typer och mängder av vax som tillsatsmedel. En bra väg att börja med är endast bitumen utan tillsatser av filler och stenmaterial då provvärdena blir mer exakta och betydligt enklare att följa upp. Därför ska KTH utföra dessa provningar innan tester av gjutasfalt påbörjas.

För att rätt kunna bedöma effekten av tillsatsmedlet vax måste vi utgå ifrån dagens gjutasfalt och utifrån den bedöma effekten av tillsatsmedlet vax.

- Vi provade en standardiserad gjutasfalt PGJA8 och utifrån den tillsatte vi olika typer av vax och provning utfördes i olika temperaturområden.
- Vi testade gjutasfalten på gängse sätt med;
  - stämpelbelastningsprovning,
  - stabilitetsprovning,
  - och den nya Flyt Cylinder Metoden, FCM.

## Bilder på FCM Flytcylindermetoden



Gjutasfalt fylls i en cylinder vid en exakt temperatur och mängd.



Därefter lyfts cylindern och gjutasfalten rinner ut.



Den utflutna "kakans" diameter mäts efter olika tidsintervaller.

## 4 Bitumenprovning

Denna provning har utförts på KTH under ledning av Ylva Edwards. Vårt utgångsmaterial var bitumen av typen PGJA med ca 4 % inblandning av SBS-polymerer. Vi avsåg att testa 2 olika typer av vax: Sasobit och Asfalthan A. Vi provade båda sorterna med 3 respektive 6 % inblandning av vax.

A Vax som tillsatsmedel i gjutasfalt 2007-03.

B Rapport 2007-06

Båda rapporterna är bifogade som egna filer C och D.

## 5 Gjutasfaltprovning

Hela provningsprogrammet är redovisat i examensarbete utfört av Andreas Miderman och Rahman Mizanur som bifogas som särskild fil B

### Sammanfattning av examensarbetet

Vi bestämde i första omgången, efter resultatet av bitumentesterna, att utföra provning med 3% inblandning av vax i bitumenmängden. Utgångsmaterial var 10 ton PGJA 8 enligt standardrecept med 8% inblandning av PMB 32.

#### Prov 1

1 ton utan att vi tillsatt något vax. Vi testade med FCM-metoden och en subjektiv utläggning av massan i 30 mm tjocklek. Provningstemperatur +205 grader

#### Prov 2

1 ton med tillsats av 3% vax av typ Sasobit. Provningstemperatur +180 och +200 grader.

#### Prov 3

1 ton med tillsats av 3% vax typ Asfalthan A. Provningstemperatur +180 och +200 grader.

#### Prov 4

1 ton med tillsats av 1½% Sasobit och 1½% Asfalthan A. Provningstemperatur +180 och +200 grader.

I en andra omgång testade vi Asphaltan A med 4 % inblandning.

Gjutasfaltprovningen kompletterades av en manuell läggning av de olika satserna. Den bedömningen var endast till som referent till övrig provning.

Provningen visar, att vax ej har någon nämnvärd inverkan på gjutasfaltens stämpel- och stabilitetsvärden.

FCM-metoden visar på ett klart sätt massans läggbarhet i olika temperaturer. Bästa diameter för utvärdering torde vara 50 cm.



Tappning av första satsen av gjutasfalt vid fullskaleprovningen.



Praktisk läggning för jämförelse med FCM-metoden.

## 6 Provning i fullskalemodell

**Två provningar i full skala har genomförts.**

### Objekt 1

Är beskrivet i detalj i bifogat examensarbete.

Objektet var ett varmgarage i Frösundavik, Solna.

Ett parkeringsdäck med nyläggning av 1 lag bitumenmatta skarv- och kantklistrad samt med 25 mm tjock PGJA 8 gjutasfaltbeläggning.

Beläggningen utfördes för hand och massan transporterades in till arbetsplatsen med maskinell dumper, med omrörning och uppvärmningsmöjlighet, från transportkokare.

Referensmassan var en standard PGJA 8 för parkeringsändamål. Stämpelvärde ca 3-5 minuter.

Formstabilitet mindre än 2 mm.



Massan var läggbar för hand med läggträ vid +230 grader och med raka vid +237 grader.

Gjutasfalten med 4 % Asphaltanvax inblandad men för övrigt med samma ingångsmaterial och förfaringssätt.

Massan var läggbar vid +205 grader med läggträ och vid +210 grader med raka.

## Objekt 2

Kallgarage under tak Huddinge centrum.

Ett parkeringsdäck med nyläggning av 1 lag bitumenmatta skarv- och kantklistrad samt med 25 mm tjock PGJA 8 gjutasfaltbeläggning.

Beläggningen utfördes för hand och massan transporterades in till arbetsplatsen med maskinell dumper, med omrörning och uppvärmningsmöjlighet från transportkokare.

Referensmassan var en standard PGJA 8 för parkeringsändamål. Stämpelvärde ca 3-5 minuter

Formstabilitet mindre än 2 mm.

Massan var läggbar för hand med läggträ vid +227 grader och med raka vid +237 grader.

Gjutasfalten med 4 % Asphaltanvax inblandad men för övrigt med samma ingångsmaterial och förfaringssätt.

Massan var läggbar vid +200 grader med läggträ och vid +210 grader med raka.

För båda objekten kan man sammanfatta intrycken enligt följande;

- Ingen påverkan på gjutasfaltens egenskaper har kunnat påvisas.
- Gjutasfalten med vaxinblandning förorsakar betydligt mindre rökutveckling än referensmassan. Det beror givetvis på den stora temperaturskillnaden vid utläggningen och inte på massans sammansättning.
- En viss ”matthet” på ytan kan ses på den del som har vaxtillsats. Denna matthet försvinner dock vid användning av ytorna. Efter några veckor är skillnaden ej märkbar.





### **Objekt 2**

Arbetet kunde utföras utan att nämnvärd rökutveckling tack vare lägre läggningstemperatur.

## **7 Utförda presentationer av forskningsprojektet**

**Ett stort intresse för forskningsprojektet har medfört att vi under hand presenterat delar av projektet. Branschen i hela Europa följer med stort intresse våra försök att minska temperaturen på gjutasfalt vid läggningstillfället.**

**Presentationerna visas på bifogade filer E-J**

F) Ylva Edwards, Ulf Isacson, 2008

Experience of adding wax to bitumen and asphalt mixture products

TRA 2008, 21-24 April 2008, Ljubljana, Paper No. 13.5.6

- G) Ylva Edwards, 2008,  
Influence of waxes on polymer modified mastic asphalt performance  
Eurasphalt & Eurobitume Congress, 21-23 May 2008, Copenhagen, Paper No.  
401-014
- H) Ylva Edwards, 2008,  
Swedish experience of modified binders and asphalt mixtures  
5th International Transport Conference in Wuppertal, 28-29 augusti
- E) Ylva Edwards, 2007,  
Influence of waxes on polymer modified mastic asphalt performance  
EMAA European Mastic Asphalt Association annual meeting in Potsdam 20-21  
September 2007
- I) Drift o Underhållskurs KTH AF218V nov 2008
- J) Anders Bergman dec 2008  
Kort sammanfattning av projektet för styr- och referensgrupperna  
-) Ylwa Edwards 2009  
Transportforum I Linköping 8-9 jan

## 8 Slutord

Projektet har klart bevisat, att man med hjälp av lämplig vaxtillsats kan sänka temperaturen på gjutasfaltmassan vid utläggning med upp till 30 grader. Bitumen med vaxinblandning visade klara resultat som motiverade en fortsatt produktion. Gjutasfalt tillverkad med en vaxinblandning i polymerbitumen är fullt genomförbar utan större förändringar i receptur och tillverkning. Gjutasfalten kan läggas vid lägre temperaturer och därmed mindre rökutveckling. Inga provningar visar förändrade egenskaper vad gäller stabilitet och lågtemperaturegenskaper vid en inblandning upp till 4% med vax typ Asphaltan A i bitumendelen.

Projektet har kunnat genomföras tack vare ett utomordentligt stort engagemang från framför allt Ylva Edwards, KTH. Projektet tackar också Andreas Miderman och Rahman Mizanur som utfört ett mycket bra examensarbete och arbetat fram en metod för att mäta gjutasfaltens läggbarhet. På NCC Roads / BINAB har Johan Fredriksson och Jonas Ekblad bidragit med mycket arbete och stor kunskap. SBUF och "Gjutasfaltföreningen i Sverige GAFFS" med dess medlemsföretag, har genom ekonomiska bidrag gjort projektet genomförbart.

Örebro i januari 2009

*Anders Bergman*

# Gjutasfalts läggbarhet med inverkan av vax och stenmaterial



KTH Vägteknik

Andreas Miderman  
Rahman Mizanur

## Förord

Detta examensarbete har utförts under hösten 2007 vid institutionen för Bygghvetenskap på avdelningen för Vägteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm.

Riktlinjerna och samordning för examensarbetet har utarbetats tillsammans med vår handledare Anders Bergman på BINAB och på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards.

I examensarbetet har inverkan av vaxtillsats i polymermodifierat gjutasfalt och stenkurvans utseende för läggbarhet undersökts. Arbetet har fokuserats på stenmaterialets egenskaper och geometri för att hitta en mer miljövänligt och lätthanterligt gjutasfalt för låga temperaturer.

Vi hoppas att examensarbetet har gett värdefulla kunskaper till BINAB, NCC Roads, Akalla om gjutasfaltens läggbarhet både ekonomiskt och arbetsmässigt vid produktion och utläggning. Samtidigt hoppas vi att läsaren får en bättre förståelse om läggbarhet vid låga temperaturer med hjälp av vax och stenmaterial.

### **Ett stort tack till**

Vår handledare på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards för stöd och hjälp under examensarbetets gång.

Vår handledare på BINAB, Anders Bergman för stöd, goda råd och konstruktiv vägledning.

Dr. Jonas Ekblad på NCC Roads, för hjälp och konstruktiv kritik.

Alla anställda på BINAB, NCC Roads, Akalla som har hjälpt oss och gjorde det möjligt för oss att genomföra vårt examensarbete, speciellt: Johan Fredriksson på laboratoriet, Jörgen Ågren och Håkon på BINAB, Akalla.

Stockholm, juli 2008

Andreas Miderman  
Rahman Mizanur

## Sammanfattning

NCC Roads tillsammans med GAFS genomför ett SBUF projekt som syftar till att sänka temperaturen på gjutasfalt vid utläggning och tillverkning, vilket resulterat i ett förslag till att undersöka vidare om stenkurvans utseende och form har stor betydelse för läggbarhet, vilket hade framkommit i deras projekt.

Människor som exponeras för höga halter miljöföroreningar, emissionsgaser riskerar hälsoproblem. Frågor kring möjligheter att sänka temperaturen på gjutasfalt samt att den ska kunna läggas utan att kvaliteten och stabiliteten rubbas med hjälp av vaxtillsatser och stenmaterialens form är mycket intressant för företag och samhället.

Avsikten med vårt examensarbete är att ge gjutasfalt tillverkaren BINAB en bättre läggbar gjutasfalt vid låga temperaturer, minskning av energiförbrukning samt förbättra arbetsmiljö för arbetarna och bidra till minskning av miljöfarliga föroreningar i luften, vi vill också ge alla läsare en bild av gjutasfaltsläggbarhet i låga temperaturer.

Detta examensarbete har behandlat stenkurvan samt vax i olika former och mängder dess påverkan på gjutasfaltens läggbarhet. Främst gäller det att finna en metod för mätning av gjutasfaltens läggbarhet men också hur samspelet mellan olika typer av stenmaterial och vaxtillsatser och dess läggbarhet samspelar.

Examensarbetet avgränsades till 4 % Asfaltan, samt de mest flisiga och mest kubiska stenmaterial som man kunde få tag i som vilket var 4-8 mm.

Genom denna studie framkom att det med hjälp av stenkurvans utseende, och form samt vaxinblandning (Asfaltan) kan gjutasfalt bli läggbar under 200°C.

I vårt arbete har vi undersökt och kommit fram till att med hjälp av vaxtillsatser och stenmaterial kan temperaturen på gjutasfalt sänkas ner mellan 20-40°C grader.

Vår egen bedömning är att de nämnda effekterna på läggbarhet kan mätas utifrån utläggarens upplevelse i samband med utläggningen samt många andra faktorer (t.ex. mastix, kornstorlek, bindemedelstyp och tillsatser, omgivningstemperatur mm.) som kan lätt påverka läggbarheten. Utan utveckling av handredskap och logistikutveckling på arbetsplatsen kan man inte få fullt ut i praktiken sänkning av temperaturen under 200°C.

## Abstract

NCC Roads with GAFS are conducting a SBUF project for the purpose of reducing temperature of mastic asphalt during production and laying. Result of this project initiated a proposal for further examination, whether the stone size and forms have any effect on pavement and workability of mastic asphalts in low temperature. The current project investigates the same proposal.

The question about the possibility of reducing asphalt mixing temperature by adding wax and stone material without significant negative effect on the characteristics of mastics asphalts is interesting for the asphalt industry and society.

The main objective of this study was to give the asphalt producer BINAB a better workable mastic asphalt in low temperatures, reduction of energy consumption and emissions of carbon dioxide, better working environment for the workers.

The study presented in this M.Sc. thesis discusses the effects of different types and quantities of wax and stone materials on workability of mastic asphalts. By definition, mastic asphalt is polymer modified. Particularly, finding a suitable method for measuring the workability of mastic asphalt as well as finding the interaction between the different wax and stone materials was the purpose of our study.

The study was limited to 4% Asfaltan and to the most cubical and most flaky stone material which we could obtain. Stone size and form play an important role; more over addition of 4% Asfaltan gives the better workability of mastic asphalt. Cubical size of the stone provided the best workability.

With this study it has been emerged that the influence of stone size, forms and wax (Asfaltan) played an important role for workability of mastic asphalt under 200°C.

This study demonstrates that mixing of 4% Asfaltan with mastic asphalt reduces viscosity which shows good result on pavement and workability. Temperature of production of mastic asphalt is also reduced to 20°C - 40°C from around 230°C which is conventional all over the world.

Our opinion, however, is that the mentioned effects of workability of mastic asphalt can be measured in best way by the workers experience in connection with paving of mastic asphalt. Many others factors can also affect the workability of mastic asphalt (i.e. mastix, stone size, binders and additives types, surroundings temperature etc.). Without the hand devices modification and development of working place logistics, the laying of mastic asphalt can be difficult to accomplish in practice under temperature of 200°C.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>6</b>
1.1. Bakgrund	6
1.2. Syfte	7
1.3. Metoder	7
1.4. Begränsningar	8
1.5. Definitioner och förklaringar	9
<b>2. Asfaltbeläggningar</b>	<b>11</b>
2.1. Allmänt om asfaltbeläggningar	11
2.2. Bindemedel	13
2.3. Tillsatsmedel i asfaltprodukt – översikt	14
2.4. Vax som tillsatsmedel	16
2.5. Stenmaterial	17
2.6. Produktion & beläggning	19
<b>3. Material och mätningsprocessen</b>	<b>22</b>
3.1. Mättningsprocess	22
3.2. Materialbeskrivning	23
3.3. Provtagningar med flytcylindermetoden	23
3.4. Stämpelvärde	24
<b>4. Genomförande</b>	<b>26</b>
4.1. Kontrollvärde med standardmassa	26
4.2. Vaxinblandning i gjutasfalt	27
4.3. Arbetsordning för vax i bitumen	27
<b>5. Resultat</b>	<b>29</b>
5.1. Inblandning av vaxtillsats i standardmassan	29
5.2. Olika stenmaterials påverkan av gjutasfaltens läggbarhet	32
5.3. Inverkan av kornstorleksform och geometri	33
<b>6. Fältstudier</b>	<b>37</b>
<b>7. Värmeförlust försvårar gjutasfaltens beläggning</b>	<b>39</b>
<b>8. Diskussion och slutsats</b>	<b>41</b>
8.1. Diskussion	41
8.2. Slutsats	43
<b>9. Källförteckning</b>	<b>45</b>
<b>Bilagor</b>	<b>46</b>



# **1. Inledning**

## **1.1. Bakgrund**

Den 18 september 2007 ägde ett möte rum där Anders Bergman från NCC Roads AB/BINAB, och vår handledare på KTH, Tek. Dr. Ylva Edwards lade fram ett förslag till examensarbete. Förslaget var ett resultat av ett SBUF projekt som genomförde av NCC Roads AB tillsammans med GAFS som syftar till att sänka temperaturen på gjutasfalt vid utläggning och tillverkning.

I samband med SBUF projektet framkom det att stenkurvans utseende och form har stor inverkan på gjutasfaltens läggbarhet. Detta skulle kunna vara ett lämpligt område för ett examensarbete.

Gjutasfalt är en besvärlig typ av massa ur arbetsmiljösynpunkt, dock något mindre miljöfarlig än många andra produkter. Den läggs som skyddslager och isoleringsskikt på till exempel broar och som slitlager på parkeringsdäck och gator.

Utläggningstemperaturen är väsentligt högre än vanliga asfalt. Gjutasfalt har en läggningstemperatur uppåt 225°C. Rökigheten vid läggning inomhus blir därför betydande. Redan vid temperaturer över 160°C har massor med öppen struktur tillräckligt med rökighet som kan vara besvärande för arbetarna. Rökigheten fördubblas vid varje 10°C graders temperaturökning. Det innebär att gjutasfaltmassor med 180-190°C och med öppen struktur har mer än 16 gånger så stor rökighet som massor vid 160°C.

För att komma åt rökigheter måste man sänka temperaturen men då får man problem med bearbetbarhet och utläggning. För att få en läggbar gjutasfaltsmassa med temperaturer under 200°C, vill man undersöka vilka typer av vaxinblandning och stenmaterial som på ett avgörande sätt kan förbättra gjutasfaltens läggbarhet utan att den på viktiga punkter försämrar gjutasfaltens egenskaper.

Svenska regeringen har pekat ut klimatet som ett prioriterat område. Utmaningen är tydlig: "Utsläppen av växthusgaser måste stabiliseras på en nivå som inte ger skadliga effekter på människor och natur. En tillväxtvänlig politik ska bedrivas med hänsyn till klimatförändringarna."

Miljöfrågor får allt större betydelse i det moderna samhället. Den globala uppvärmningen och dess effekter på miljön påverkar så gott som alla beslut som fattas och detta gäller naturligtvis även asfaltbranschen som i likhet med övrig industriell verksamhet påverkar miljön. Därför är vårt examensarbete en viktig del av den miljömålsättning som Sverige har för att minska emissionsgaser, föroreningar och motverka global uppvärmning i samband med tillverkning och utläggning av gjutasfalt.

Det finns en del frågetecken kring vaxinblandning i syntetiskt form främst gällande dess hälso- och miljöpåverkan, på människor och natur framför allt under tillverkning och läggning. Frågor finns kring kostnader för tillsatsmedel, livslängd, framtida användningsområden, ökande användning och återbruk om t.ex. 20 år eller mer.

## **1.2. Syfte**

Syftet med vårt examensarbete om gjutasfalt, som idag används till broar, terrasser och parkeringsdäck, var att hitta en mer miljövänligt och lätthanterlig gjutasfalt för låga temperaturer. Gjutasfalten förväntas genom denna tillsats och stenmaterialets egenskaper och geometri kunna läggas ut vid lägre temperaturer, med mindre rökutveckling, mindre föroreningsutsläpp.

Klimatförändringen har gjort att behovet av forskning och arbetet för att minska föroreningar är mycket viktigt. Därför är avsikten med vaxtillsats en del av det arbete som behövs för att sänka blandnings- och utläggningstemperaturen och därmed också minska energiåtgången samt uppkomsten av emissioner och koldioxidutsläpp.

Målsättning med rapporten är att finna en metod som kan fastställa olika typer av läggbarhet för gjutasfalt, samt att finna om vax i olika former och mängder kan få gjutasfalten läggbar under 200°C grader. Rapporten avser att förklara och redogöra olika typer av vaxtillsatser samt stenmaterialens olika geometriska former och dess inverkan för läggbarhet.

Rapporten studerar förutsättningarna för och nyttan med gjutasfalts läggbarhet i låga temperaturer med hjälp av vax och stenmaterial från ca 225°C till under 200°C som normalt läggs ut i högre temperaturer på arbetsplatserna.

I andra länder förekommer utläggning och bearbetning av gjutasfalt vid temperaturer upp till 250°C, man har hittills utan hänsyn till miljö och energiåtgång bidragit med det negativa utsläppet som påverkar den globala klimatförändringen.

Idag är man mycket väl medveten om problemet och i en del länder har man på allvar börjat testa vaxtillsatser för att kunna sänka utläggningstemperaturen. Förutom vaxtillsatser i gjutasfalt vill man förbättra läggbarhet genom stenmaterialets struktur, form och slag. Rapporten redogör även för stenmaterialets kubiskhetseffekt på läggbarhet som vi under vårt examensarbete testade olika kornstorlek och flisighetsgrad med olika stenmaterial.

Frågor som finns kring fillersandel, fukthalt, stenarnas kornstorlek och vaxtillsats mängd- och typ i gjutasfalt diskuteras.

## **1.3. Metoder**

Litteratur i ämnet gjutasfalts läggbarhet med hjälp av vaxtillsatser och olika stenmaterials kornstorleksandel och form har studerats för att beskriva problematiken med gjutasfaltens läggbarhet i låga temperaturer och beskriva hur läggbarheten kan uppnås i låga temperaturer. Resultatet från försök, mestadels i Norge med gjutasfalts läggbarhet, med hjälp av olika kubiska stenmaterial har studerats.

För att få en uppfattning om hur gjutasfaltens läggbarhet praktisk ser ut, har vi gjort olika fältbesök och studerat problemen kring utläggning på parkeringsdäck och broar.

Genom vår egen metod som vi praktiskt uppfann och utvecklade, kunde vi få mer kännedom om gjutasfaltens läggbarhet i låga temperaturer.

Vi planerade och genomförde våra tester för att få en klar och tydligt indikation på vaxinblandning och stenmaterialeffekt på läggbarhet. Vi fick önskade resultat med god repeterbarhet samt rimliga tidsgränser att utföra testerna på.

Vi gjorde våra tester på gjutasfaltmassan som idag produceras i BINABs asfaltverk i Akalla med så kallade 6-8 mm stenmaterial och av de värdena skapade vi en kontrolltabell för att jämföra och bedöma våra senare tester med olika vaxinblandningar och olika stenmaterial, dvs. att läggbarhetstemperaturer på standardmassan ska jämföras med temperaturer på runt 200°C när vax och olika stenmaterial testades.

Utifrån olika vaxinblandningsmängd- och typ (Asfaltan 3 %, 4 %, Sasobit 3 %, sen en kombination av Asfaltan och Sasobit 1,5 % av varje) i standardmassa (6-8 mm), kom vi fram till att 4 % Asfaltan hade den bästa önskvärda effekten på gjutasfaltens läggbarhet.

För att få det lämpligaste stenmaterialet för läggbarhet i lägre temperaturer, testade vi det mest kubiska och mest flisiga stenmaterialet som vi fick tag i. Vi skaffade 4-8 mm stenmaterial och testade gjutasfaltmassor med och utan vaxtillsatser för att se stenmaterialens effekt på läggbarhet i de önskvärde temperaturerna dvs. under 200°C.

Jämförande beräkningar och grafer har utförts mellan olika resultat från standardmassa och de senare resultaten från 4-8 mm stenmaterial.

#### **1.4. Begränsningar**

Examensarbetet behandlar enbart gjutasfaltens läggbarhet i temperaturer från 170 °C till 230°C. Det finns en rad andra typer och mängder av vaxtillsatser som vi inte har tagit tester på som kan ha positiva effekter på läggbarheten.

Effekten på temperaturförlust i cylinder, SI-mellanlägg och omgivningen har inte räknats ut. Temperatur variationerna under testerna har varit runt 9°C-14°C.

Beträffande rökmängden från gjutasfaltsmassorna under testerna har enbart visuella observationer gjorts.

Testerna har gjorts manuellt och avlästs enbart med hjälp av synen på de ritade diametrarna.

Resultaten är baserade på de tester som vi har gjort i det provisoriska labbet på BINAB.

## **1.5. Definitioner och förklaringar**

*Asfalt* – Bitumen som i lägre eller högre grad är bemängt med andra ämnen och karakteriseras av vidhäftningsförmåga, tånjbarhet samt beständighet mot vatten och vissa kemiska angrepp.

*Asfaltbeläggning* – Det bitumen bundna delen av vägöverbyggnaden.

*Asfaltgranulat* – Returasfalt som sönderdelats i mindre partiklar, vanligen med kornstorlek mindre än 25 mm, innehållande stenmaterial och bindemedel.

*Asfaltmassa* – Graderat stenmaterial blandat med bituminöst bindemedel.

*Asfaltläggare* – Maskin, självgående eller bogserat, hjul - eller bandburen, som mottager, breder ut och eventuellt packar asfaltmassa.

*Ballast* – Stenmaterial i bunden överbyggnad.

*Beläggning* – Slitlager eller bärlager som är cement- eller bitumen bundet.

*Bitumen* – Bitumen är vid rumstemperatur ett fast till halvfast material. Färgen är svart till mörkbrun. Vanligaste framställningssätt är genom destillation av råolja. Bitumen måste värmas innan det kan hanteras. Bitumen är inte hälsovådligt vid rumstemperatur. Vid varm hantering avges rök från bituminet som kan verka irriterande, varför höga exponeringar bör undvikas. Bitumen är inte klassat som miljöfarligt.

*Bitumenemulsion* – Bitumen som emulgerats i vatten med hjälp av emulgatorer och andra tillsatser i syfte att kunna hanteras och användas som bindemedel även vid lägre temperaturer.

*Duktilitet* – Brottförlängningen hos ett bindemedel vid dragprovning.

*Filler* – Stenmaterial <0,075 mm (i beläggningssammanhang).

*Flisig kornform* – Kornform med väsentlig skillnad mellan bredd och tjocklek.

*GAFS* – Gjutasfaltföreningen i Sverige, är en branschorganisation som verkar för en ökad kännedom om fördelarna vid användningen av gjutasfalt i olika byggnadskonstruktioner. Föreningen består av ett antal medlemsföretag såsom entreprenörer, tillverkare och konsulter.

*Gjutasfalt* – Blandning utan hålrum av bitumen, filler och stenmaterial. Stenmaterialet kännetecknas av kontinuerlig gradering från filler upp till ca 16 mm.

*Kornform* – geometriskform hos det enskilda kornet.

*Mastix* - Blandning av filler och bitumen. Max partikelstorlek 2 mm.

*Modifierat bitumen* – Bitumen, vars egenskaper modifierats genom kemiskt aktiva

tillsatser, t.ex. polymerer.

*Naturasfalt* – I naturen förekommande asfalt, oftast av mycket hög viskositet så att den kan brytas; ofta blandad med fint vulkaniskt stoft. Ett exempel på naturasfalt är den asfalt som utvinns på Trinidad, och som efter förädling säljs under namnet Trinidad Epuré. Andra exempel är asfaltit, gilsonit, glansbeck och grahamit.

*Polymerer* – Tillsatser till bitumen eller asfaltmassa (gummi eller elastomerer, termoplaster eller termoplastiskt gummi) för att bl. a. minska belägningens temperaturkänslighet.

*PGJA* – Polymer Modifierade Gjutasfalt.

*SBUF* – Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, instiftad 1983, är byggbranschens egen organisation för forskning och utveckling med nära 5000 anslutna företag i Sverige.

*Slitlager* – Anger vilken typ av slitlager, t ex asfaltbetong eller grus med sin tjocklek i mm, som finns på konstruktionen.

*Stenmaterial* – Gemensam benämning på bergmaterial, erhållet genom landisens nedbrytande inverkan eller genom sprängning.

*Tillsatsmedel* – Material utöver stenmaterial och bituminöst bindemedel som ingår i en bituminös beläggning och som tillsätts för erhållande av önskad effekt, t ex, ökad elasticitet, förbättrad vidhäftning mellan (sten) aggregat och bindemedel.

*Stabilisering* – Förbättring av bärigheten hos jord, stenmaterial eller blandade material genom inblandning av ett bindemedel (bituminöst bindemedel, kalk, cement, etc.), antingen direkt i den befintliga marken genom s.k. markinblandning eller i ett blandningsverk, s.k. verksblandning.

*Viskositet* – Konsistensen eller lättflutenheten hos en vätska.

## **2. Asfaltbeläggningar**

### **2.1. Allmänt om asfaltbeläggningar**

#### **Asfaltbetong**

Talar man om asfalt går tanken till bindemedel, alltså bitumen, som används i väg- och gatubeläggningar. Det är en oljeasfalt, och är destillerat ur råolja. Asfaltbeläggning är den bitumenbundna delen av vägöverbyggnaden som består av ballast och bindemedel, samt eventuellt tillsatsmedel i olika mängder. Stenmaterialet (ballast) utgör 93-96% av beläggningens vikt.

Användningsområdet för beläggningar avgör vilka krav som ska ställas på det ingående stenmaterialet.

Bindemedlet som används är bitumen som binder samman stenmaterialet, det är en naturlig vattenolöslig kolväteförening. Tillsatsmedel används i olika mängder och typer för att förbättra vissa egenskaper hos beläggningen, till ex. värme- och koldgenskaper, slitage och utmattning, dessutom bidrar tillsatsmedel till läggbarhet i lägre temperaturer.

Vid en tillbakablick i historien finner man emellertid att naturasfaltfyndigheter över hela världen från till ex. Döda havet, Trinidad och Orienten var tillgänglig och har använts sedan urminnes tid. Före 1900-talet användes asfalt från naturen som bindemedel vid sammanfogning av sten, tegel och trä i byggnadskonstruktioner samt i gatubeläggningar. Naturasfalt är bituminösa material som finns i naturen.

Stenkoltjära som smälts och blandas med sand, grus, slagg eller annat stenmaterial påfördes de gator och vägar som var mest utsatta för dåtidens trafik. Trafiken bestod av tungt lastade hästvagnar med järnskodda hjul som frestade på vägarna. Under 1830-talet började man i England använda tjärmakadam, indränkningar och ytbehandlingar med tjära.

Under 1970-talet förbjöds tjärbeläggningarna för beläggningsändamål i Sverige sedan forskning visat att tjäran innehöll cancerogena ämnen som frigjordes då tjäran hettades upp.

Gatubeläggningarna i Sverige bestod av små- och storgatsten före 1920-talet men kraven på landets vägar ökade i takt med ett större antal motorfordon. I början av 1920-talet började Sverige importera oljeasfalt och 9 år senare togs raffinaderiet i Nynäshamns i bruk, där man tillverkade dieselolja och asfalt. Det stora behovet av vägbeläggningar tvingade fram en utveckling av ett flertal nya beläggningsmaterial och beläggningstyper de följande åren.



*Bild nr. 2.1.1. NCC Roads AB, Asfaltverk Gustafs i Borlänge, från grus till färdig asfalt i asfaltverk.*

## **Gjutasfalt**

En gjutasfalt karakteriseras av att den saknar hållrum och är därför tät och homogen. Den ger en beläggning mycket god slitstyrka. Man använder gjutasfalten som slitlager och beläggning på broar och samt beläggning på terrasser och parkeringsdäck. Gjutasfalt är även lämplig för lagningar av andra beläggningar.

Gjutasfalt har en korngradering med mycket hög filler- och bindemedelshalt. Bindemedlet utgör 6-17 % B60 och 2-3 % naturasfalt, alt. polymerbitumen PMB 32. Den maximala stenstorleken i gjutasfalt är vanligtvis 12 mm.

Kombinationen av den höga filler- och bitumenhalten ger en mycket god vidhäftning mot övrigt ballastmaterial. Nackdelen med högt bindemedelsinnehåll är instabila beläggningar men det kan kompenseras med en stabil och hårdare bitumen. Man måste finna en balans mellan läggbarhet och stabilitet där vi tror att vax är den ideala lösningen.

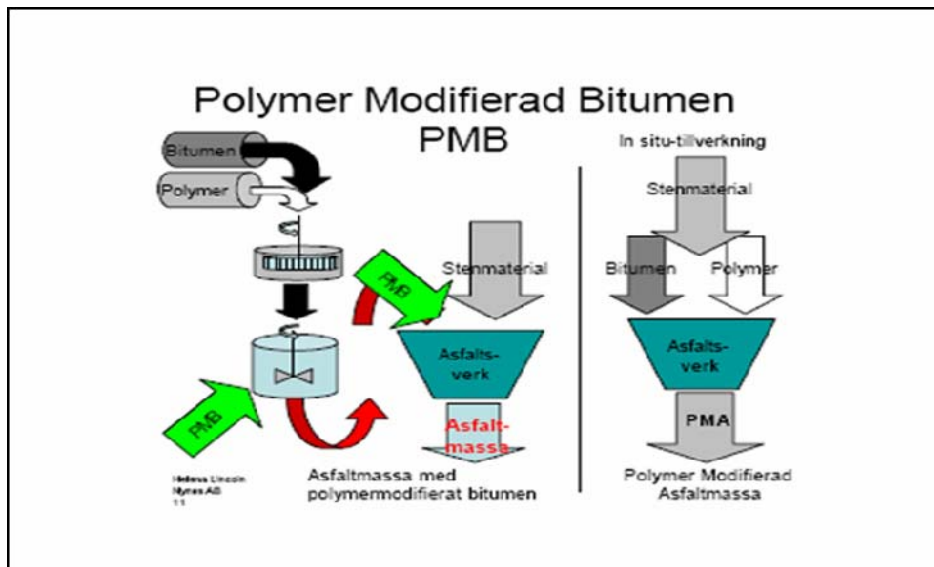
Bindemedelshalt, fillermängd och andelen fint ballast material < 4 mm är de faktorer som har störst inverkan på gjutasfaltens egenskaper.

I gjutasfalt är hållrumshalten 0,1- 0,2 %. Gjutasfalt med högkvalitativ ballaststen har mycket god nötningsresistens och god stabilitet.

En gjutasfaltbeläggning är kostnadseffektiv med tanke på dess långa livslängd och små driftkostnader.

I Norden använder man som regel polymermodifierad gjutasfalt som är mer stabilt vid högre temperatur och mindre spröd vid låg temperatur än motsvarande icke modifierade gjutasfalt som är mer värmekänslig.





Figur nr. 2.1.1. Schematiskbild - produktionen av polymermodifierad asfaltmassa.

## 2.2. Bindemedel

Bitumen och polymerer

Bitumen är det svarta klistret som håller samman stenmaterialen i en asfaltmassa. Idag tillverkas nästan all bitumen genom destillation av råolja. För att utnyttja råoljans värdefulla produkter måste man raffinera genom destillation. Det är en process som separerar ämnen med olika kokpunkter. Efter destillation av olika oljefraktioner erhålls destillerat bitumen.

Vid bitumenmodifiering tillsätts polymerer antingen på raffinaderiet eller i asfaltverkets bitumentank. Då talar man om polymermodifierat bitumen (PMB).

Normalt tillsätts polymerer direkt i bituminet men vissa polymerer inblandas i det varma stenmaterialet innan blandningen av asfaltmassan vid asfaltverket. Polymerer används i varmblandade standardmassor, till gjutasfalt, asfaltmastix och isolermattor. Polymerer är högmolekylära föreningar som är uppbyggda av många lika byggstenar som kopplas ihop till en lång kedja.

Bitumenmodifiering varierar beroende på applikationen. Polymerhalten i en PMB ligger mellan 2-5 % beroende på användningsområde. PMB är något segare jämfört med omodifierat bitumen. D.v.s. vid tillsättning av polymerer i bitumen ökar bindemedlets viskositet, kohesion (inre sammanhållande kraft) och duktilitet vilken ibland kan vara nödvändig för att klara god beständighet och täthet.

De vanligaste polymerer i bitumen är SBS (Styren-Butadien-Styren), men det finns en mängd andra olika typer av polymerer som har används i bitumen. Polymerer kan indelas i plaster och elastomerer och är beständiga vid höga tillverknings- och utläggningstemperaturer.

Även andra tillsatser som naturgummi i bitumen ger positiva effekter vid både höga och låga temperaturer. Tillsatser i gjutasfalt har man ägnat sig åt i många länder i Europa för att variera egenskaperna.

Höga temperaturer är skadligt för de tekniska egenskaperna hos bitumen och inte minst hos PMB vars polymerer förstörs. Vid högre temperaturer ökar samtidigt emissioner.

Användning av polymerer i bitumen är viktig för att minska temperaturkänslighet hos en beläggning både sommar och vinter. Polymerer förbättrar också fasthet och minskar vattenkänslighet samt minimerar risk för stensläpp och förbättrar kemikalieresistensen hos asfaltbeläggningar.

### **2.3. Tillsatsmedel översikt**

I takt med trafikökning och påkänningar samt ökade krav har god hållbarhet och beständighet hos asfaltbeläggningar medfört att tillsatsmedel blivit allt vanligare i asfaltmassor. Tillsatsmedel används också för att kompensera och förbättra svagheter hos ingående material.

Vissa typer av tillsatser minskar risken för bristande kvalitet vid asfalt produktionen och utläggning av asfaltbeläggningar. Tillsatser förbättrar även asfaltbeläggningarnas livslängd som har stor betydelse för samhällsnyttan. En ökat livslängd på bara 1 % hos asfaltbeläggningar i Norden skulle medföra ca 80 miljoner svenska kronor i årliga besparingar.

Exempel på en del prestandahöjande tillsatser i asfaltmassor är polymerer, vaxer, naturasfalt, aktiva filler som kalk, och cement, aminer och naturasfalt mm. Det är främst i slitlager och bindlager där påfrestningarna från trafiken eller miljön är som störst som prestandahöjande tillsatsmedel förekommer.

För förbättring av friktion och reducering av buller har använts gummipulver . Andra tillsatser i bitumen som påverkar egenskaperna är lösningsmedel, färgpigment, vatten, rapsolja mm.

Vid tillverkning av asfaltmassor är det av miljöskäl viktigt att använda returafalt från upprivna beläggningar. Vid asfaltåtervinning som är i sig en resurshushållning med hållbar utveckling inblandas returafalt som ersättning på asfaltmassa.

På det högtrafikerade vägnätet används tillsatser som innehåller fibrer och vidhäftningsmedel för att förbättra framkomlighet, ökad livslängd och beständigheten. Den ökande och allt mer tunga trafiken på våra vägar och gator tvingar fram sökande efter tillsatser i asfaltmassor för att förbättra stabilitet och beständighet.

Nedan är en lista över de olika tillsatser i PMB:

#### 1. Tillsatser i asfalt produkter

a) Filler: Kalk, flygaska

b) Vidhäftningsmedel: Organiska aminer och amider

- c) Extenders: Lignin, svavel
- d) Antioxidanter: Zinkantioxidant, fenoler, aminer
- e) Organo-metaller: Organomangan och -kobolt substanser
- f) Andra: Skifferolja, gilsonit, kisel, oorganiska fibrer

## 2. Polymerer

- a) Plaster
  - i) Termoplaster: Polyetylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylklorid (PVC), Etylvinylacetat (EVA).
  - ii) Härdplast: Epoxihartser
- b) Elastomerer
  - i) Naturgummi
  - ii) Syntetiskt gummi: Styren-butadien blocksampolymer (SBR), Styren-butadien-styren blocksampolymer (SBS), Etenpropengummi (sampolymerisation av etylen propylen och dien-monomer, EPDM), Butylgummi (sampolymerisation av isobutylen och isopren, IIR)
- c) Återvunnet gummi
- d) Fibrer: Polyesterfibrer, polypropylenfibrer

## 3. Reaktiva tillsatser

- a) Additionsreaktion (bitumen + monomer), Vulkanisering (bitumen + svavel), Nitreringsreaktion (bitumen + salpetersyra).

## Miljöaspekter

I takt med ökade användning av tillsatsmedel för att uppnå de krav och önskemål för beläggningsprestanda ökar de negativa effekterna som man upplever vara störande för arbetsmiljön på asfaltverk och framförallt på utläggningsplatserna.

I första hand bör man tänka att tillsatsmedel inte får försvåra återvinning eller påverka den yttre miljön negativt, för kommande generationer.

Som nämnts ovan kan tillsatser ge stora förbättringar framför allt när det gäller hållbarheten och livslängden på asfaltbeläggningar, vilket även är bra för miljön och resurshushållning, för företaget och samhället. Det får dock inte ske till priset av försämrade arbetsmiljö eller negativ påverkan på miljö i det långa loppet.

Miljöaspekterna bör prioriteras lika tungt som de tekniska frågorna och man bör vara ständigt uppdaterad för att upptäcka skadliga ämnen innan det är för sent. Det är

viktigt att rätt information når de berörda på arbetsplatserna för att minska oro för eventuella risker och olägenheter när det gäller nya tillsatsmedel i gjutasfalten.

#### **2.4. Vax som tillsatsmedel**

Vax är syntetiska föreningar med fasta och flyttande käraktar som är paraffiniskt kristalliserande material med smältpunkt på över 25°C.

Vax förekommer i naturligt och som tillsatsmedel i bitumen. Skilda åsikter om användning av vax och dess inverkan på bituminet har diskuterat under lång tid. Vax som flyttillsatsmedel används idag i många länder. Anledningen att man började använda vaxtillsatsmedel var för att sänka temperaturen vid blandningen och utläggningen och därmed fick man minskad energiåtgång och minskade emissioner.

Andra möjliga effekter är förbättring av läggbarhet och hantering vid högre temperaturer samt möjligen tätare och beständigare beläggning. Även effekter på bituminets kemiska, reologiska egenskaper, kristallina strukturer och smältegenskaper påverkas. För att minska miljöpåverkan krävs mera insatser för att förbättra lågtemperaturegenskaper hos bitumen som medför bearbetbarhet i låga temperaturer med vaxtillsatsmedel. Temperaturreduktionen på upp till 40°C har andra positiva effekter på polymermodifierade gjutasfaltsåldring och lagring.

Energivinsterna som kan vara de stora fördelarna med vaxmodifiering för verket och för samhället, är i takt med det ständigt höjda energikostnaderna. Miljövinsten kan vara miljöpåverkande emissioner vid tillverkning och utläggning. Dessutom kan en vinst vara minskningen av materials förslitningar i verket med förkortning av produktionstiden.

Vax finns i naturliga och syntetiska föreningar i fasta och flytande former. Flyttillsatsmedel som viskositetsänkandemedel är FT paraffin, Montanavaxer (fossilt estervax), Polyetylenvax och Zeoliter. Vaxets smältpunkt ökar med paraffinkedjans längd och minskar med mängden förgreningar och ringar med smältpunkt över ~25°C i petroleumprodukter.

Man kan dela vax i tre huvud delar som makrokristallint vax, mikrokristallint vax och amorft eller ickekristallint vax.

Makrokristallint vax ofta har negativa inverkan på högre och lägre temperatur som kan ge sprödhet och större känslighet mot plastisk deformation och har vanligtvis cirka 30 kolatomer, framför allt i form av raka kolvätekedjor. Naturligt vax finns i bitumen i huvudsak av mikrokristallint eller amorft och dess inverkan på asfaltbeläggningar kan ha marginellt eller till och med positivt inverkan när det gäller lägre styvhet för låga temperaturer och med det lättare läggbarhet.

Naturlig vax i bitumen i huvudsak mikrokristallint eller amorft slag och smälter i låga temperaturer cirka 20-70°C medan vax i form av tillsatsmedel smälter i högre temperatur. Kolvätekedjors fördelning och längd som varierar mellan olika produkter påverkar kristallisationsområdet och smältning.

Kristallisationsvärme avger från gjutasfalt med tillsatsmedel vilket inverkar positivt på läggbarheten. Om kolvätekedjorna är längre eller innehåller ett större antal förgreningar eller ringar bildande mindre kristaller, s.k. mikrokristallint vax. Om vaxet också innehåller aromatiska komponenter försvåras kristallisationen och vaxets karaktäriseras som amorft.

Vaxtillsatserna har även en annan viktig funktion på polymermodifierad gjutasfalt. Det är nämligen med hjälp av tillsatsmedlet som man kan sänka temperaturen på utläggningssmassan och med det behålla polymeregenskaperna, som annars kan brytas ner i de höga temperaturer som krävs för utläggningen. Syftet är att förbättra flytegenskaperna och samtidigt öka beläggningssmotståndet mot plastisk deformation.

Vaxtillsats upp till 4 % är gränsen för de utnämnda egenskaperna, en annars högre procentuell sats kan medföra icke önskvärda egenskaper på vägen, eller på utläggningssmassans funktioner. Vad tillsatsmedel medför när det gäller interaktion mellan komponenterna i polymermodifierade bitumen, är mindre känd i detta sammanhang.

## **2.5. Stenmaterial**

I Sverige återfinns bergarter som tillhör de äldsta på jorden. Huvuddelen av berggrunden är mycket gammal. Några bergarter till exempel: magmatiska bergarter, sedimentära bergarter och metamorfa (omvandlade) bergarter.

Magmatiska bergarter bildas genom att smältmagma från jordens inre kyls ner och stelnar. Sedimentära bergarter bildas genom avlagringar i hav, sjöar och på land. Med högtryck och kemiska reaktioner har de sedan sedimenterat som bergart. Metamorfa (omvandlade) bergarter bildas genom att en magmatisk eller sedimentär bergart har förskjutits till en djupare del av jorden med högre tryck och temperatur.

Berget sprängs och krossas till olika stenmaterialfraktioner och sedan skickas till asfaltverk och blandas med bindemedel till gjutasfalt. Idag används i huvud sak krossas sten till att bl.a. bygga vägar som slitlager, bärlager och förstärkningslager även som fyllnadsmaterial vid dränering.

Granit och Gnejs är ett viktigt byggmaterial och vanligt förekommande som krossmaterial eller naturgrus i väggbyggnad och som betongballast. Granit tillhör sura bergarter som är magmatiska bergarter. Färgen är ljus, grå till röd och kornstorleken är medel till grovkornig. Mineralsammansättningen i Granit består av fältspat, kvarts och glimmer. Diabas, Porfyr, Kvartsit är också förekommande byggmaterial, men är ett sprött material. Den har högre kullkvarnsvärde (ju högre kullkvarnsvärde desto bättre motstår dubbslitage) och ljusare stenmaterial, ibland blandas den med asfalt för att få ljusare yta på asfalten.

Diabas är slitstark, bra vidhäftning med mörk färg. Porfyr är slitstark och ger ett slitage på däck. Kvartsit är slitstarkt och har ljus färg, nackdelen att den ger mycket slitage på däck.

Bergartens hårdhet påverkar krossproduktens storlek. Fin kornstorlek, oregelbundhet och stark sammanfogning av kornen ger seghet vilket medför grövre krossprodukt.

Makadam har en ojämn kornform medan singel har rundad form. Makadam är mer stabilt när det är packat, används i betong och asfalt. Vi har undersökt makadam i de olika storlekarna, till exempel: 2-4, 4-8, 6-8, 8-11, 11-16 och 16-25 mm. Benämningen 4-8 innebär att minst 75 % av produktens vikt består av korn med en storlek mellan 4 till 8 mm. Maximalt 15 % av vikten består av korn som är mindre än 4 mm och högst 10 % av korn som är större än 8 mm.

Stenmaterials egenskap har stor betydelse för slutprodukten gjutasfalt när det gäller friktion, mekaniska egenskaper som ger stabilitet och inte minst ljushet. God vidhäftning mellan stenmaterialet och bindemedel ger slitstyrka på beläggnings yta. En sammansättning mellan olika kornstorlekar i gjutasfalts stenskelett ger ekonomi- och stabilitetsvinster.

För att ta reda på de olika fraktionernas andel används två metoder. Den ena är SS-EN 933-1 och den andra FAS 480. Den första används för provtagning av enbart stenmaterialet medan den andra metoden används för att ta fram stenstorlekarnas andel i asfalts massa genom att tvätta bort bituminet.

Mängden av grovstenmaterial i gjutasfalt har betydelse för beläggningstjocklek, dvs. tjockleken på beläggningen bör ta hänsyn till de stora stenarnas storlek X 2,5 som är viktigt för stabilitet och interaktionen mellan fraktionerna.



Bild nr. 2.5.1. & 2.5.2. Leverans av filler & cement till asfaltverket.

## 2.6. Produktion & beläggning

Vid produktion, transport och utläggning krävs noggrann hantering av gjutasfalt. Gjutasfalt består av stenmaterial i bitumen som kräver kontinuerlig omrörning för att förhindra separation samt att få jämnare temperatur i tankbilen. Även polymeren kan sträva efter separering pga. att den har lättare densitet i jämförelse med bitumen. Omrörning är viktig för att förhindra separation. Tillgång på syre skall begränsas och uppsikt över temperaturen i förvaringstanken och kokaren skall alltid ske.



Bild nr. 2.6.1. Läggnig av AB- massa med hand redskap.

Polymer i bitumen fungerar som ett nätverk i en polymer modifierad gjutasfalt. Höga temperaturer krävs för gjutasfaltläggning men höga temperaturer kan påverka polymeren negativt i polymermodifierade bitumen. Den höga temperaturen som krävs påskyndar värmeåldringsprocessen och ökar avdunstningen av koldioxidemissioner om tillgången på syre inte kontrolleras.

Gjutasfaltläggning kan utföras både med maskin och handredskap. Tjockleken uppgår till max 40 mm men det finns undantag i vissa länder.

### **Beläggningstyper**

Man har framförallt två olika beläggningstyper på våra gator och vägar; nämligen *asfaltmassabeläggningar* och *tankbeläggningar*.

Det som förenar asfaltmassabeläggningar är att bitumen och ballasten eller stenmaterial blandas i ett asfaltverk eller, i en kombinerad blandning och utläggningsmaskin, innan den läggs ut på vägen med hjälp av en utläggmaskin och packas med vältrar.





Bild nr. 2.6.2. Läggnig av AB- massa med utläggningsmaskin och vältar

### Asfaltmassabeläggningar

Det finns i grunden tre olika typer av asfaltmassabeläggningar; varmt blandad asfaltmassa, halvvarmt blandad asfaltmassa och kallt blandad asfaltmassa.

*Varmt blandad asfaltmassa:* tillverkningsstemperaturer ligger mellan 135 och 180°C och bitumen används som bindemedel.

*Halvvarmt blandad asfaltmassa:* tillverkningsstemperaturer ligger mellan 50 och 120°C som bindemedel används mjukbitumen och används på låg- och medeltrafikerade vägar.

*Kallt blandad asfaltmassa:* tillverkningsstemperatur ligger på temperaturer under 50°C stenmaterialet behöver inte värmas upp eller torkas.

### Tankbeläggningar

Allmänt för tankbeläggningarna är att bindemedel och stenmaterialet blandas vid utläggningsplatsen. Det finns olika varianter av tankbeläggningar; *ytbehandling*, *bindemedelsförsegling* och *slamasfalt*.

*Ytbehandling* består av stenar, med en kornstorlek mellan 4 och 16 mm, som sprids på ett underlag som förklustrats med bitumenemulsion eller bitumenlösning. Den används framför allt på låg- och medeltrafikerade vägar.

*Bindemedelsförsegling* bildas av ett fingraderat stenmaterial med fraktioner på 0–2 eller 0–4 mm, som sprids i ett tunt skikt på ett underlag som förklustrats ofta med en bitumenemulsion. Beläggningvarianten används i förhindrande eller förbättrande syfte på låg och medeltrafikerade vägar.

*Slamasfalt* består av en blandning av fingraderat stenmaterial, bitumenemulsion, cement och vatten som blandas till en slamma med flyktigkonsistens och läggs ut med en specialbyggd maskin. Beläggningvarianten används som underhållsåtgärd på lågtrafikerade gator och på ytor som gång- och cykelvägar m.m.

### **Miljö kring tillverkning och utläggning**

Asfaltverk räknas som något mindre miljöfarliga verksamheter och det krävs enligt miljöskyddslagen inga tillstånd för att bedriva verksamheten. Beträffande miljö kring asfalt och asfaltläggning kan ses ur olika perspektiv, t.ex. produktion och utläggning.

De miljöproblem som kan uppstå vid asfaltproduktion och utläggning är svaveldioxid, kväveoxider, koldioxid, kolväten och utsläpp från torktrumman i form av stoft dock inte i fallet gjutasfaltverk där man återanvänder stoffet som egen filler.

Röken från varmasfaltmassa som till största delen består av kolväteföreningar, även dålig arbetsmiljö pga. diffus damning för de som arbetar framförallt på verket i grannskapet och de omkringboende. Buller, spill, läckage av flytande bränslen och kemikalier och avfall av olika slag är andra negativa effekter på miljön och hälsa.

### **3. Material och mättningsprocessen**

#### **3.1. Mättningsprocess**

Branschen har inte haft en metod för att mäta läggbarhet för gjutasfaltbeläggning. Därför har vi skapat och utvecklat en metod som beskrivs nedan för att göra detta.

Mättningen omfattar flytutbredning på SI-mellanlägg i sekunder för gjutasfalt som ska tolkas, kopplas och standardiserats till läggbarhetsproblematik vid lägre temperaturer med hjälp av olika vaxtillsatser och olika stenmaterial. Alltså provningarna kopplas till gjutasfalts praktiska läggbarhet på arbetsplatserna.

Vi kontrollerade och kalibrerade utrustningen som vi hade fått för provtagningarna detta nämns under rubriken "*Materialbeskrivning*". Vi separerade den nödvändiga utrustningen för provtagningarna. Vi behövde en plats för att utföra våra tester. I början placerade vi våra tester på SI-mellanlägg (skiva) direkt på marken men vi såg att värmen lagrades i betongen under skivan. Detta kunde påverka våra näst kommande prov, därför placerade vi SI-mellanläggen direkt på en träpall.

På grund av den höga temperaturen som gjutasfalten har, buktade skivan och vi fick inte de cirkulerade diametrarna på gjutasfaltens utbredning på SI-mellanläggen som vi önskade få. Vi beslutade att spika fast SI-mellanläggen med tillräcklig många spikar på pallen för att hålla SI-mellanläggen plan. Vi tycker att vi lyckades med arbetet att få goda repeterbara och tillförlitliga prover inom rimliga tidsgränser.

Innan vi spikade SI-mellanläggen på pallen, testade vi också plywood och stålskiva för att få ett slätt underlag. Vi kom fram till att spikningen var den lämpligaste och bästa metoden för att få de goda effekterna.

Gjutasfalt tas från en större asfaltkokare som blandas kontinuerligt för att få rätt konsistens och temperatur på gjutasfalten. Asfaltkokare har en termostat som kan höjas eller minskas vid behov. I asfaltkokaren bör finnas minst ett ton gjutasfalt.

Före varje provtappning tappas en tillräcklig mängd gjutasfalt upp och kasseras eller återanvänds pga. nedkylning vid lucköppningen till asfaltkokaren med omdöme.

Därefter fylls en hink med gjutasfalt som ska hällas i flytcylindern som har inoljas tunt och placeras på mitten av SI-mellanläggen. Skivan har markerats med diameter 30, 40, 50 och 60 cm. Mitten av skivan är centrum för de olika cirkeldiametrarna ovan. Skivan ska placeras på en stabil pall och plant underlag. För att undvika värmedeformering eller buktning av skivan måste skivan spikas fast på pallen med tillräckligt antal spikar för att förhindra detta. Vi kallar denna provtagningsprocess för flytcylindermetoden.

Flytcylindermetoden (FCM) var den metod vi valde för vi tyckte att det fungerade bäst. Vi bestämde att fylla cylindern till höjden 26 cm. i stället för 30 cm för att gjutasfalten inte skulle rinna över kanten skivan.

Provningen bör ske under kontrollerade förhållande vad avser omgivnings temperatur runt och framförallt temp under skivan för att inte påverka kommande provtagningar.

Vi strävade efter samma omgivningstemperatur under våra prover som låg mellan 9°C – 14°C.

### 3.2. Materialbeskrivning

- En öppen flytcylinder av stål som i *bild 3.2.1*.
- Cylinderns invändiga mått: H = 300 mm. D = 200 mm.
- Trä hinkar = 20 liter
- Tidur
- SI-mellanlägg (papper skiva), arean är 1200 \* 800 mm och tjockleken är  $\geq 3$  mm. På skivan markeras diametern på 30, 40, 50, 60 cm. med och samma cirkel centrum.
- Termometer med insticksgivare, med en noggrannhet av  $\pm 2,5^\circ\text{C}$
- Hammare och spikar (20 mm)
- Borste och skrapverktyg av trä mm.
- Formolja som släppmedel för cylindern/provet.

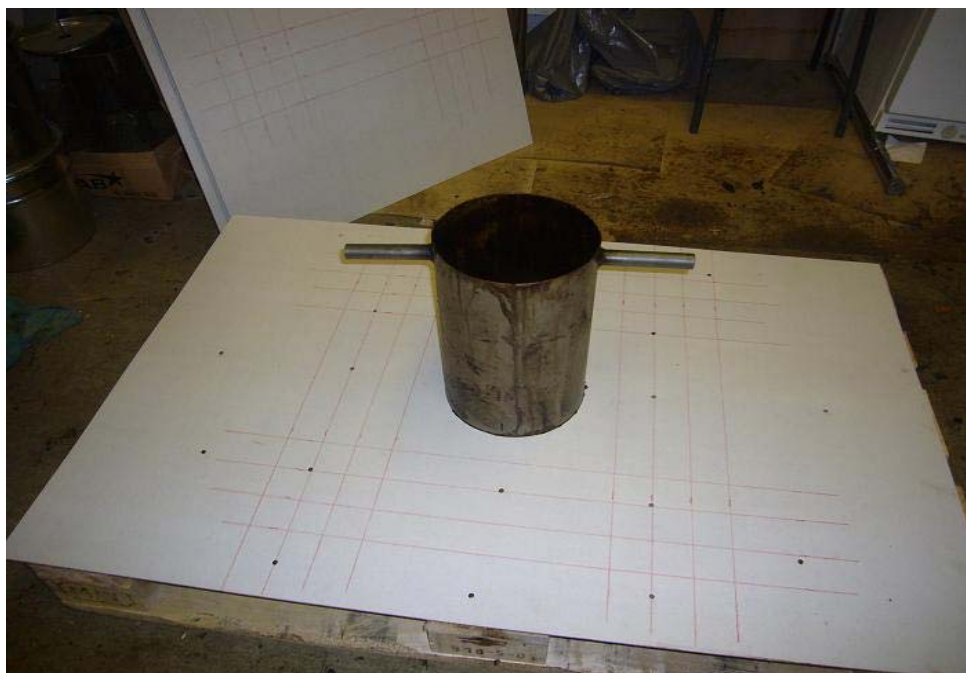


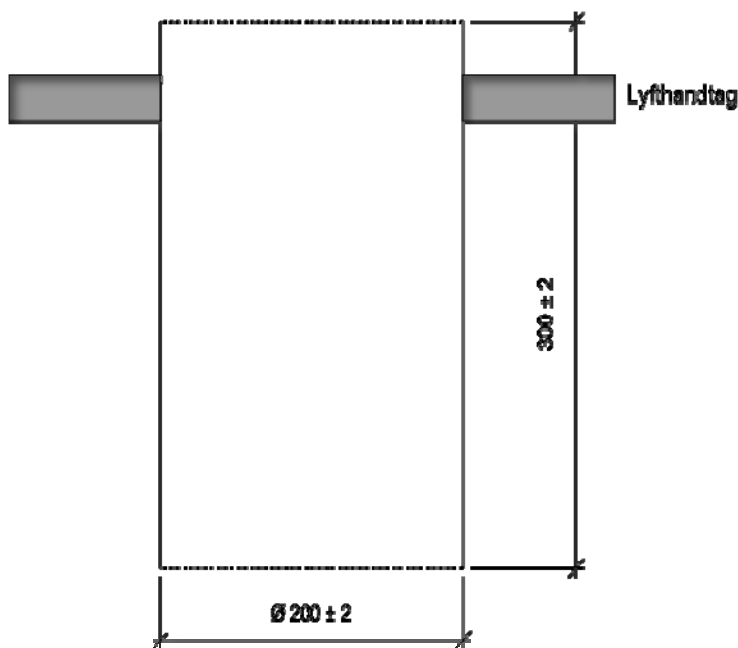
Bild 3.2.1. Flytcylinder på SI-mellanlägg som vi använt vid provtagningarna.

### 3.3. Provtagningar med flytcylindermetoden

Provet ska vara homogent och representativt. Förfarandet beskrivs av följande steg:

- 1) Den insmorda flytcylindern placeras centriskt.
- 2) Häll gjutasfalten från hinken i flytcylindern till given höjd. H = 26 cm. V = 8168 cm<sup>3</sup>.
- 3) Sätt instickstermometern i mitten av provet (det är viktigt att man inte sticker fram och tillbaka på olika platser i provet), skaka formen lätt och läs av efter  $30 \pm 5$  s. och ta sedan bort givaren.
- 4) Lyft cylindern i en långsamt, med en bestämd rörelse som bör ta  $3 \pm 1$  s. Samtidigt som lyftningen påbörjas, startas klockan.

- 5) Notera tiden vid de markerade cirkeldiametrarna D30, D40, D50 och D60 cm. Dessa tider benämns i siffror med sekunder.
- 6) Vi mäter diametern på den asfalt som flutit ut efter 5 minuter och efter 15 minuter. Samt mäter diameter i 4 riktningar och vi tar medelvärde för diametrarna som benämns  $t_{300s}$  resp.  $t_{900s}$ .
- 7) Vi observerar och bedömer om sammansättningen av asfalt som flutit ut dvs. bedöm eventuell separation av grovstenmastix. Vi bedömer enligt tre gradig skala: homogen, separation av bindemedel eller om stenarna inte flyttar sig tillräckligt från centrum.
- 8) Det är viktigt att cylindern smörjs med formolja direkt efter varje prov, sedan ska cylindern kylas ned och smörjas igen med formolja för att gjutasfalten ska flöda igenom utan att fastna. Den första smörjningen med formolja fungerar som rensning av cylindern.



Figur 3.3.1. Flytcylinders dimension i mm. Cylindern är försedd med lyfthandtag i den övre delen för att underlätta att lyftningen blir rak.

### 3.4 Stämpelvärde

För varje gjutasfaltmassa som levereras ut från BINABs asfaltverket i Akalla tar man stämpelvärde som normal procedur. Vid varje provtagningsdag togs stämpelvärde för undersökning av karakterisering av deformationsegenskaperna. I samband med våra mätningar för läggbarhet med FCM-metoden tog man också stämpelvärde för att jämföra om det finns andra lärdomar och erfarenheter för läggbarhet.

Stämpelbelastningsprovning är en av de vanligaste metoderna för bedömning av hårdheten hos gjutasfalt genom bestämning av det intryck som en belastad stämpel förorsakar under en bestämd tid. Nedskjutningen mäts under en viss tid på ett stämpelprov.

Vid bestämning av stämpelintryck med FAS metod 465 belastas en kub av gjutasfalt med en plan cirkulär stämpel. Den totalt verkande kraften är 525N och stämpelns belastningsyta är 500 mm<sup>2</sup>. Stämpelns intryck i kuben bestäms efter 30 minuter med en noggrannhet av 0.01 mm. Även en s.k. intryckskurva kan bestämmas om avläsningar görs efter 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 och 120 minuter. Innan provning tempereras provform med kub i vatten vid 40 ±1°C under minst 60 minuter.

## 4. Genomförande

### 4.1. Kontrollvärde med standardmassa

Vi gjorde många prover och skapade en tabell med **standardmassa** från BINAB verket i Akalla för att finna och fastställa en metod över gjutasfaltsläggbarhet samt att kunna jämföra med olika vaxtillsatsmedel i olika former och mängder. Tabellen används också som en modell för att jämföra med olika stenmaterial för att finna det bästa och lämpligaste stenmaterialet för läggbarhet. Vi kallar tabellen nedan för **kontrollvärde**. Mätningarna gjordes med handsredskap därför krävs fokusering, noggrant omdöme och kognition för att få korrekt värde.

Mätningarna över tiden används för att beräkna massans utbredning i sekunder dvs. tidstagning på utbredningsförändringar i förhållande till temperatur ökning.

*Tabell 4.1.1. **Kontrollvärde** (gjort med BINABs standardmassa) över gjutasfaltsmassutbredningstid i sekunder i förhållande till temperatur ökning. Samt massans diameterutbredning (cm.) efter 5 min ( $t_{300s}$ ) och efter 15 min ( $t_{900s}$ ).*

Temp	D30	D40	D50	D60	$t_{300s}$	$t_{900s}$
183°C	12	41	123		52 cm	52,5 cm
185°C	10	32	99		52 cm	52,5 cm
186°C	9	31	98		52 cm	52,5 cm
187°C	8	29	97		52,5 cm	53 cm
190°C	7	26	96		58 cm	58,5 cm
194°C	6	22	70		58,5 cm	59 cm
195°C	5	21	65		59 cm	59,5 cm
198°C	4	18	55		60 cm	60,5 cm
199°C	4	17	45	155	62,5 cm	63 cm
200°C	4	16	41	154	63 cm	63,5 cm
207°C	4	15	35	80	64,5 cm	65,5 cm
217°C	4	10	27	70	65 cm	67 cm
218°C	4	9	26	68	65,5 cm	67,5 cm
219°C	4	9	24	65	66 cm	68,5 cm
221°C	3	9	22	65	67 cm	68,5 cm
222°C	3	9	21	63	67 cm	69 cm

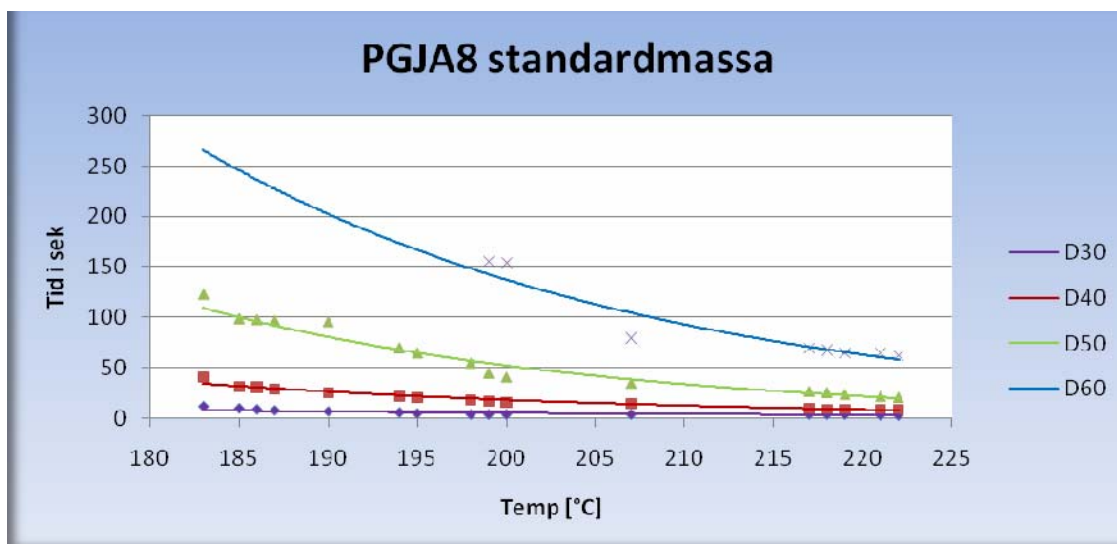


Diagram 4.1.1. Visar massans utbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C].

#### 4.2. Vaxinblandning i gjutasfalt

Den 30 oktober 07, arbetade vi med provtagningar för att finna om vax i olika former (Sasobit 3 %, Asfaltan 3 % och 1,5 % Sasobit plus 1,5 % Asfaltan) påverkar gjutasfaltens läggbarhet. Provningsen genomfördes vid 175°C till 207°C. Syftet med provtagningarna var att få provvärden med vaxtillsatser i olika sorter, mängder och temperaturer för att jämföra med standardmassans prover och se möjligheter till eventuellt förbättrad läggbarhet i låga temperaturer.

Vaxtillsatsen gjorde det möjligt att sänka utläggningstemperaturen för gjutasfalt till den grad att rökutveckling från blandaren blev mindre, men det kan bero på temperatur sänkning i blandaren. Vaxtillsatsen kan möjligen ha positiva effekter på interaktionen mellan komponenterna i det polymermodifierade bituminet när det gäller rökutveckling, alltså mindre emissioner.

Med FCM metoden, mätte vi massans utbredning i sekunder på skivan i förhållande till temperaturökning med fokusering på 200°C graders nivå.

Mätvärdena utan vax följde i princip vårt gamla **kontrollvärde** från den här dagen dvs. den 30 oktober 07. Därför är jämförelse möjlig mellan dagens provtagningar och vårt **kontrollvärde** med vaxtillsatser för att se de önskade effekterna.

#### 4.3. Arbetsordning för vax i bitumen:

Den 30 oktober 07 tillverkades gjutasfalt från BINABs asfaltverk i Akalla och fylldes ett ton på en av dumprarna (asfaltkokarna) och vi tog 3 prover utan vax. Sedan fylldes 3 kokare efter varandra med ett ton av gjutasfalt i varje och blandades med först 3 % Sasobit i den första kokaren sedan med 3 % Asfaltan i den andra och sist med 1,5 % Sasobit plus 1,5 % Asfaltan i den tredje och vi tog 6 prover från varje kokare.



### ***Provtagning A:***

Först tappade vi en hink av PGJA8 från den kokaren som hade ett ton på temperatur 195°C sedan två hinkar till på temp 198°C (se Tabell.5.1.1.).

### ***Provtagning B:***

Vi började med en ny kokare med gjutasfalt blandad med vaxtillsatsen 3 % Sasobit. Vi tar 6 prover med temperatur 172°C till 199°C (se Tabell.5.1.2.). Sasobit är en vaxtillsats som tillverkas kommersiellt av Schumann-Sasol GmbH.

### ***Provtagning C:***

Vi tar en ny kokare med 3 % Asfaltan och till samma procedur tar vi 6 prover från temperatur 177°C till 205°C (se Tabell.5.1.3.). Temperaturer runt 200°C var intressanta för oss för jämförelse med våra kontrollvärden för att på så sätt finna läggbarhets- möjlighet med Asfaltan och sänka utläggningstemperaturen på upp till 20°C.

Romonta Normal var den först lanserade tillsatsprodukten för asfaltmassa och har sedan följts av produkter med beteckning Asfaltan. Asfaltan A är framtagen för att passa till modifiering av gjutasfalt även Asfaltan B kan användas.

### ***Provtagning D:***

Vi gjorde ett försök till med blandning av båda Sasobit och Asfaltan med 1,5 % var. Vi gjorde 6 prover från 181°C till 197°C (se Tabell. 5.1.4.).

## 5. Resultat

### 5.1. Inblandning av vaxtillsats i standardmassan

#### Prov A med PGJA8 utan vax den 30 oktober 07:

Värdena på massutbredningstiden följde i princip vårt kontrollvärde på gjutasfaltmassan som ni ser i tabell 5.1.1.

#### Mättningsvärde i sekunder för första tappning av ett ton PGJA8 utan vax.

Tabell.5.1.1. PGJA 8 utan vax.

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
195°C	5	18	45	165	62.5	63
198°C	4	15	41	139	63,5	64,5
198°C	4	13	39	142	63.5	64,5

#### Prov B med PGJA8 med 3 % Sasobit:

Värden som vi hade tagit från PGJA8 med 3 % Sasobit den 30 oktober '07, hade bättre massutbredningstid i jämförelse med vårt standardvärde utan Sasobit. Vid högre temperaturer bör det vara lättare att lägga ut gjutasfalt med 3 % Sasobit. Läggarheten runt 200°C med 3 % Sasobit för gjutasfalt kan jämföras med 215°C utan Sasobit.

#### Mättningsvärde i sekunder för en andra tappning av ett ton PGJA 8 med vax 3 % Sasobit.

Tabell. 5.1.2. PGJA 8 med 3 % Sasobit

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
172°C	7	27	107		55	55
174°C	6	25	95		56,5	57
175°C	6	25	91		56,5	57
197°C	3	9	35	110	63	63,5
198°C	3	9	34	105	63	63,5
199°C	3	9	29	104	63	63,5

#### Prov C med PGJA8 med 3 % Asfaltan:

PGJA8 med Asfaltan hittills har den lägsta massutbredningstid på låga temperaturer. Vi får halverad tid med 3 % Asfaltan i gjutasfalten. Det betyder att läggbarheten är möjlig i ännu lägre temperaturer än i Sasobit, alltså effekten och samspelen med komponenterna i PMB 32 kan möjligen fungera bättre med Asfaltan.

**Mätningvärde i sekunder för tredje tappning av ett ton PGJA8 med vax 3 % Asfaltan.**

*Tabell. 5.1.3. PGJA 8 med 3 % Asfaltan.*

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
177°C	4	10	45	175	61	63
183°C	3	8	24	140	62	62,5
183°C	3	8	25	142	62	62,5
198°C	2	7	18	72	66,5	67
202°C	2	5	17	73	66	67,5
205°C	2	5	16	62	66,5	68

**Prov D med PGJA8 med 1,5 % Sasobit och 1,5 % Asfaltan var:**

Värdena som vi fick hamnar mellan Sasobits- och Asfaltansvärde i prov B och C. Det ser ut som en kombination av båda effekterna. Vi får inte lika bra massutbredningstid på skivan som i prov C med enbart 3 % Asfaltan. En kombination av 1,5 % Sasobit + 1,5 % Asfaltan kan öka läggbarheten.

**Mätningvärde i sekunder för fjärde tappning av ett ton PGJA8 med vax (1,5 % Asfaltan och 1,5 % Sasobit).**

*Tabell. 5.1.4. PGJA 8 med 1,5 % Asfaltan och 1,5 % Sasobit.*

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
181°C	3	8	42	150	62,5	63
184°C	3	8	40	145	62,5	63
186°C	3	8	40	144	62,5	63
197°C	3	7	24	94	64	64,5
197°C	3	7	25	95	64	64,5
197°C	3	7	26	95	64	65

**Prov E ett extra prov med PGJA8 med 4 % Asfaltan:**

Den 28 november '07 gjorde vi 9 prover var av 6 prover med 4 % Asfaltan. 1 % ökad mängd Asfaltan gav en aning snabbare vid temperaturer under 200°C som ni ser i jämförelse grafen för D50 nedan.

En extra mätningsvärde i sekunder av ett ton PGJA8 med vax 4 % Asfaltan.

Tabell. 5.1.5. PGJA 8 med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	t300s	t900s
183°C	3	8	25	180	61,5	62,5
183°C	3	8	24	170	61,5	62
186°C	3	8	24	170	62	62,5
199°C	2	5	19	95	63	63,5
199°C	2	7	21	90	63	64
200°C	2	5	20	99	64,5	65,5

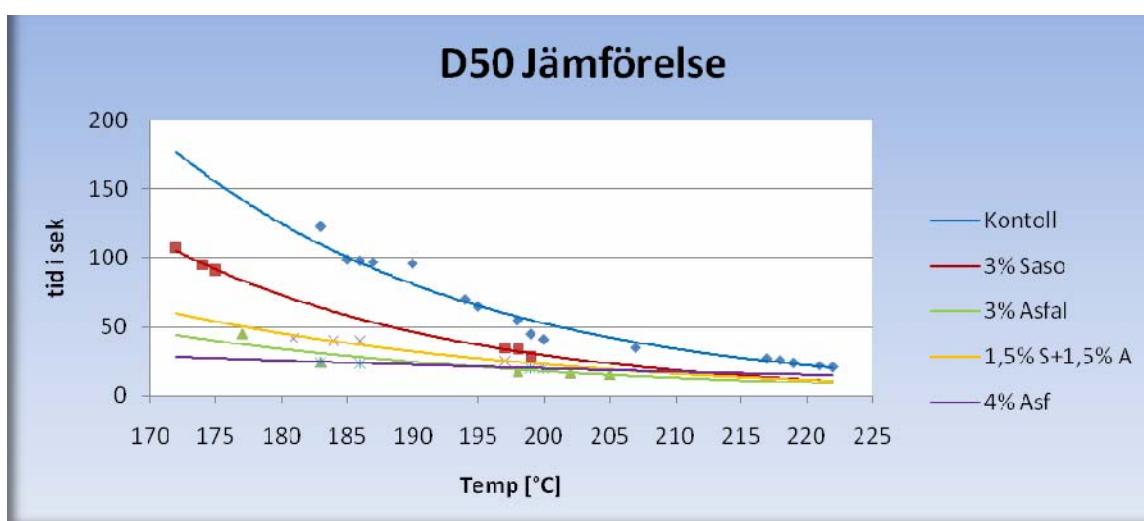


Diagram 5.1.1. Visar gjutasfaltsmassans utbredning i sekunder i förhållande till temperatur [°C] ökning med olika mängd- och vaxtillsats för D50.

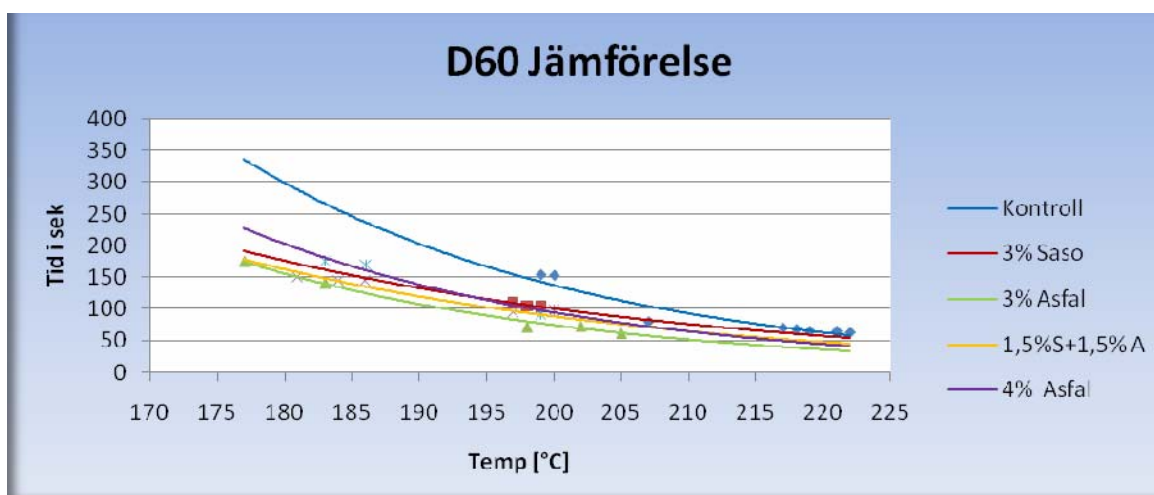


Diagram 5.1.2. Visar gjutasfaltsmassans utbredning i sekunder i förhållande till temperatur [°C] ökning med olika mängd- och vaxtillsats för D60.

## 5.2. Olika stenmaterials påverkan av gjutasfaltens läggbarhet

Undersökning av olika stenkurvurs utseende och form och inte minst kornstorleksandelen har stor betydelse för läggbarheten. Med våra 4 provomgångar över olika temperaturer och stenmaterialens egenskaper beträffande flisighet och krossytegrad, kan man möjligen se stenkurvans betydelse för läggbarheten.

Nedan är 4 olika tabeller med mest flisiga och mest kubiska med och utan vax.

### Prov 1. Mättningsvärde i sekunder för mest flisiga 4-8 mm stenmaterial utan vax.

Tabell. 5.2.1. PGJA 4-8 mm. FLISIGA utan vax

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
184°C	6	25	120		55,5	56
184°C	6	24	160		55	55
185°C	4	22	115		55	55
195°C	4	24	200		55	55
199°C	4	25	180		54	54,5
203°C	4	22	180		53	53
214°C	4	25	120		52	52,5
220°C	4	22	110		50,5	51
222°C	4	20	105		52,5	53

### Prov 2. Mättningsvärde i sekunder för mest flisiga 4-8 mm stenmaterial med vax 4 % Asfaltan.

Tabell 5.2.2. PGJA 4-8mm. FLISIGA med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
185°C	4	10	45		59,5	60,5
192°C	3	8	34	150	61,5	62
194°C	3	7	32	150	61,5	62
201°C	3	6	30	135	62	63
205°C	3	6	27	135	62,5	63,5
207°C	3	6	25	135	62,5	63,5
217°C	3	5	18	80	65	67
222°C	3	4	12	56	66,5	68
222°C	3	4	10	46	67	69

### Prov 3. Mättningsvärde i sekunder för mest kubisk 4-8 mm stenmaterial utan vax.

Tabell 5.2.3.PGJA 4-8, Kubisk utan vax

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
185°C	4	17	67		58	58,5
185°C	4	18	72		57	57,5
191°C	4	12	56		59	59,5
195°C	3	11	58		59	59,5
198°C	3	10	50		59,5	60
202°C	3	8	48		60	60,5
212°C	2	8	45		58	58,5
218°C	2	7	44		58	58,5
220°C	2	6	42		58,5	59

### Prov 4. Mättningsvärde i sekunder för mest kubisk 4-8 mm stenmaterial med vax 4 % Asfaltan.

Tabell 5.2.4.PGJA 4-8, Kubisk med 4 % Asfaltan

Temp	D30	D40	D50	D60	T300s	T900s
180°C	3	5	23	177	61,5	62
194°C	2	4	18	120	63,5	64,5
196°C	2	4	15	118	64	65
212°C	1	2	8	42	67,5	68
215°C	1	2	7	41	68	68,5
217°C	1	2	7	40	68,5	68,5

### 5.3. Inverkan av kornstorleksform och geometri

Stenmaterialets kornstorleks inverkar på gjutasfalts läggbarhet. Vi har försökt att finna ett stenmaterial som på ett avgörande sätt kan förbättra gjutasfalts läggbarhet. Vi har gjort 4 olika tester med stenmaterial och vaxinblandning mest flisig (4-8 mm) och mest kubisk (4-8 mm) för att jämföra skillnader mellan olika stenmaterial.

Med de olika testerna har vi möjlighet att se skillnader mellan kubiska och flisiga stenmaterial och kan även se stenstorlekens påverkan på läggbarheten, när vi jämför med provvärdena på standardmassans utbredningstid. Men flisighet har större negativ effekt jämfört med kornstorleken. Man ska inte glömma fillrets stora påverkan på läggbarhet som skapar skillnader från massa till massa.

Nu tänker vi att gå genom och analysera och förklara de 4 mätningarna som vi har gjort. Inför de nämnda 4 mättningsdagarna visste vi inte vad vi hade fått för blandning med sten material och vax (Asfaltan) i våra prover och syftet var att se skillnader mellan olika provomgångar i förhållande till våra kontrollvärden. Och det visade sig att med hjälp av våra kontrollvärden som är baserade på standardmassa (6-8 mm)

PGJA8 kunde vi se de skillnader som finns mellan olika stenmaterial på vaxinblandning vilket vi kan förklara och gå närmare in på i varje delprov. Vi vill påpeka att man har använt Asfaltan som vaxtillsatsmedel för delproverna nedan.

### Delprov 1:

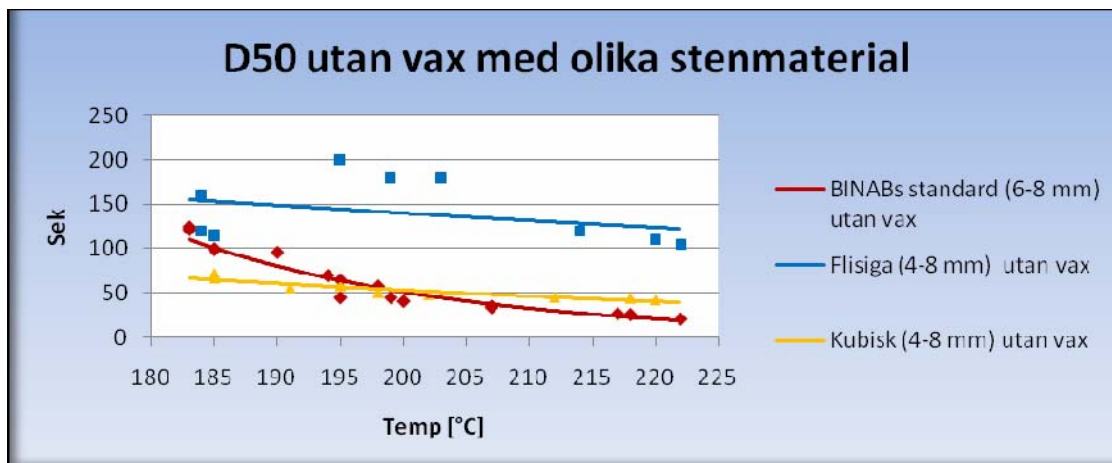


Diagram 5.3.1. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial utan vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

Med hjälp av FCM metoden kan man se att de mest flisiga stenmaterial är svårare att lägga ut. Man ser det tydligt på kurvan för D50 (Diagram 5.3.1.) utan vax att med de mest flisiga stenmaterial har man problem även i högre temperaturer. Istället för att utbredningstiden ska minska när vi höjt temperaturen på kokaren blev det mycket svag minskning på utbredningstiden.

Det kan förklaras med stenarnas flisighet i kombination med fillerandelen, samt avdunstning och upptagning av vaxerande oljeprodukter i massan.

### Delprov 2

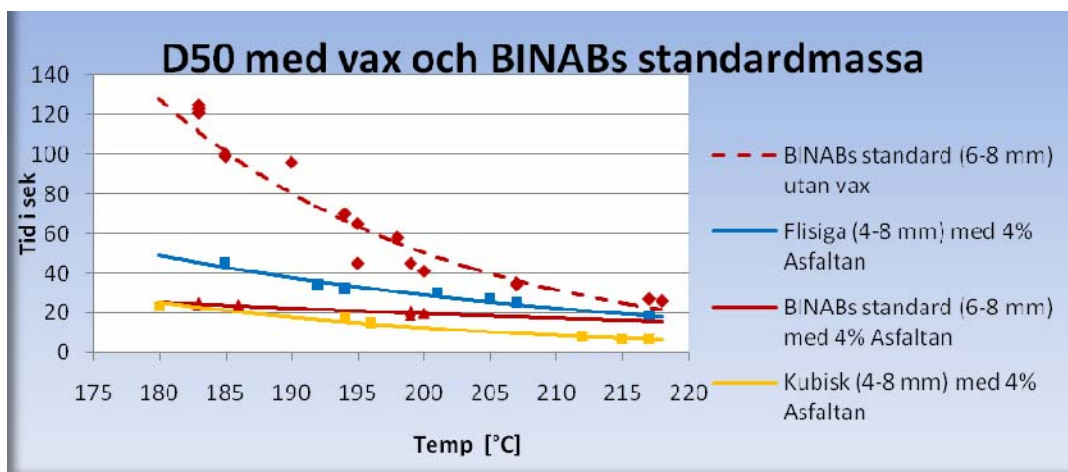


Diagram 5.3.2. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

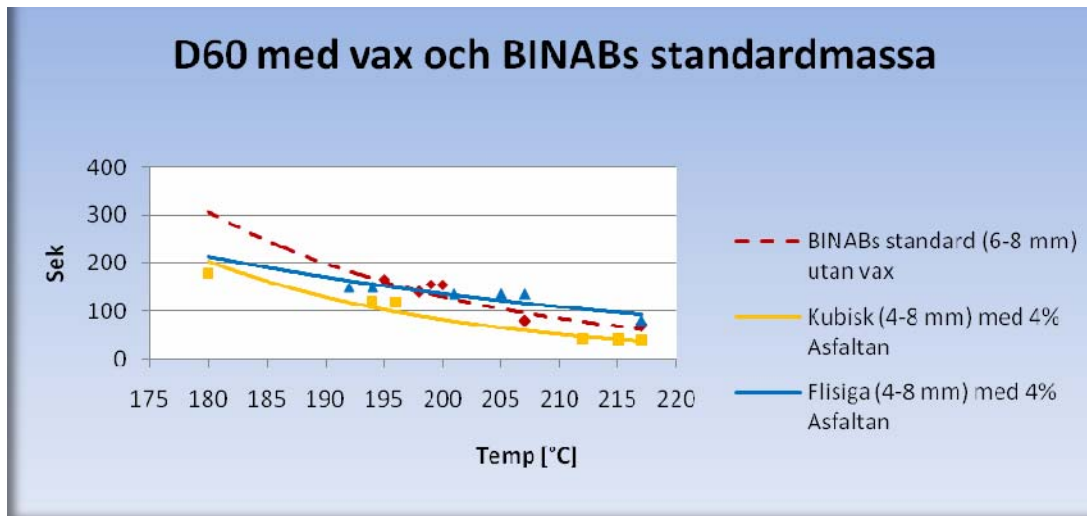


Diagram 5.3.3. Kontrollvärde i jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

Det mest flisiga stenmaterial som vi hade i provet innan får vi nu med vaxtillsats 4 % Asfaltan. Det visade sig att med hjälp av vax kunde vi få en bra läggbarhet även för ett stenmaterial som detta. Det kan innebära att med hjälp av vax och en kombination av flisig och kubiskt stenmaterial kan vi öka både läggbarhet och hållfasthet och balansen ligger i kontrollen över andelsfördelningen som man ser i D50 (Diagram 5.3.2.). Vill man ha styvhet och högre hållfasthet då ökar man det flisiga stenmaterialet med högre andelsfiller men på bekostnad av läggbarheten framför allt om man använder handredskap.

Mest flisiga 4-8 mm med vax har sämre läggbarhet efter 200°C grader för D60 (Diagram 5.3.3.). Därför kan vi säga att stenstorleken och fillret och flisighetsgraden påverkar olika och skapar skillnaden i läggbarhet mellan massa och massa. Fillerandel och stenstorlek kan ha sin effekt på läggbarhet i de högre temperaturerna som vi nämnde ovan. Och det finns belägg för det. Vi har studerat ett tidigare examensarbete som har gjorts med fokusering på kornstorlek och fillersandel.

### **Delprov 3:**

Man ser i Diagram 5.3.2. & Diagram 5.3.3. att vårt mest kubiska stenmaterial visar klar tendens på att vara bättre för de lägre temperaturerna runt 200°C grader i jämförelse med vårt kontrollvärde. Men läggbarheten blir lite sämre på temperaturer över 200°C grader och vi tror att det kan beror på fillerandelen och fraktioner 0-4 mm. Fillret spelar samma funktion som mjöl gör i en allt varmare sås så att viskositeten blir högre.

Att massutbredningstiden var längre för de högre temperaturerna runt 200°C kan beror på avdunstning och stenarnas sug effekt av vaxerande oljeprodukter.

Läggbarheten för kubiska stenmaterial är betydligt bättre i jämförelse med flisigt stenmaterial. Som man kan se i diagrammet ovan (Diagram 5.3.3.), men man kan



också tolka att de kubiska stenmaterialen rullar betydligt lättare med massan när man gör prover med FCM metoden och det borde fungera även på samma sätt i verkligheten på arbetsplatserna.

#### Delprov 4:

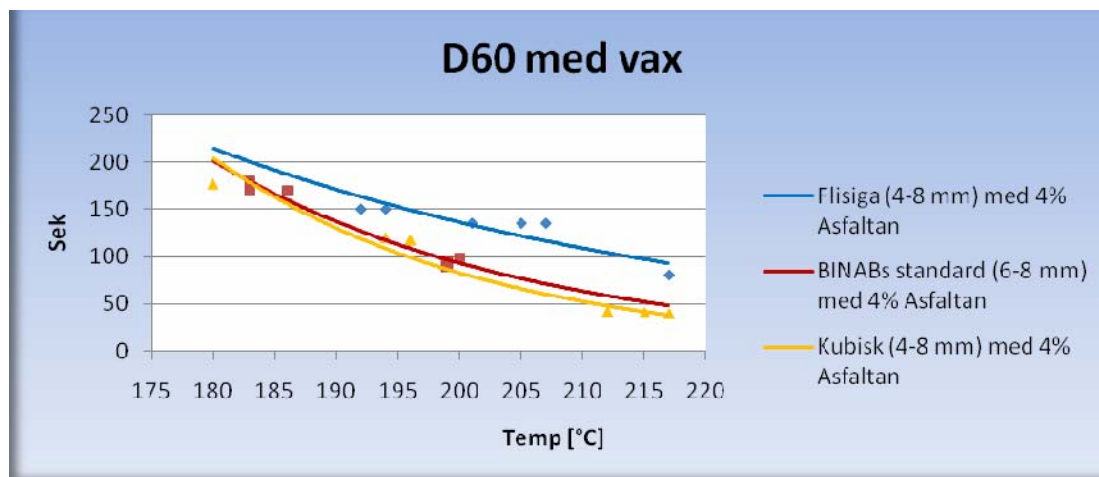


Diagram 5.3.4. Jämförelse med flisiga & kubiska (4-8 mm) stenmaterial med vax i förhållande till temperatur [°C] ökning.

I delprov 4 som vi gjorde på bästa kubiska stenmaterial 4-8 mm gav den bästa läggbarhet som baserade på massutflytningstid. Den är den hittills bästa läggbara massan som vi har tagit prover på. Med temperaturer runt 185°C grader kan vi få en läggbarhet för motsvarande 220°C grader för standardmassa (Diagram 5.3.2.).

Energibesparingen kommer att bli stor med en sänkning av temperaturen 20 – 40°C och en stor samhällsekonomisk vinst. Vi såg en tydlig minskning av avgaser, men det är inte det vi ska undersöka i vårt examensarbete, men det är dock värt att påpeka.

Man ser ovan i Diagram 5.3.3. på D60 att man vinner dyrbara sekunder när det gäller läggbarhet på temperaturer över 200°C grader. Vårt kontrollvärde följer i princip samma exponentialfunktion med vinst i tid och energiåtgång.

## 6. Fältstudier

Den 24 juni 08 testade man vaxinblandningsinverkan på gjutasfalt i stor skala för att jämföra och utvärdera vaxinblandningens påvisade effekt på läggbarhet i det verkliga arbetet.

Normalt transporterar man gjutasfalt till arbetsplatserna med hjälp av transportkokaren som kan rymma upp till 20 ton. Därifrån fyller man dumprar till utläggningsplatsen och med hjälp av kärra håller man gjutasfalt från dumprarna till utläggningsplatsen för utläggning med handredskap.

I början hade vi ställt in transportkokarens temperatur på 193°C för att gardera oss för nedkylning i samband med dumpningen från transportkokaren till dumparen. Vi tog vår hink från dumparen för provtagning med hjälp av FCM metoden. Temperaturen blev 190°C. Det tog en kort stund innan arbetarna började med utläggningen. Första kärrans temperatur var 198°C som ökade under tiden till 212°C i de kommande kärrorna. Man hade inte riktig kontroll över temperaturförändringen på dumparen. Temperaturen var 198°C från kärran som var läggbart men något svårt rakbart. När temperaturen ökade till 212°C blev det även rakbart. Vi tog vår nästa hink från andra dumparen och vi fick 197°C med bättre utbredningsresultat på skivan.

Under tiden hade vi ett öga på rökutvecklingen i samband med utläggningarna. De lägsta temperaturerna på kärran låg mellan 192°C och 195°C som man kunde lägga med handredskap men inte med rakan. Lägre än 192°C kom vi aldrig den dagen. Den verkliga temperaturen kan ha varit lägre än 192°C pga. nedkylningen från kärran till utläggningsplatsen. Vi tog två prover till med temperaturer på 195°C och 200°C med 4 % Asfaltan.

Efter de sista proverna kom nya leveranser med gjutasfalt utan vaxtillsatser och vi tog på samma sätt som ovan två prover till för provtagningar med FCM metoden med temperaturer på 211°C och 224°C.

Vad vi observerade under provtagningarna när det gäller rökutveckling och rakning var att rökutvecklingen blev mindre och kan kopplas till de lägre temperaturerna i samband med utläggningarna. Men när det gäller rakning vill vi säga att för en god rakning behövdes 212°C med vax och utan vax 237°C.

Nämligen med hjälp av rakning kan man öka läggningshastighet och man kan arbeta stående men det krävs högre temperaturer som i sin tur skapar mera rökutveckling. Så man kan säga att för rakbarhet krävs högre temperaturer än läggbarhet med hjälp av handläggning.

Syfte med den här dagens provtagningar var att se om de positiva effekterna på läggbarhet från FCM metoden kan konstatera i verkligheten.

Man kan inte direkt dra slutsatser från enbart den här dagen. Det krävs mera provtagningar och mera fältarbete samt bättre organisation i samband med provtagningarna. Det är viktigt att påpeka att vi hade en annan leverantör för bitumen och omgivningstemperaturen var cirka 8 graders högre än temperaturomgivning

under våra labbprovtagningar som kan ha signifikant effekt på läggbarhet den här dagen. Nedan beskrivs några av förslagen:

- 1) Provtagningarna bör tas direkt i anknytning med en påfyllning av kärnan.
- 2) Provpplatsen bör vara så nära som möjligt utläggningsplatsen.
- 3) Förfarandet på temperaturtagningarna på proverna bör följa metodbeskrivningar för FCM metoden även på fältet.
- 4) Handredskapsutveckling för snabbare utläggning och belastningsminimering för arbetarna och företaget.
- 5) Förkortning och effektivisering av arbetsplatslogistiken.
- 6) Istället för handläggning bör man utveckla handrivna utläggningsmaskiner som kan användas i trånga och smala utläggningsplatser.
- 7) Överskrid inte föreslagna maximala gjutasfaltmassans temperaturer.

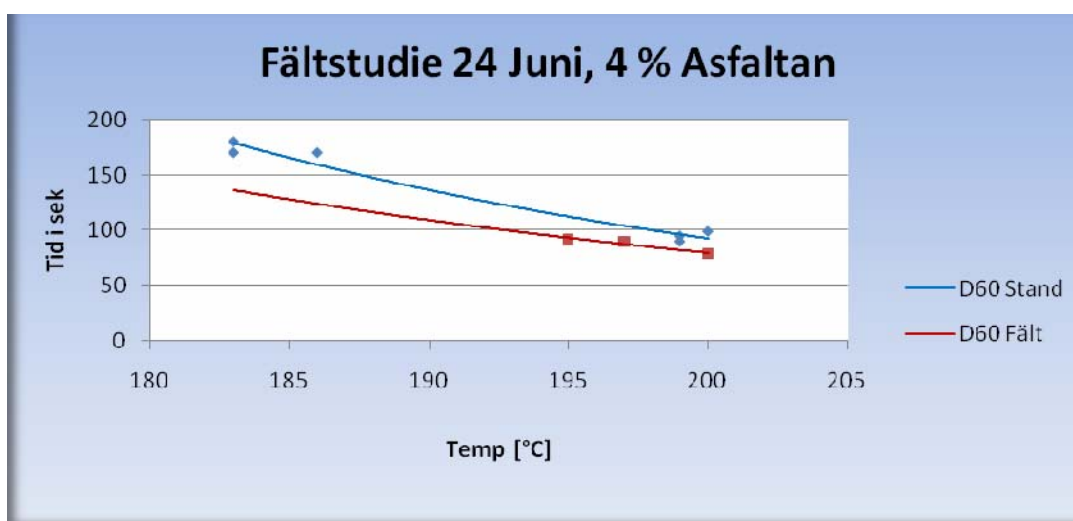


Diagram 6.1. Visar massansutbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C] med 4 % Asfalten för D60.

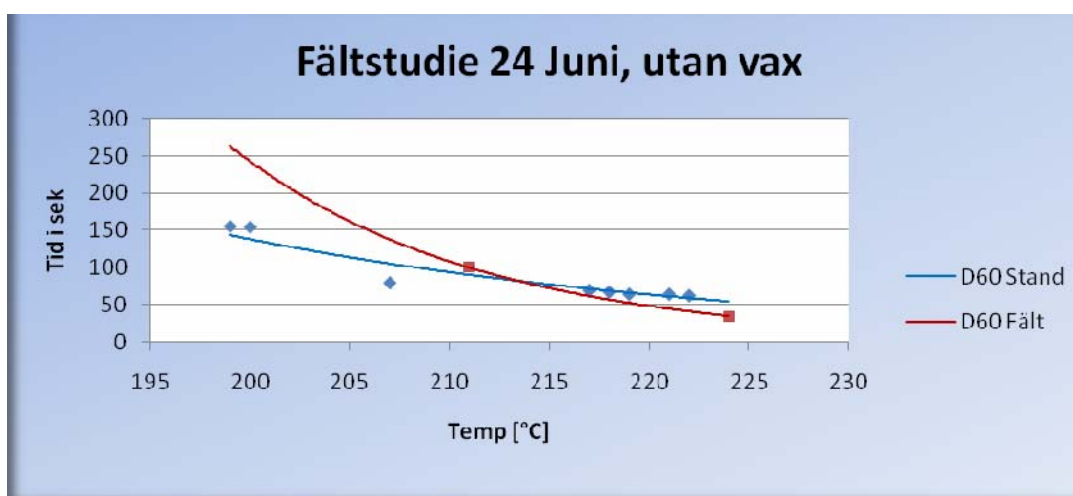


Diagram 6.2. Visar massansutbredning i sekunder i förhållande till temperaturökning [°C] utan vaxtillsatser för D60.

## 7. Värmeförlust försvårar gjutasfaltbeläggning

Vid gjutasfaltmassans olika temperaturpåverkan på läggbarhet kan de transienta värmeledningsproblemen s.k. Lumped Capacitance- metoden ge en del förklaring om varför omgivningens låga temperaturer försvårar läggbarhet.

Gjutasfaltmassan avger värme direkt till omgivningen som omger gjutasfaltan, framförallt kontaktytan med grunden. Värmekapaciteten som lagras i gjutasfaltmassan ger värdefulla sekunder för läggbarhet, ju tjockare gjutasfaltmassan är desto längre håller värme och med det vinner man dyrbara sekunder för arbetarna i samband med utläggning. Men gjutasfaltbeläggningarna är ofta i tunna lager. För att motverka värmeförlusten mot omgivningen fungerar bitumenmattor som isolerings skikt när temperaturdifferensen är stor.

Värmeförlusten är stor under arbetsplatslogistiken från transportkokaren, dumparen, kärran och till slut till utläggningen men vi fokuserar på utläggningsplatsen, där värme övergångskoefficienten  $h$  avgör hur snabbt massan avger värme till omgivningen. Ju större temperaturdifferensen och kontaktytan är desto snabbare blir värmeförlusten.

Differensen i temperatur spelar stor roll för hur snabb förlusten av värme ska vara. Om vi har en kropp med temperaturen  $T$  i en omgivning med temperaturen  $T_\infty$  så ändras temperaturen med tiden enligt följande ekvation.

$$\frac{\theta}{\theta_i} = \frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \exp\left[-\left(\frac{hA_s}{\rho Vc}\right)t\right]$$

Ekvationen ovan förklarar den tiden som behövs för gjutasfaltmassan att nå temperaturen  $T$ , ( $T = T_{nu}$ , är lägsta temperaturen för läggbarhet). I vårt fall motsvarar läggbarhetstemperaturen många faktorer för just den specifika massan. Eller omvänt, ekvationen kan användas för att räkna den uppnådda temperaturen för massan med tiden  $t$ . Den föregående slutsatsen indikerar att temperaturdifferensen mellan massan och omgivnings temperatur  $T_\infty$  går exponentiellt mot noll när  $t$  närmar sig oändlighet (men vi är intresserade av en tid på cirka en minut). Där  $T_i$  är massans (kroppens) initialtemperatur. Termen ( $\rho Vc / hA_s$ ) kan bestämmas som värmetidens konstant, täljarens värde är den kompakta värmekapaciteten för massan och nämnarens värde är motståndet mot värme konvektionen (och värmeledning) från massans yta.

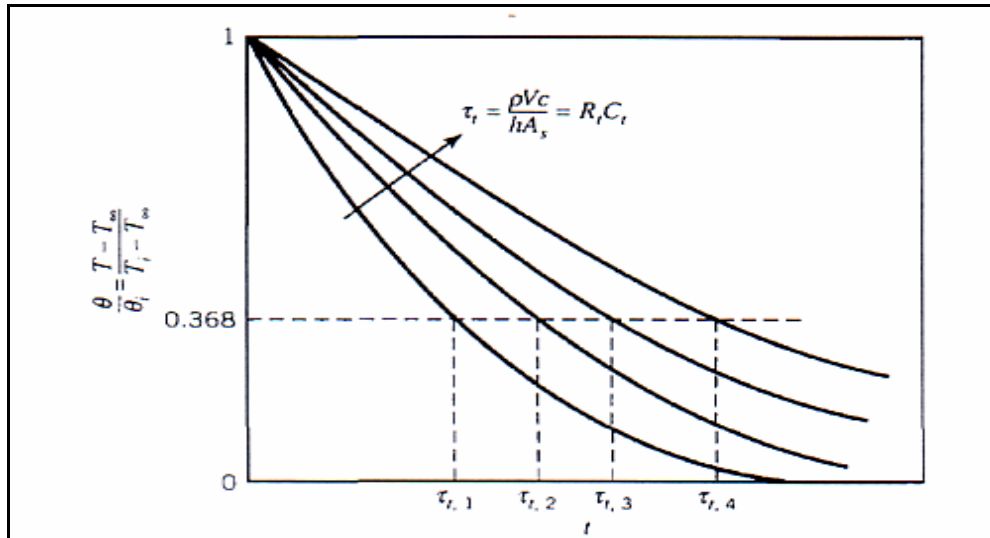


Diagram. 7.1. Transienta värmeledning för olika tidskonstanter,  $\tau$

$t = (1/hA_s)(\rho Vc) = R_t C_t$ ,  $R_t$  är värmekonvektionsresistans och  $C_t$  är massans lumpade värmekapacitet, som kan användas då det inre värmemotståndet i kroppen är litet jämfört med det yttre, dvs. då kroppens temperatur i varje ögonblick kan antas samma i varje punkt (inga inre temperaturskillnader).

Ett ytterligare villkor är att omgivningens temperatur plötsligt ändras från kroppens temperatur till en lägre temperatur. När  $R_t$  och  $C_t$  ökar, saktar de ner massans värmeändringsbenägenhet i dess omgivning. Det här beteende liknar kapacitansens urladdning genom resistans i en **el krets** (RC).

Men det är möjligt att det yttersta skiktet som har kontakt med underlaget kyls ner snabbare och stenarna i massan bidrar till en jämnare temperatur i varje ögonblick. Man kan också tänka sig att stenarnas form och storlek kan bidra till snabbare värmeförlust framförallt mot underlaget.

## **8. Diskussion och slutsats**

### **8.1. Diskussion**

Kokar man gjutasfalten längre tid i blandaren med högre fillerhalt och högre temperatur än 200°C får man klart sämre massa för läggbarhet med stenmaterial som har 4-8 mm. Det var det vi kunde se när vi jämförde de två tester som vi gjorde utan Asfaltan med tidigare kontrollvärde. Även andra faktorer som avdunstning av vaxerande oljeprodukter i bitumen har med höjning av viskositet att göra.

Men de två andra tester som vi gjorde med samma kornstorlek 4-8 mm mest flisig och mest kubisk med Asfaltan blev resultatet betydligt bättre även när man kokade massan en längre tid.

Under de här olika proverna som vi har gjort med mest flisig och mest kubisk stenmaterial ser vi en annan tendens framför allt när vi använder 4-8 mm att massan tappar värme betydligt snabbare i jämför med 6-8 mm. På det sättet kan vi säga att kornstorleken kan ha betydelse för läggbarhet i den viktiga sista minuten när man lägger asfalten.

Diameterutbredningen på skivan för mest kubiska och mest flisiga stenmaterial utan vax nådde aldrig D60 (Tabell 5.2.1. & 5.2.3.) även för högre temperatur.

Eftersom de här massorna gick utanför ordinarie produktion med stenstorlek 4-8 mm, kan vi inte direkt jämföra med 6-8 mm. Andra omständigheter med egen filler och andel stenstorlek 0-4 mm kan ha sin effekt på resultatet framför allt när det gäller tidsfaktor i kokaren.

För att få en gjutasfaltmassa som inte varierar från gång efter gång när det gäller läggbarhet behövs betydligt jämnare andel av stenmaterial. Stenmaterial från 6-8 mm som asfaltverket redan använder är bättre lämpat (än 4-8 mm) för att få gjutasfalten stabilt och läggbart bör man kontrollera fraktionsandelen mellan 0-4 mm till den nivå att stabiliteten inte rubbas.

När man tittar på D50 med vax (Diagram 5.3.2.) för mest flisigt och mest kubiskt stenmaterial ser man en annan skillnad som är att flisighetsgraden har större effekt än stenarnas kornstorlek.

Vi kan tolka ovan nämnde D50 (Diagram 5.3.2.) att kubiskt stenmaterial med vax hamnar bäst när det gäller utbredningstiden och med det läggbarheten. Och gör det möjligt för att hinna med utläggning med de viktiga minuterna i början.

Stenmaterial som idag används som standard i Akallas asfaltsverk hamnar mitt emellan mest flisiga och mest kubiska stenmaterial när det finns vax inblandat. Vi tolkar resultatet så att kubiskhet är viktigare än stenstorleken för en bra läggbarhet i de viktiga minuterna som är nödvändigt för utläggningen.

Det är inte bara stenarnas volym och form som är viktig i det här sammanhänget för läggbarhet. Man kan också tänka sig att flisiga stenmaterial löser in sig i varandra

och med dess större vidhäftningsyta blockerar massutbredning och försvårar läggbarhet.

Från ett tidigare examensarbete som fokuserar på stenmaterialet 0-4 mm får vi några viktiga påpekanden som kan komplettera det vi har kommit fram till vad avser kornstorlek och fillrets påverkan som vi nämner nedan.

Proverna visar att effekten på (i en specifik bergkross) krossen har stor inverkan på provresultatet. En lägre effekt i krossen ger generellt en lägre fillerhalt i 0-4 mm fraktionen. Effekten bör ligga mellan 95-105 kW vilket ger en fillerhalt på mellan 8-13 %. Fukthalten i stenmaterialet har även den en stor inverkan på resultatet. En hög fukthalt ger generellt en hög fillerandel medan en låg ger en lägre fillerandel i provet. Enligt deras provresultat ger en fukthalt mellan 1,1-1,8 % en fillernivå på mellan 8-12 %.

En jämn andel av stenmaterial som man får till asfaltverket och kontroll över fillret för att få jämn andel från gång till gång löser viktiga problem framför allt när det gäller stenstorlek under 0,063 mm. Andelen av dessa olika stenstorlekar skiljer sig från kross till kross vilket leder till att receptet på gjutasfaltsmassan blir olika från gång till gång. Där stenstorlekar 0-4 mm kan spela stor roll.

Vi hade önskat att kunna mäta utsläppen i samband med våra prover antingen direkt från kokaren eller från själva utläggningsmomenten på SI-mellanlägggen. En annan tanke som utvecklade sig under vårt arbete var att modifiera våra handredskap när det gäller volym och antal prover.

Vi rekommenderar att man ska kontrollera möjligheterna att minska avgasor i samband med produktion, transport och avlagring av gjutasfaltmassa inte minst i sampelet med olika stenmaterial.

Arbetsplatslogistiken är ett annat område som är väldigt viktigt för energisparandet och med det emissionsutsläppen. Läggbarheten på gjutasfalt kan underlättas med handredskapsutveckling och modifiering. Genom att använda maskinell läggare kan arbetet med utläggning blir snabbare och det kan läggas på lägre temperaturer.

Förkortning för arbetsplatslogistiken är ett annat viktigt område för energisparande. Man slipper höja temperaturen så mycket över läggbarhetstemperaturen för att kompensera energiförlusten i kedjan t.ex. transportkokaren, dumparen och kärnan.

Den föreslagna modifieringen kan vara som nedan:

- 1) Dumpning från transportkokaren till små dumprarna ska förbättras och utvecklas.
- 2) Sluten och korrekt temperaturgivare på dumprarna med högre rotation hastighet på blandaren.
- 3) Det är möjligt att avvara kärnan i en sluten kedja för dumpare. Dumpningen kan ske med hjälp av tryck och inte bara med hjälp av gravitation.
- 4) Utveckling av rakaren (rakan) eller användning av minimaskinläggare för utläggningarna.

## 8.2. Slutsats

Med hjälp av de två graferna nedan kan vi dra vår slutsats.

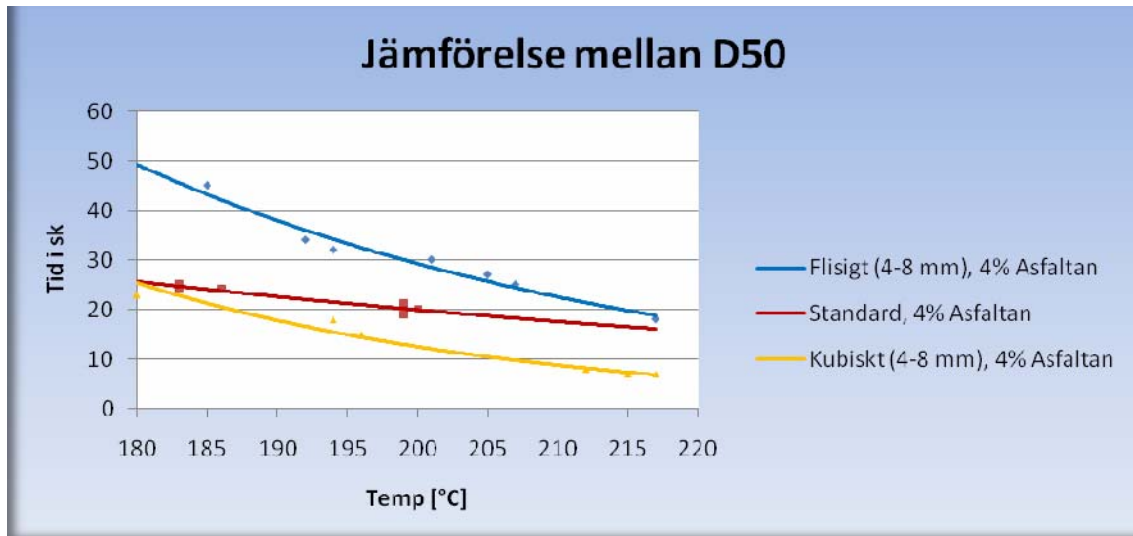


Diagram 8.2.1 . D50 visar kornstorlek- och flisighetsinverkan på gjutasfalts läggbarhet i förhållande till temperatur [°C] ökning.

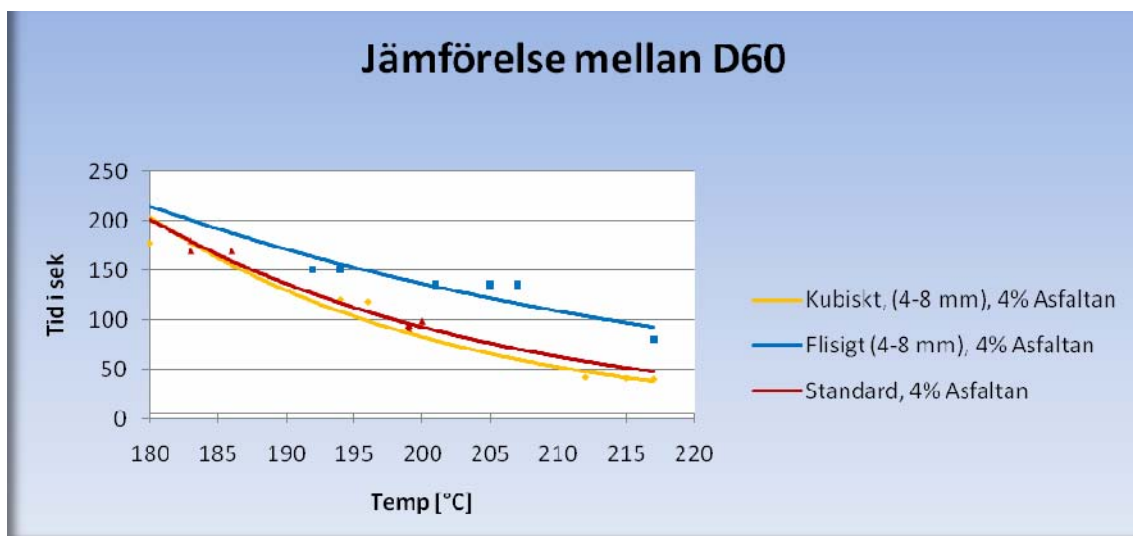


Diagram 8.2.2. D60 visar kornstorlek- och flisighetsinverkan på gjutasfalts läggbarhet i förhållande till temperatur [°C] ökning.

- Vårt examensarbete i BINAB visar att olika stenmaterial med vax har inverkan på gjutasfaltsläggbarhet.
- Inverkan av stenmaterial varierar beroende på flisighetsgraden, kornstorleken, fillerandelen, fukthalten och olika vax- och mängdtillsatser.
- Det mest kubiska stenmaterial gav den bästa resultat på läggbarhet.
- Stenarnas kornstorlek och fraktionsandelen är näst viktiga för läggbarhet.



- 4 % Asfaltaninblandning är i samspel med de ovan nämnda punkterna ovan är avgörande för att få en bra läggbarhet på låga temperaturer. Vinsten är upp till 20-40°C beroende på flisighetsgraden och kornstorleken.
- Vår egen bedömning är att de nämnda effekterna på läggbarhet kan värderas utifrån utläggarens upplevelse i samband med utläggningen samt många faktorer som lätt kan påverka läggbarheten. Utan handredskaps- och arbetsplatslogistikutveckling kan man inte få fullt ut sänkt temperatur under 200°C.

## 9. Källförteckning

### Litteratur:

Robert K, Ylva Edwards (2003), Gjutasfalt som slitlager på broar och viadukter, Stockholm, s. 4-21.

<http://www.asfaltskolan.se/alltomasfalt.html>

Föreningen för Asfaltbeläggningar i Sverige (1995), *FAS Asfaltbok*, Stockholm Kap. 2, A1-21.

Anders Jonsson, Robert Långh (2005), Stenmaterial vid asfalttillverkning, Chalmers Tekniska Högskolan, Göteborg.

Transient Conduction: The Lumped Capacitance Method Chapter Five Sections 5.1 through 5.3. [bama.ua.edu/~cbrazel/306ch5abw.pdf](http://bama.ua.edu/~cbrazel/306ch5abw.pdf)

<http://www.energy.kth.se/courses/4A1601/Files/VT-tenta%20050312.pdf>

[www.vv.se/filer/31983/bilaga2\\_vax\\_som\\_tillsatsmedel\\_i\\_gjutasfalt2007.pdf](http://www.vv.se/filer/31983/bilaga2_vax_som_tillsatsmedel_i_gjutasfalt2007.pdf)

Björn Samuelson (2001), Byggbranschens arbetsmiljö, sid. 4, av, Sveriges Byggindustrier.

FAS Metod 465-00, <http://www.vv.se/filer/Publikationer/fas465-00.pdf>

INFORMATIONSBLAD FRÅN MILJÖDEPARTEMENTET, (2008, april), Stockholm, Regeringens klimatpolitik.

Kia Klaesson Pettersson och Jenny Matsson (2003), Användning av Plastgjutenmarkbetong: Reg.kod: Oru-Te-EXA096-B107/03, Örebro

Isacsson U, Lu X (1995), "Testing and appraisal of polymer modified road bitumens – state of the art" *Materials and structures*, 28, pp.139-159.

<http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=125441&page=4>

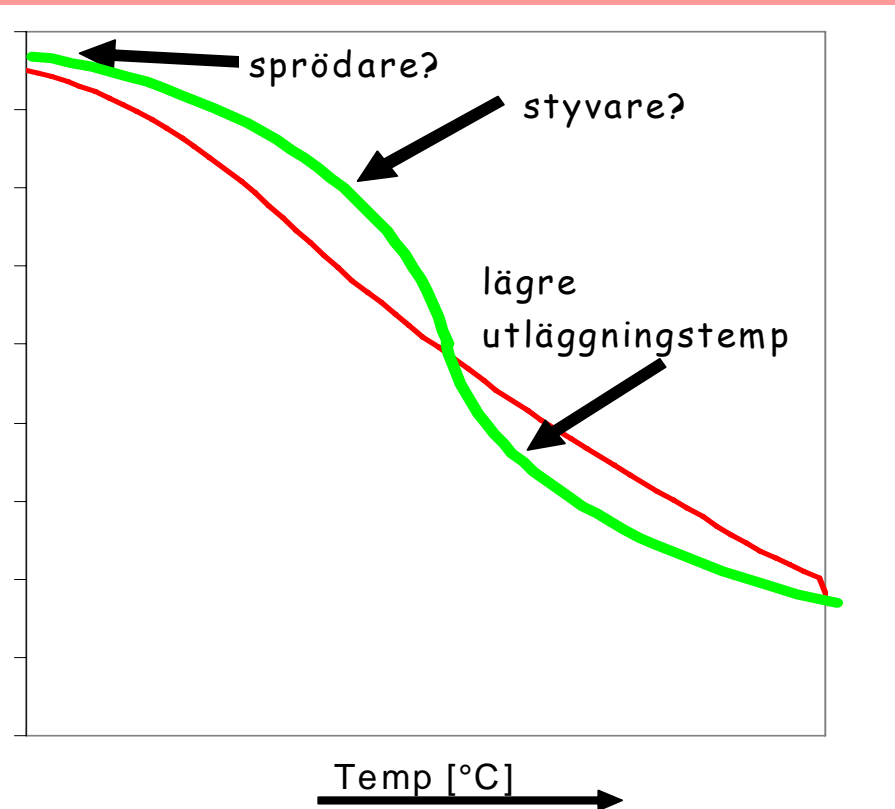
<http://www.roymech.co.uk/Related/Thermo.html>

<http://en.citizendium.org/wiki/Asphalt>

[http://www.vv.se/filer/17591/Provv%C3%A4g\\_E6\\_\(PMB\).pdf](http://www.vv.se/filer/17591/Provv%C3%A4g_E6_(PMB).pdf)

[http://vgwww.vegagerdin.is/nvf33.nsf/2bcd72cf0978d05280256f620045f485/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/\\$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf](http://vgwww.vegagerdin.is/nvf33.nsf/2bcd72cf0978d05280256f620045f485/80d9e90ddcc4bdc200257439002784ad/$FILE/Utskott33%202006%20del%201.pdf). (NI-projekt 03014, asfaldekkers beständighet).

# Vax som tillsatsmedel i gjutasfalt



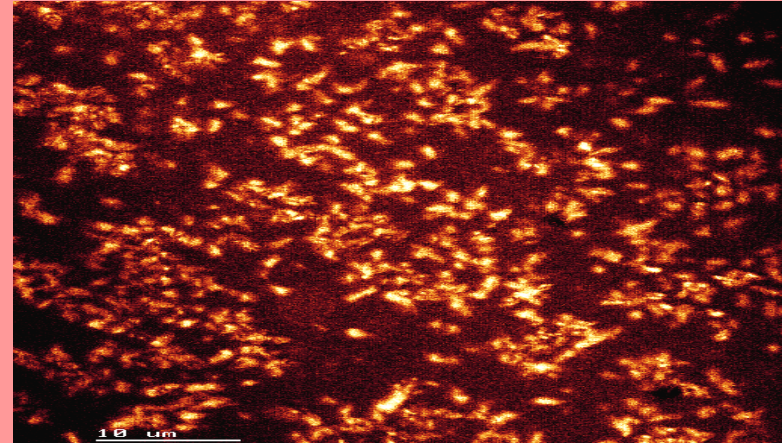


# Vad är vax?

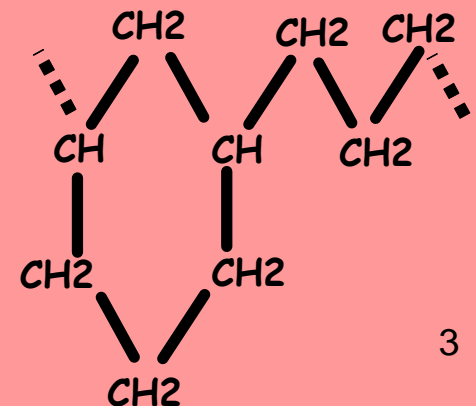
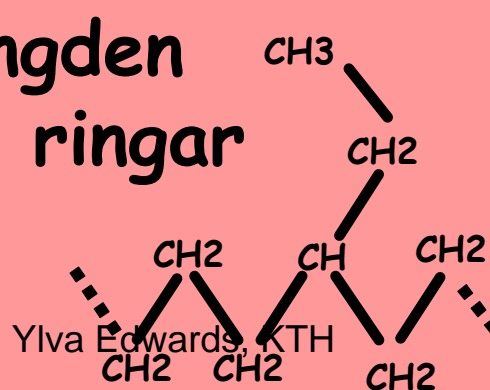
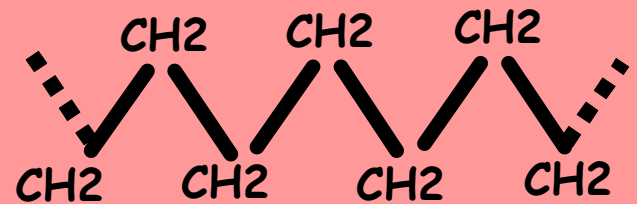
- \* Vax (bivax)
- \* Vaxlika fasta och flytande (komponenter)
- \* Syntetiska föreningar (vaxig karaktär)
  
- \* Generisk term för paraffinskt kristalliserande material med smältpunkt över  $\sim 25^{\circ}\text{C}$  i petroleumprodukter

# Olika typer av Bitumenvax

\* Makrokristallint,  
mikrokristallint, delvis  
kristallint/amorft vax



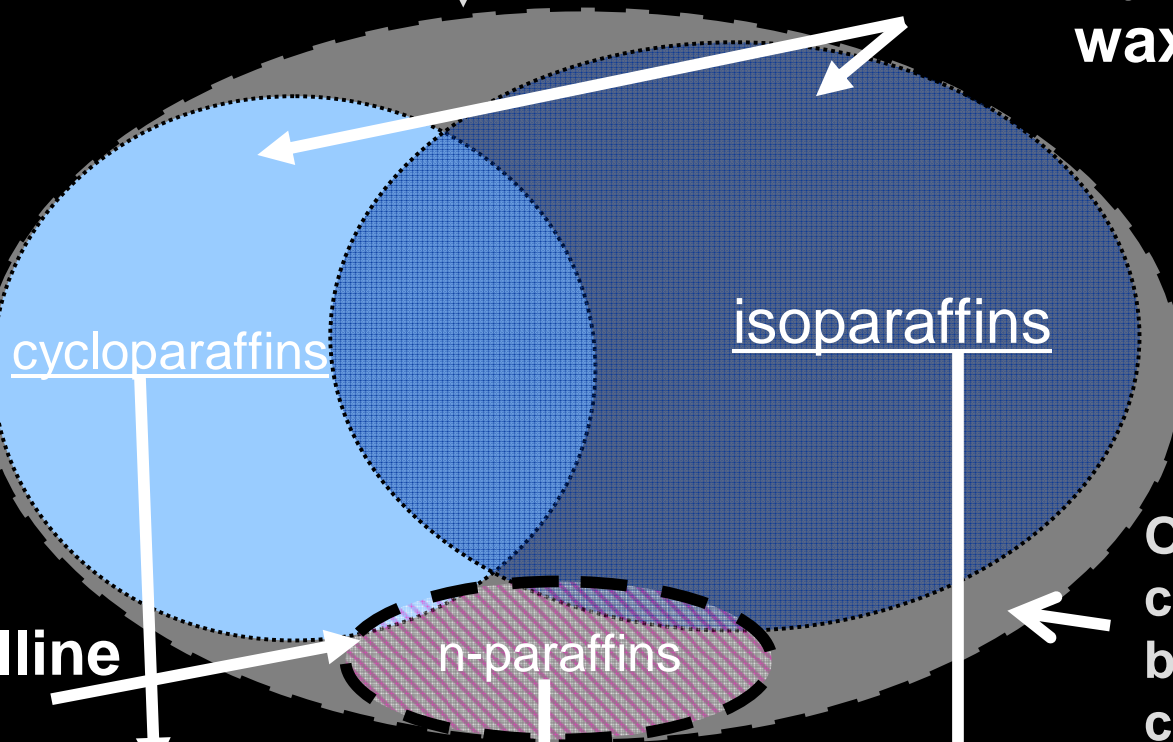
\* vaxets smältpunkt ökar  
med paraffinkedjans  
längd och  
minskar med mängden  
förgreningar och ringar



# BITUMEN

Bitumen wax

Microcrystalline wax



Macrocrystalline wax

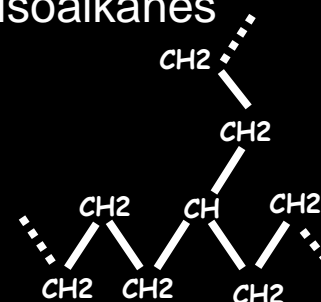
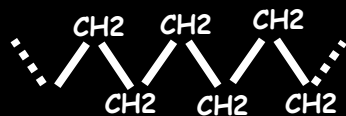
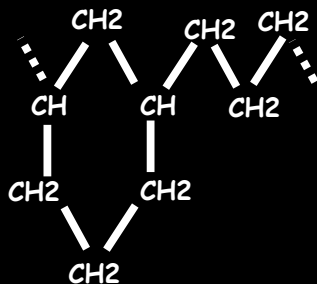
Other crystallizing bitumen components

cycloalkanes

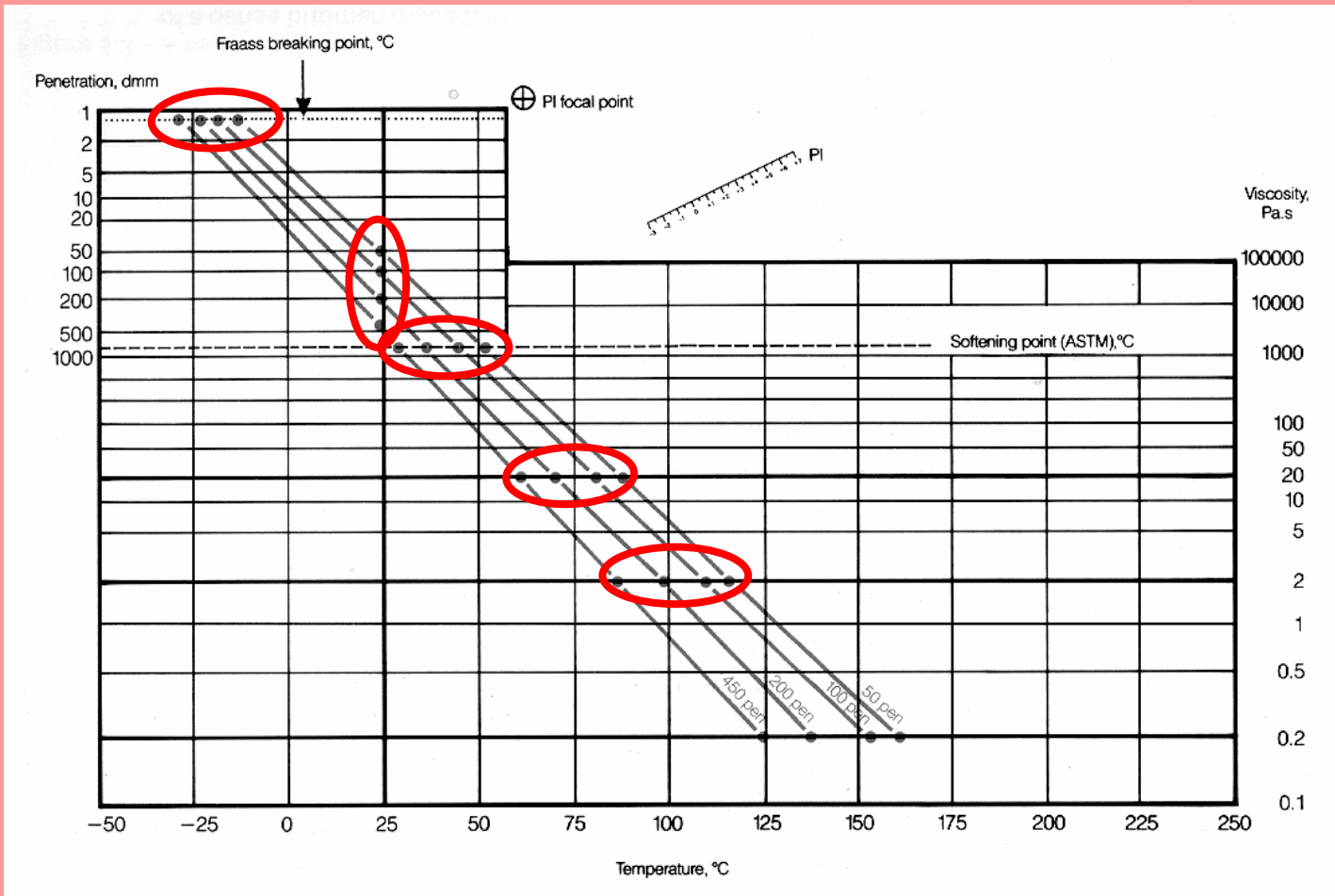
n-paraffins

n-alkanes

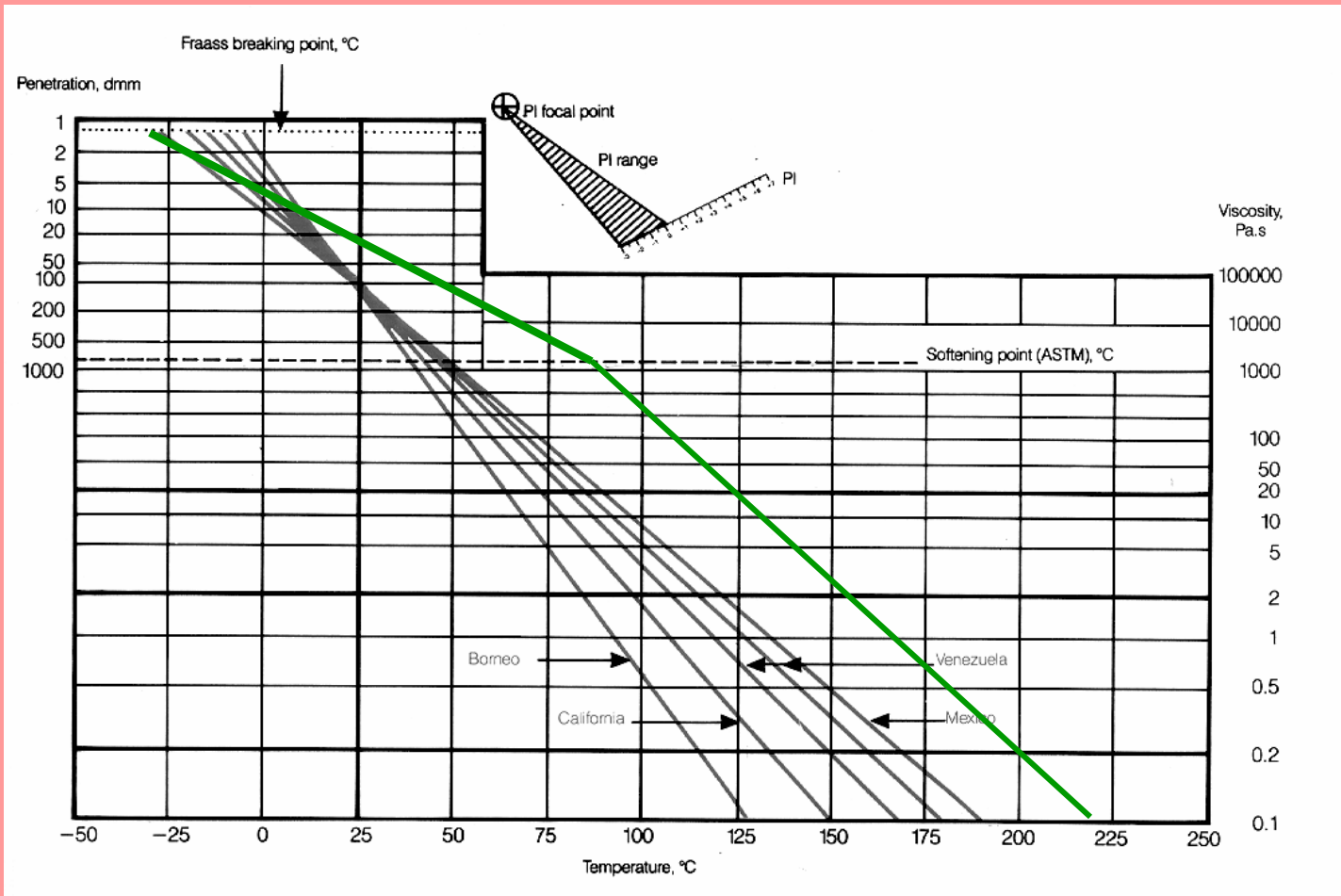
isoalkanes



# Bitumen med samma ursprung

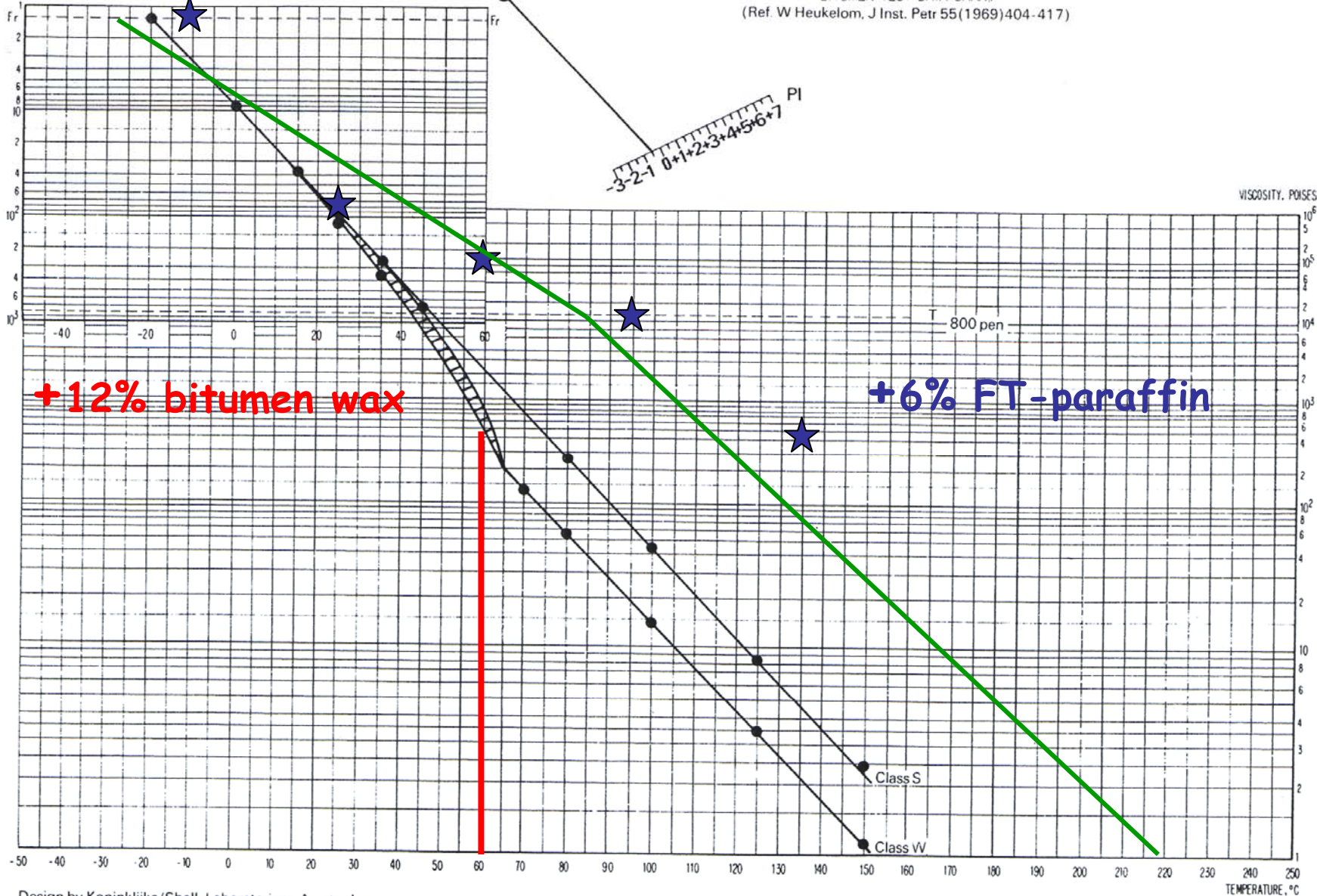


# Bitumen av olika ursprung

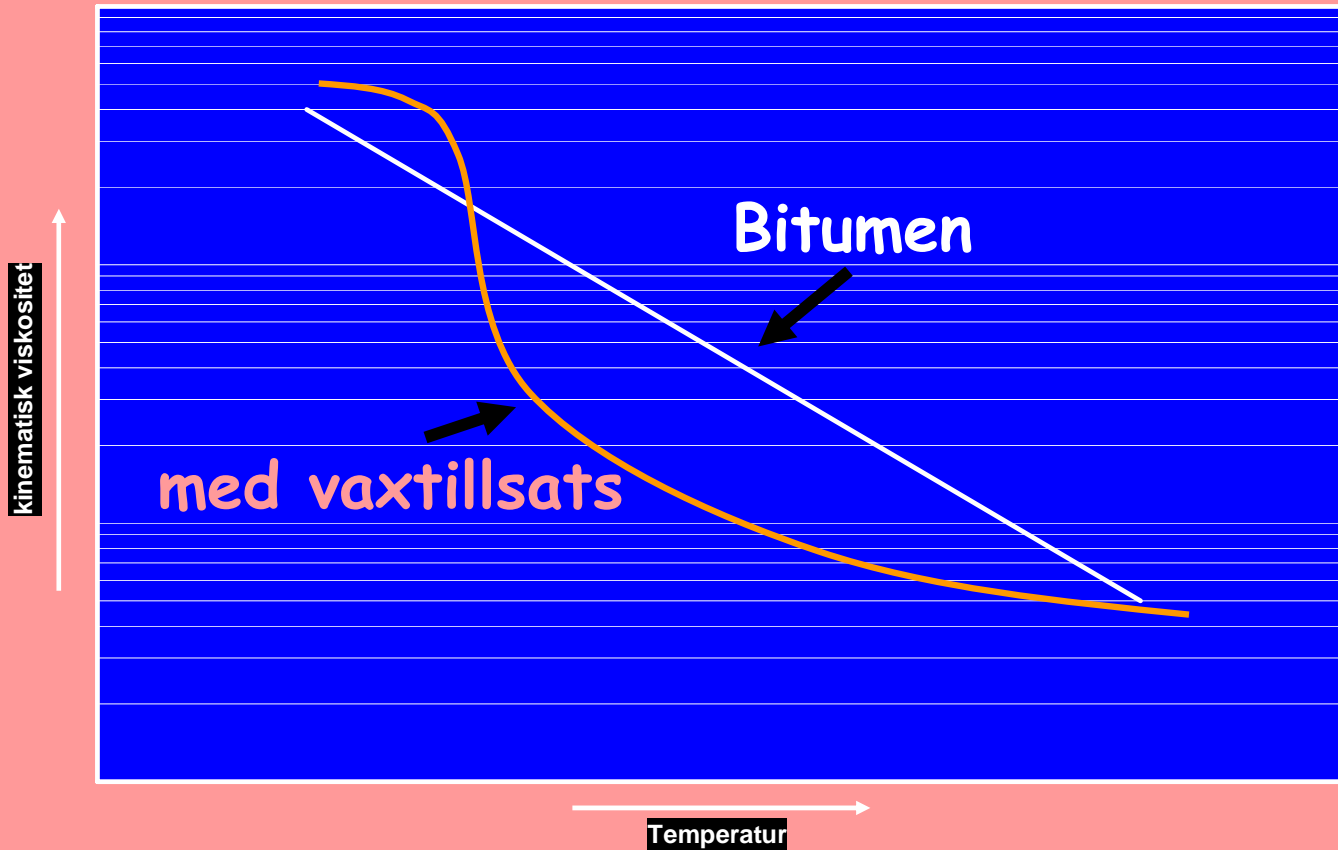




PENETRATION, 0.1 mm



# Effekt av vaxtillsats vid högre temperatur



# Effekt av VAXTILLSATS i bitumen

- \* Bitumenets kemiska sammansättning
- \* Bitumenets reologiska egenskaper
- \* Vaxhalten
- \* Vaxets kemiska sammansättning
- \* Vaxets kristallina struktur och smältegenskaper
- \* I vilket temperaturområde bitumenet används

# Flyttillsatsmedel (viskositetssänkande)

## Produkter?

- \* FT-paraffin ( $C_{40} - C_{100}$  / smp  $70-100^{\circ}C$ )
- \* Montanvaxer (fossilt estervax)
- \* Polyetylenvax
- \* Zeoliter
- \* .....

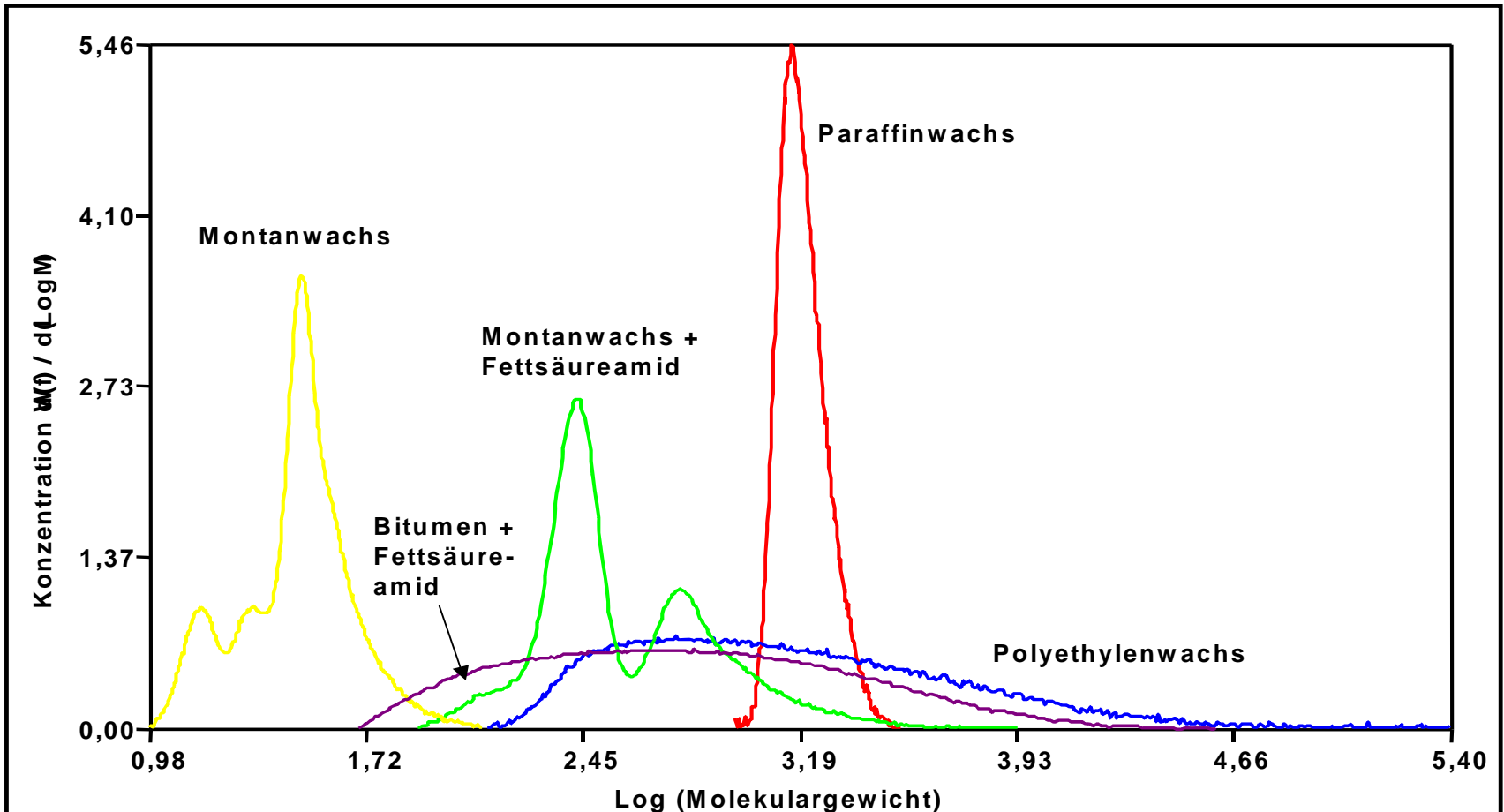
## Varför?

- \* Mindre energi (mjukgörande effekt vid högre temperaturer)
- \* Mindre emissioner (bitumerök och -dimma)
- \* Andra effekter?

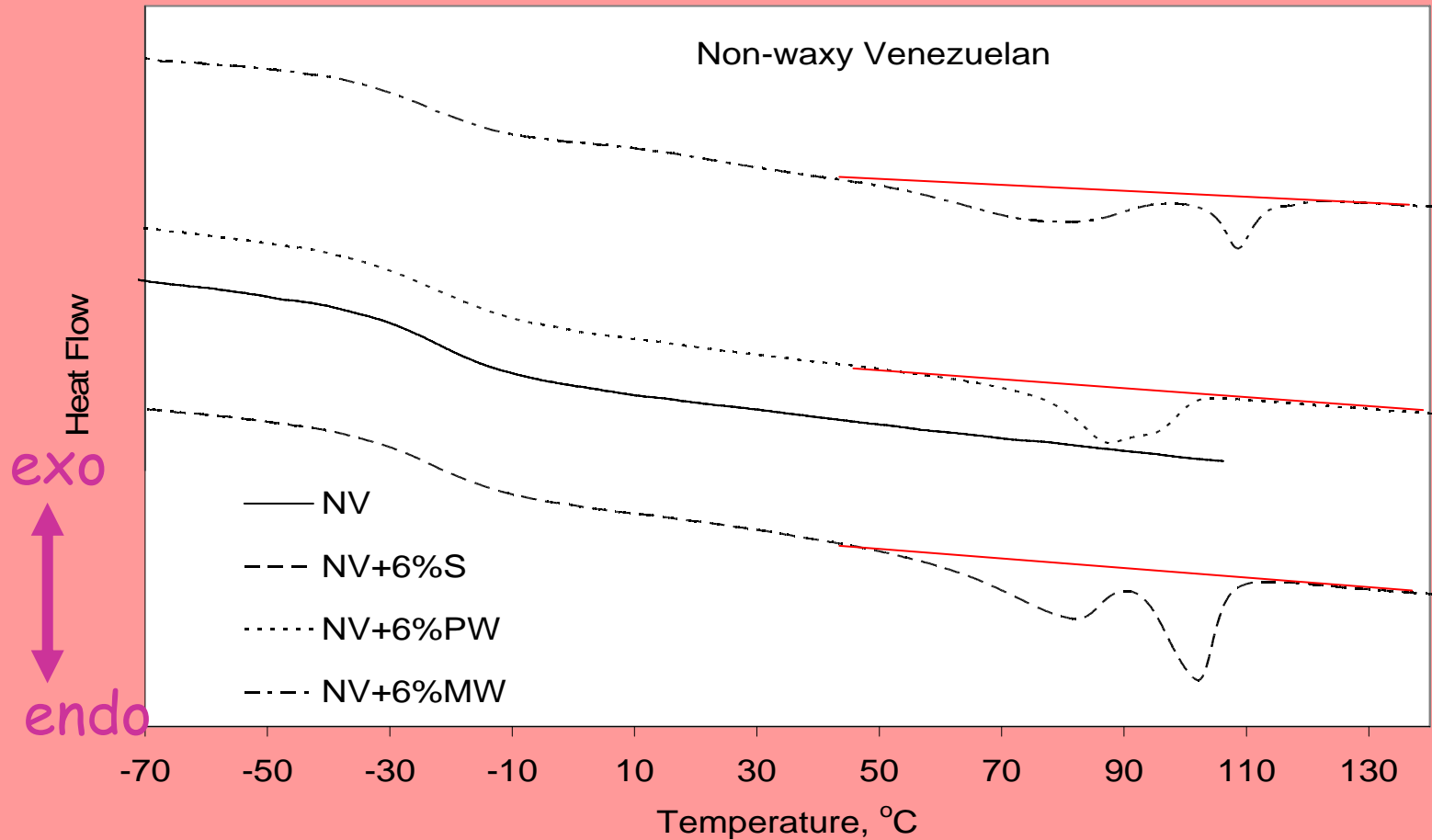
# Flyttillsatsmedel Molekylviktsfördelning

BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN, Referat S 6

**bast**



# DSC smältprocess



# Kommersiellt tillsatsvax i bitumen (KTH studie)

- \* Omfattning och typ av inverkan beror på:  
Bindemedlet / vaxtyp och vaxmängd /  
temperaturanvändningsområde
- \* I huvudsak positiva eller svaga effekter vid  
normala medelhöga och låga temperaturer.
- \* Utvärdering i laboratoriet innan användning i  
praktiken!!
- \* Fler studier! (utmattning, vidhäftning..)



# SBUF-projekt om Vaxtillsats i Polymerbitumen och Gjutasfalt

- Syfte: att göra den gjutasfalt som idag används till svenska broar, parkeringsdäck och terrasser mer miljövänlig och lätthanterlig genom tillsats av lämpligt vaxadditiv till polymerbitumenet.





# SBUF-projekt om Vaxtillsats i Polymerbitumen och Gjutasfalt

- Förväntning:  
utläggning vid lägre temperatur, mindre rökutveckling och mindre CO<sub>2</sub> -utsläpp.
- Tillsatsen får inte ha någon negativ inverkan på gjutasfaltens övriga egenskaper.



# Möjliga Användningsområden

Som tillsats i:

- polymermodifierade gjutasfaltbeläggning på broar
- gjutasfaltprodukter på parkeringsdäck
- gjutasfaltprodukter för golvbeläggning



# Projektbeskrivning

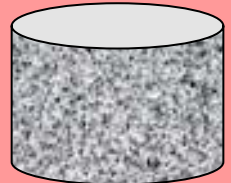
- **Kartläggning** (produkter, användning, fokus på gjutasfalt)



- **Laboratorieprovning på bindemedel** (valda produktkombinationer och vaxhalter)



- **Laboratorieprovning på gjutasfalt** (val baserat på laboratorieresultaten för bindemedel)



- **Fältförsök**

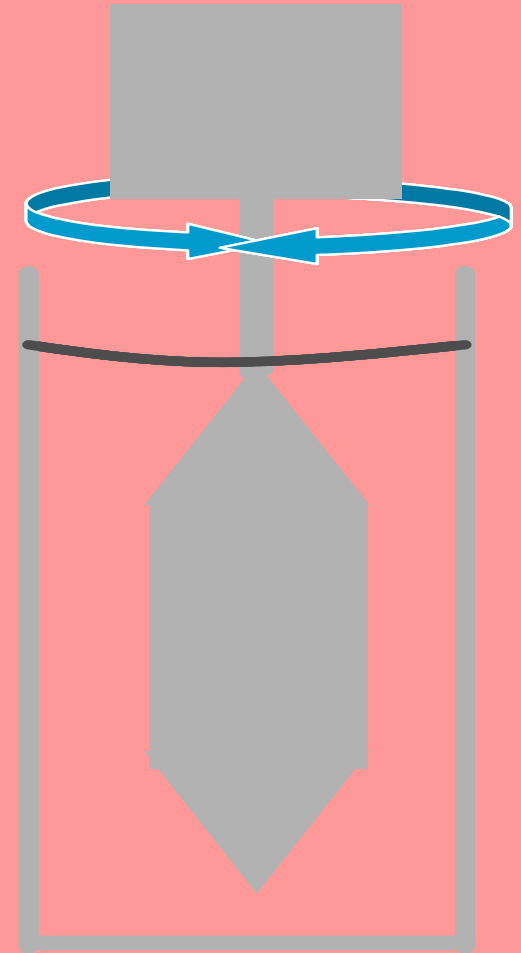


# Liten förstudie - upplägg

- PMB 32
- PMB 32 +3% Sasobit
- PMB 32 +6% Sasobit
  
- Viskositet vid 110, 135, 160, 180°C
- DSR temperatursvep, 10 till 100°C (komplexmodul och fasvinkel)

# RV Rotationsviskosimeter

- Koaxial rotationsviskosimeter (Brookfield) för utvärdering av bearbetbarhet vid höga temperaturer (lagring, transport och tillverkning)
- Den dynamiska viskositeten mäts vid  $t$  ex.  $135^{\circ}\text{C}$

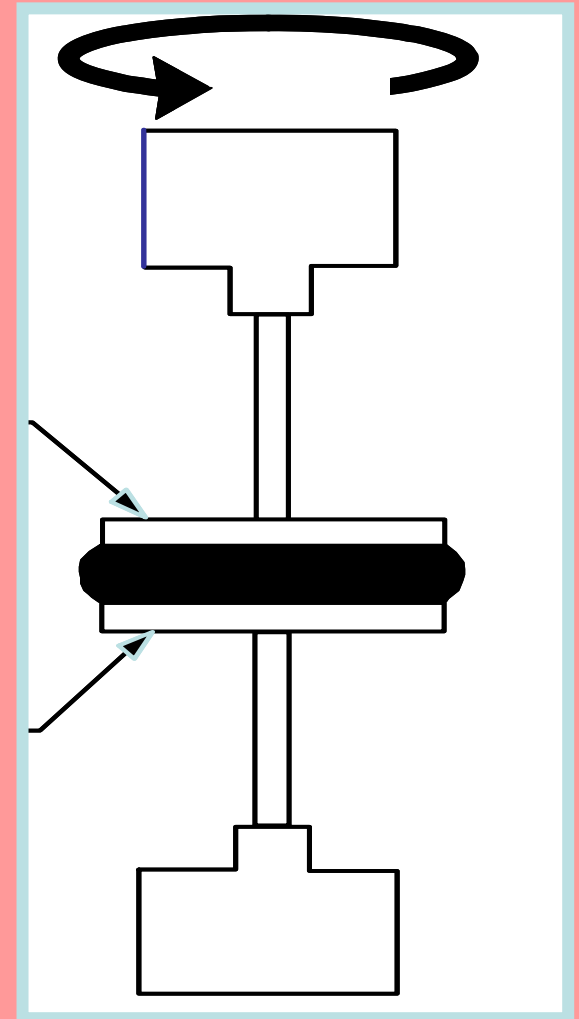


# DSR (Dynamic Shear Rheometer)

- ✓ Skjuvning mellan oscillerande spindel och fast underlag
- ✓ Frekvens: 10 rad/s (1,57 Herz)

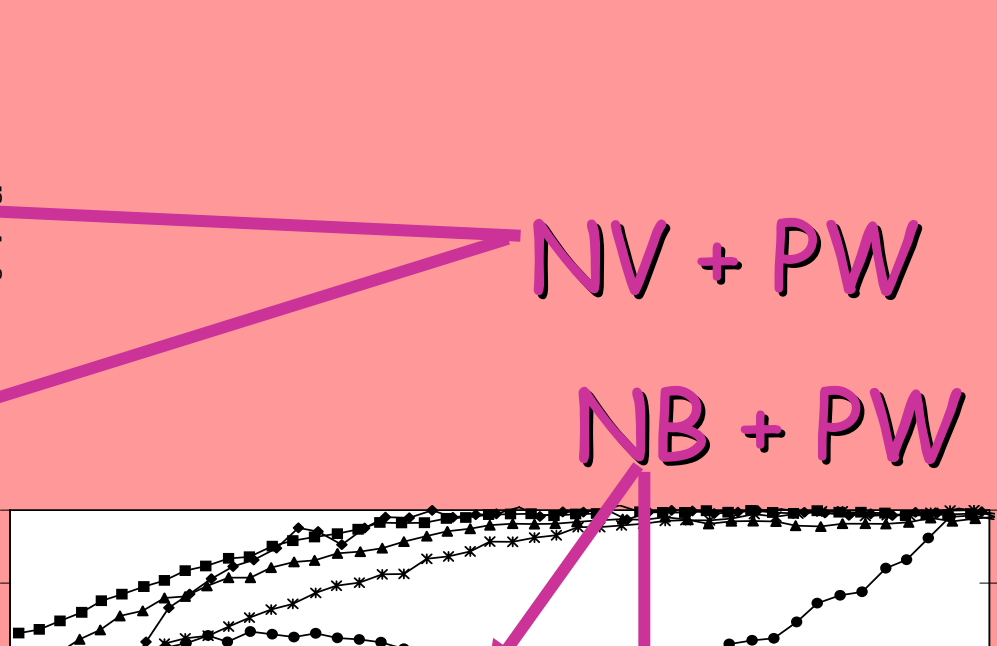
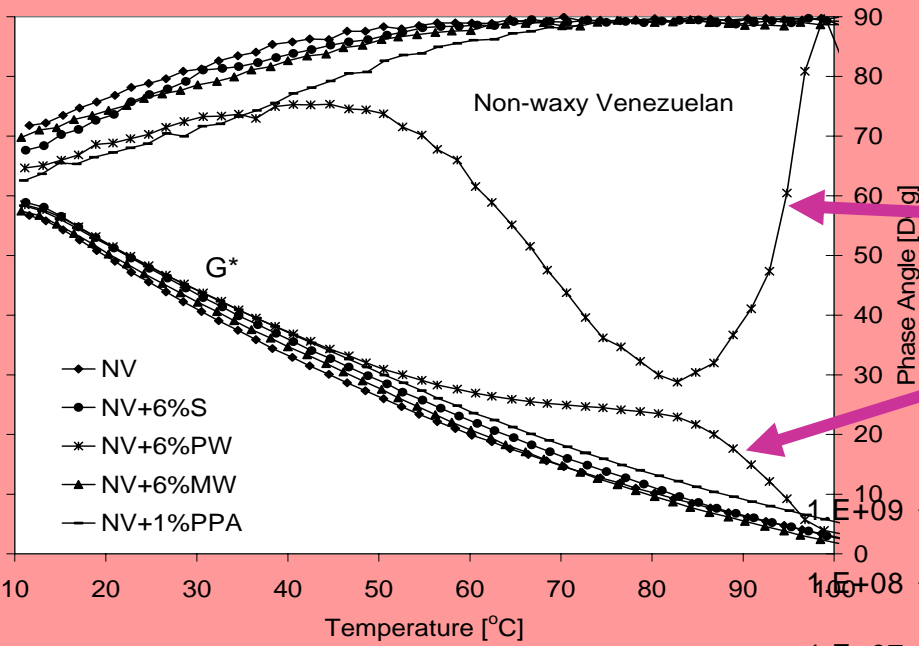
Mäter:

- ✓ Komplexmodul  $G^*$ , totalt skjuvmotstånd
- ✓ Fasvinkel  $\delta$ , förhållande mellan elastisk och viskös del



Hur kan ett vax- respektive polymermodifierat bitumen se ut i DSR analys?

# High and medium temperature performance



NV + PW

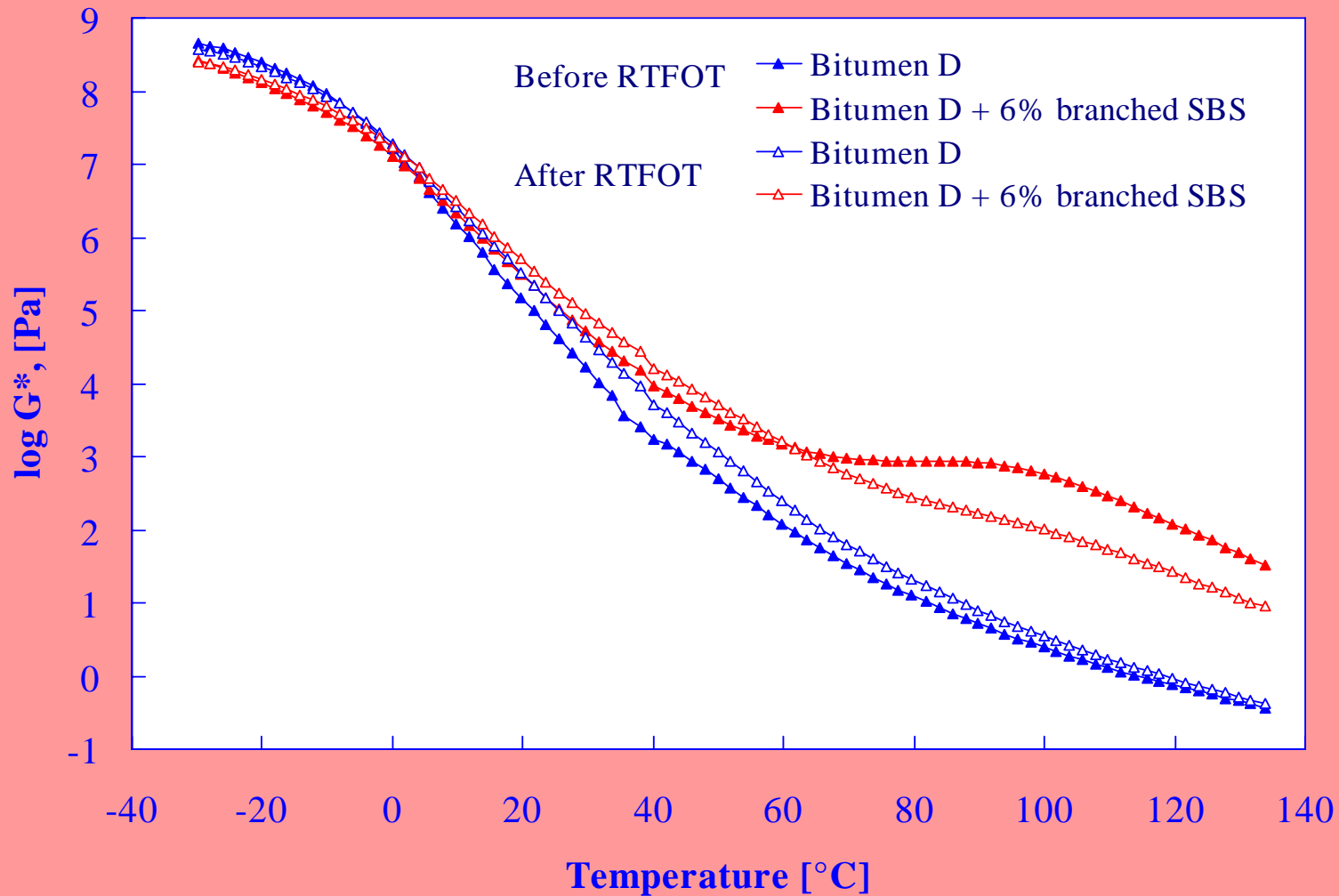
NB + PW

NB + SW

Yiva Edwards, KTH

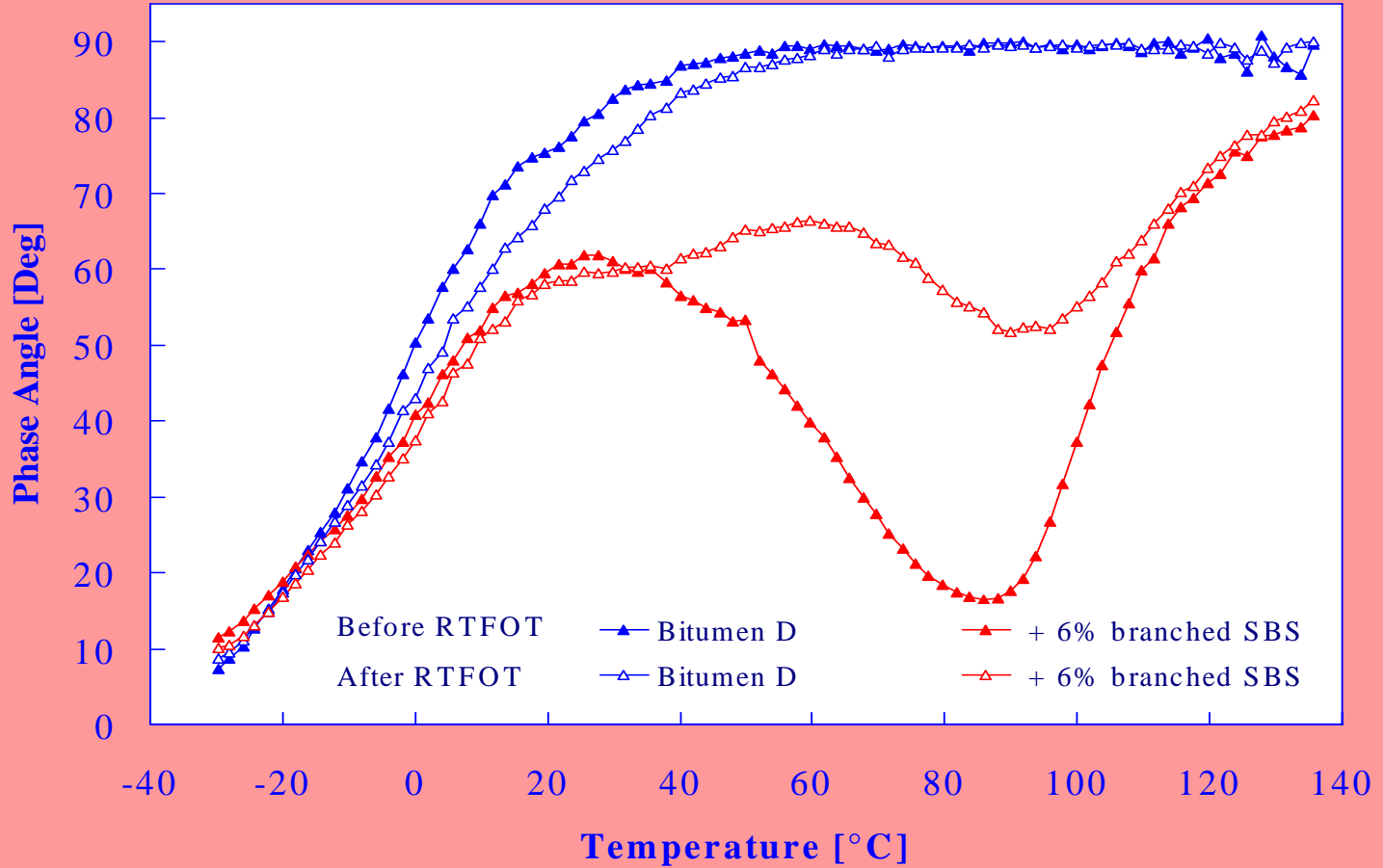
22





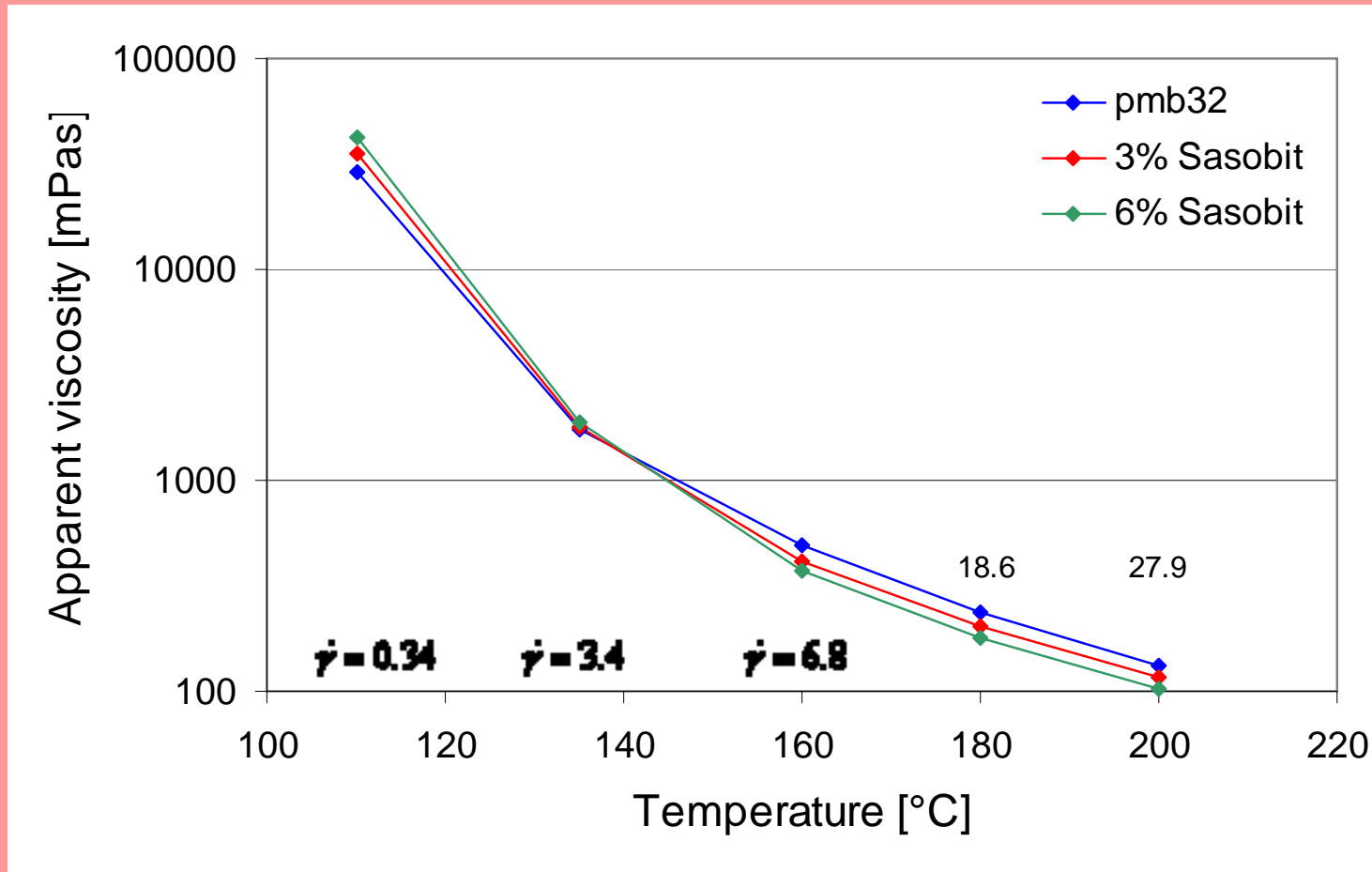
## Effect of RTFOT on Complex Modulus

Ylva Edwards, KTH

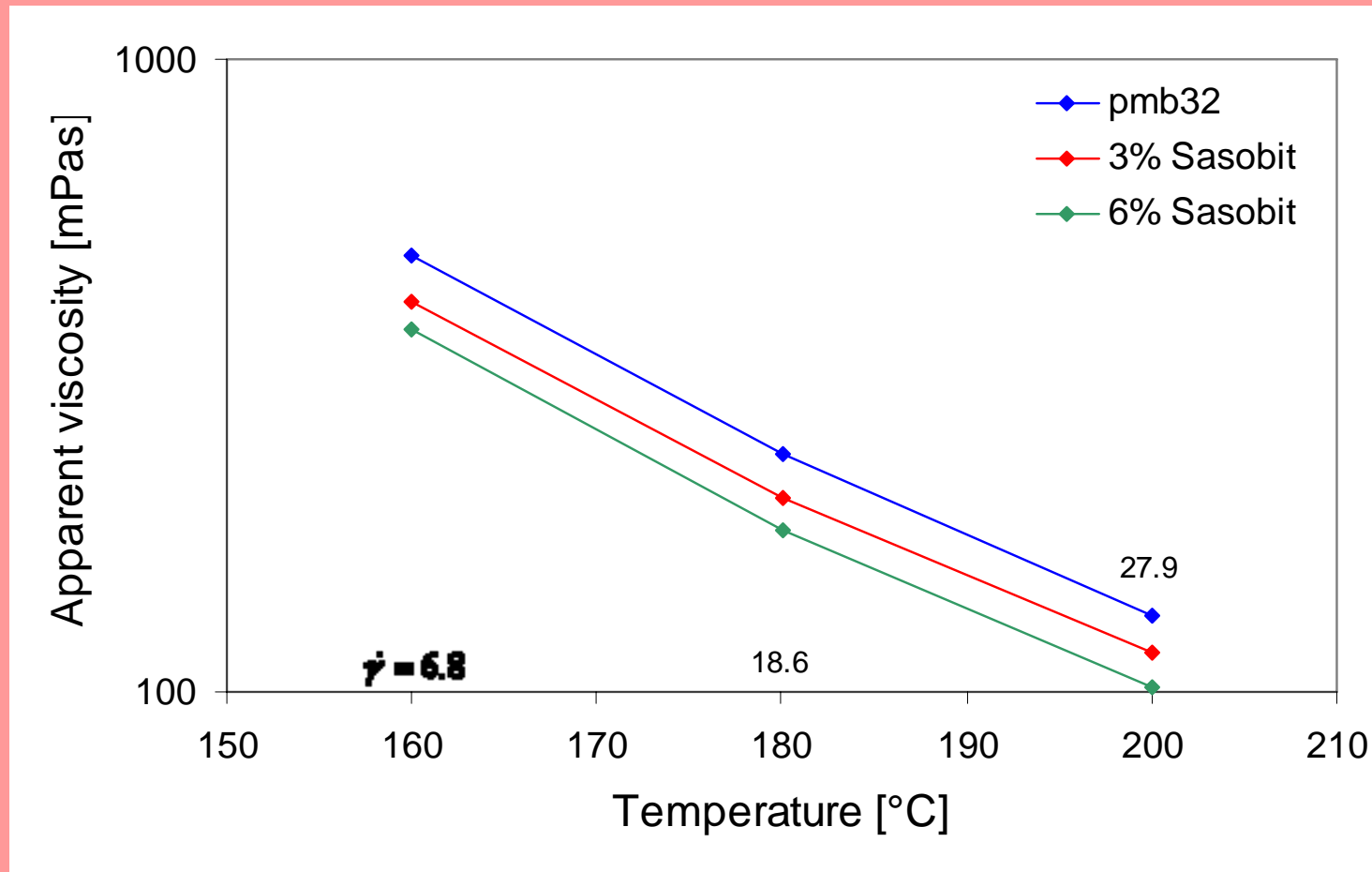


## Effect of RTFOT Ageing on Phase Angle

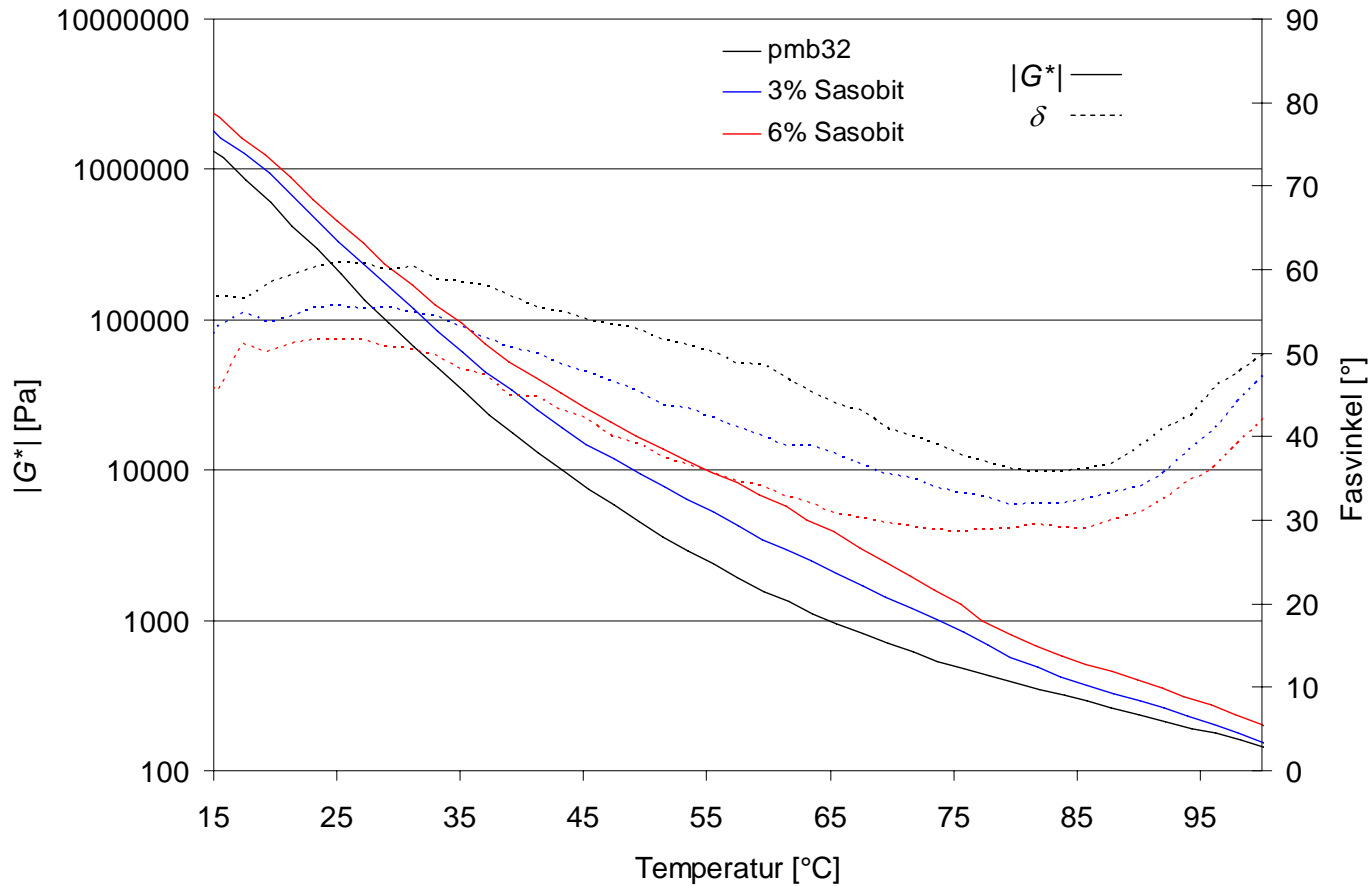
# Förstudie - resultat



# Förstudie - resultat



# Förstudie - resultat

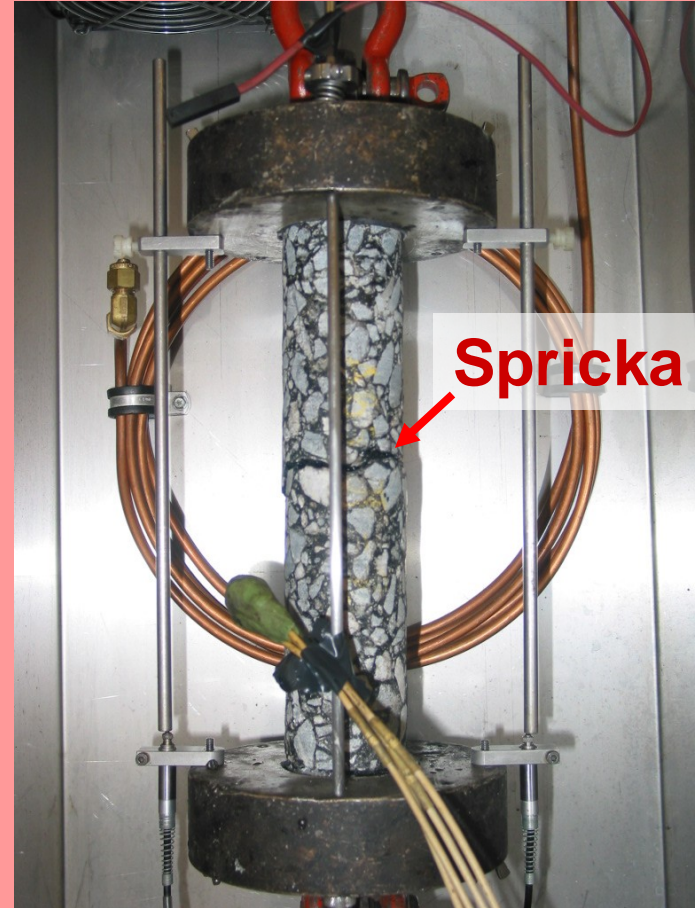


# Hur går vi vidare?

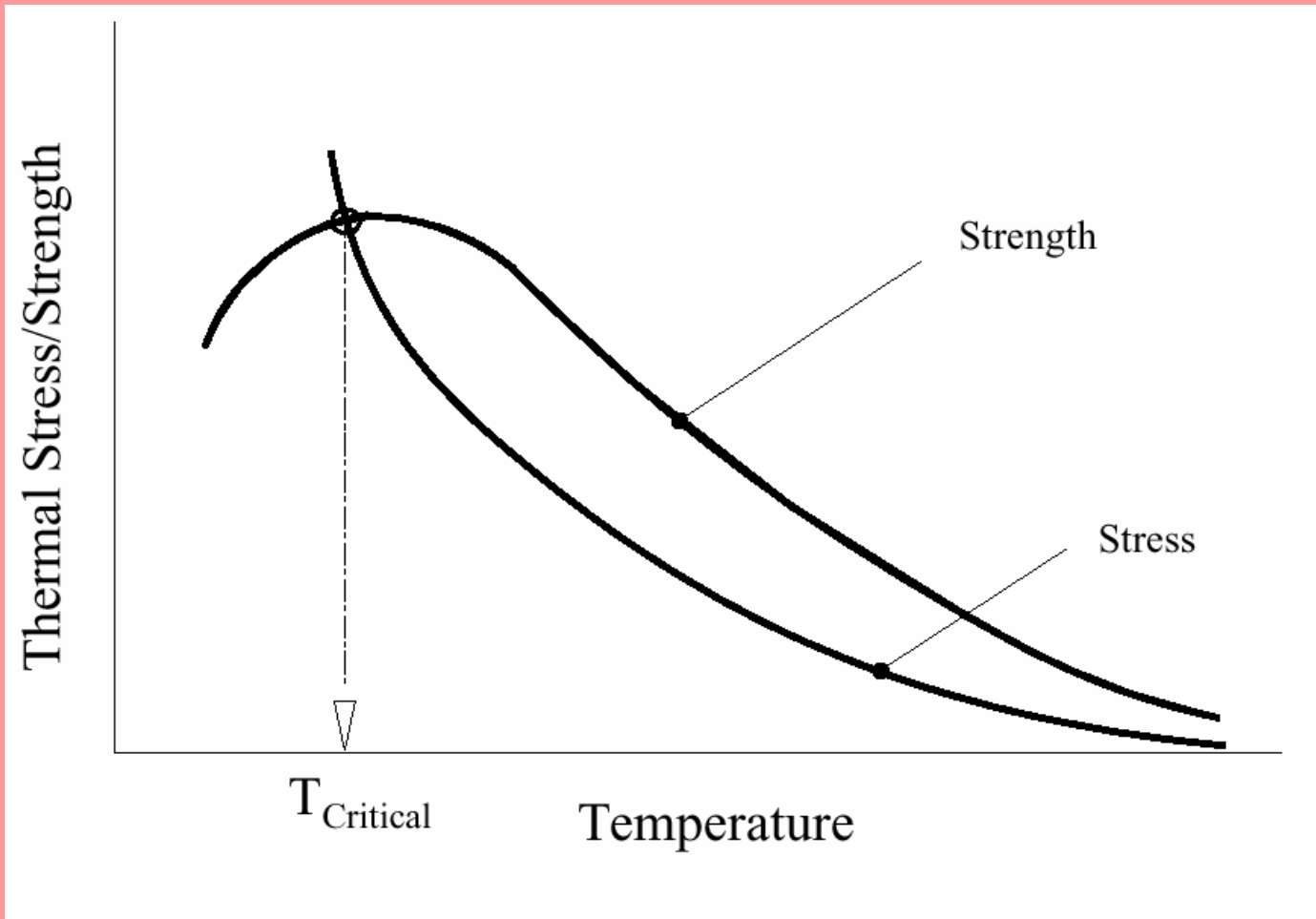
# TSRST

## Tensile Stress Restrained Specimen Test

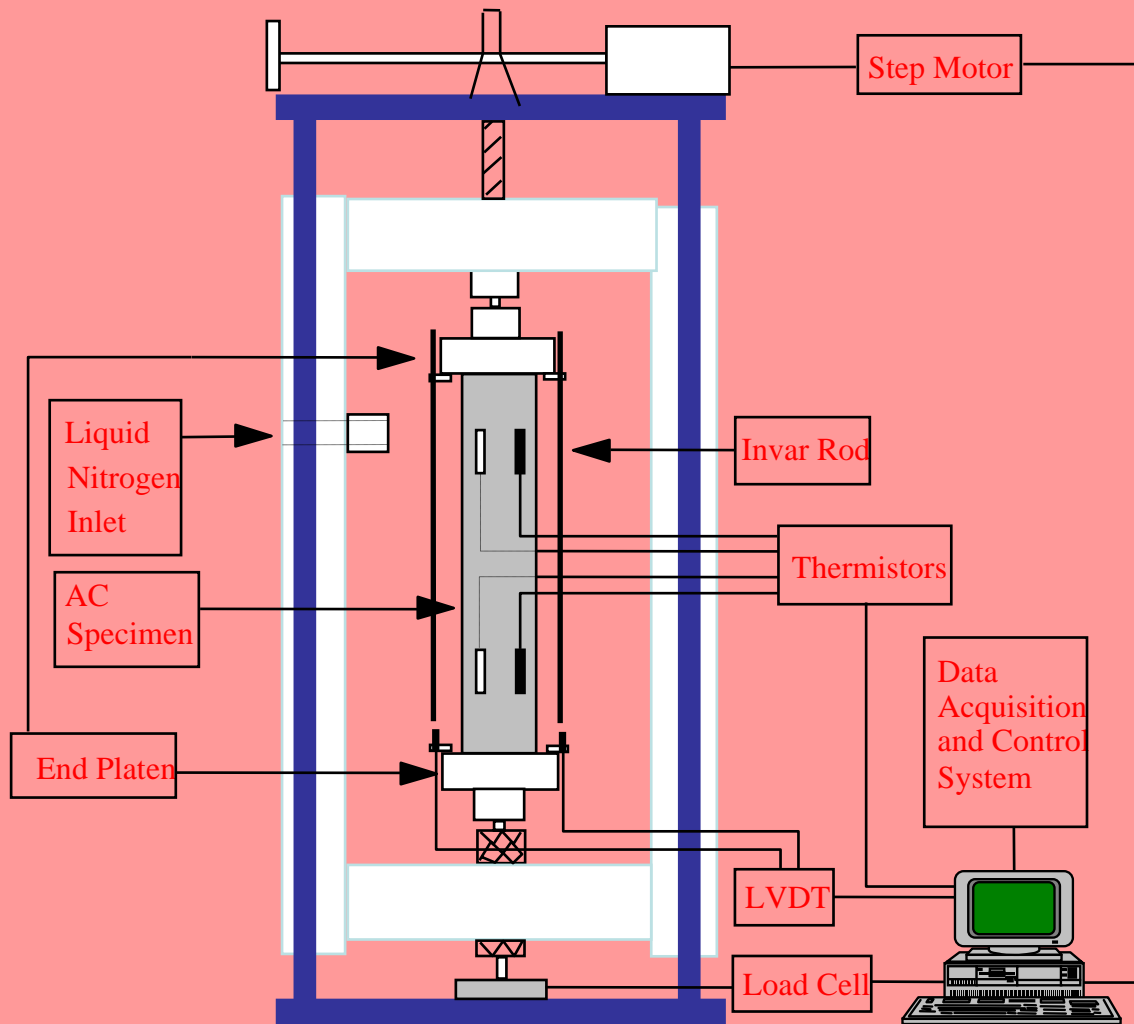
# TSRST



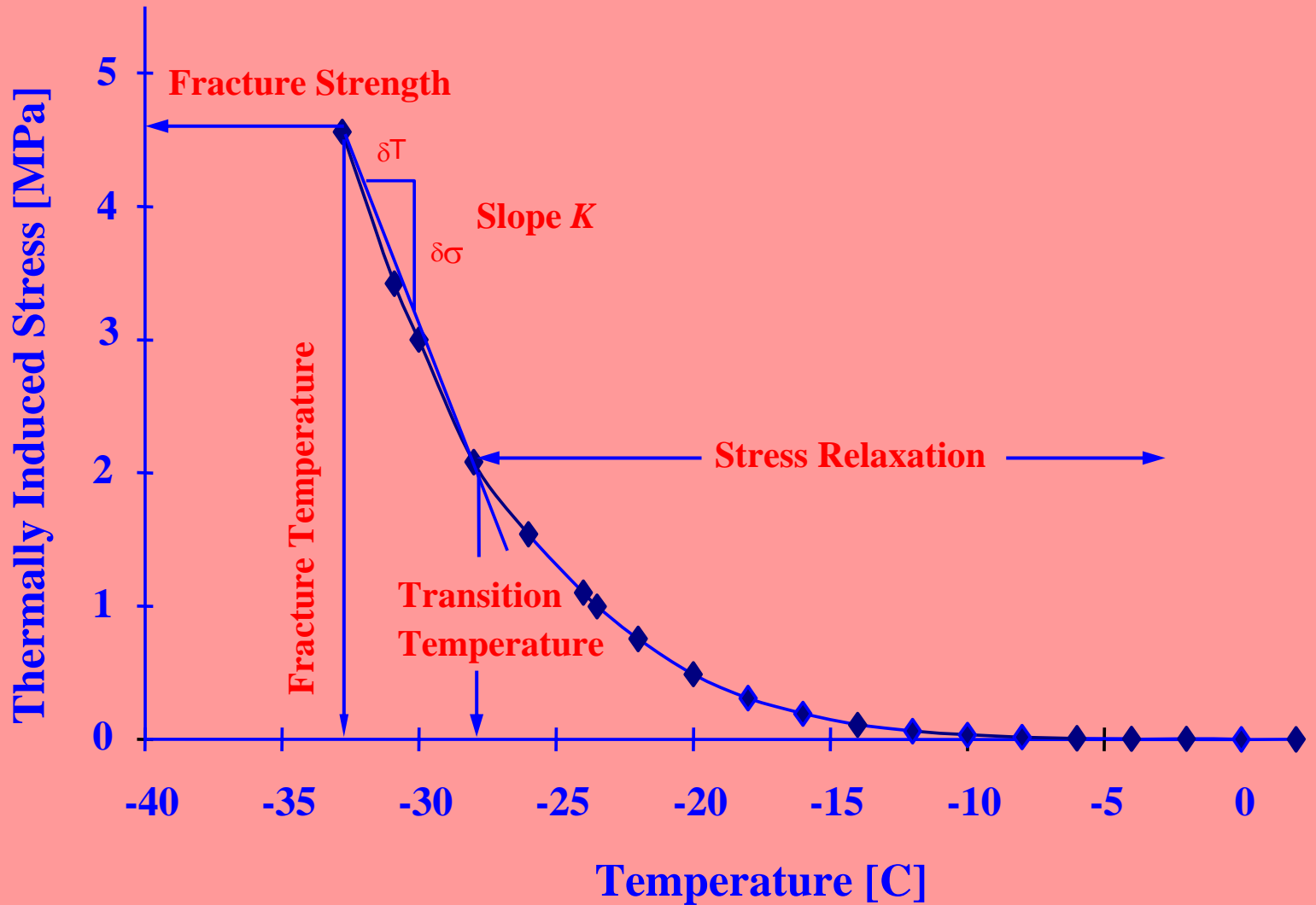




## Cryogenic Tensile Stress and Strength as a Function of Temperature



# Tensile Stress Restrained Specimen Test (TSRST)



# Typical Test Results of TSRST

## VAXTILLSATS I POLYMERBITUMEN OCH GJUTASFALT

Projektet behandlar inverkan av vaxtillsats i polymerbitumen och polymermodifierad gjutasfalt. Syftet med projektet är att göra den gjutasfalt som idag används till svenska broar, parkeringsdäck och terrasser mer miljövänlig och lätthanterlig genom tillsats av lämpligt vaxadditiv till polymerbitumenet. Gjutasfalten förväntas genom denna tillsats kunna läggas ut vid lägre temperatur, mindre rökutveckling och mindre CO<sub>2</sub>-utsläpp. Tillsatsen får inte ha någon negativ inverkan på gjutasfaltens övriga egenskaper.

Projektet har inletts med en förstudie följt av en mer omfattande laboratoriestudie om inverkan av vaxtillsats på ett polymerbitumen Pmb 32 från Nynäs. Dessa studier redovisas kortfattat i avsnitten nedan.

### Laboratoriestudie – polymerbitumen/vaxblandningar

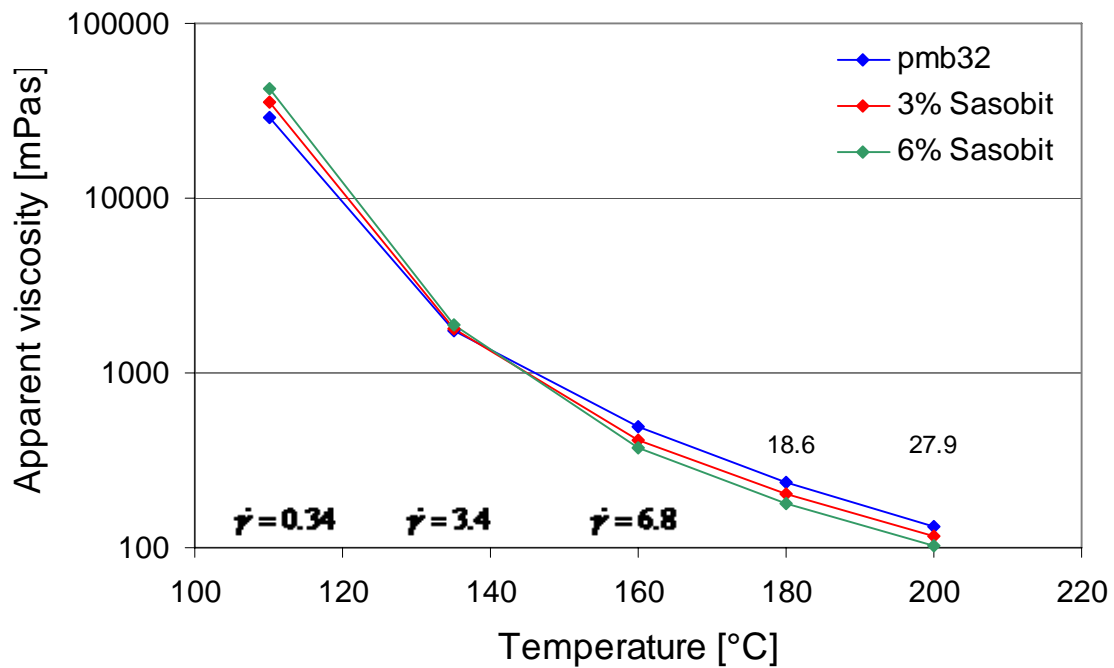
#### Förstudie

I förstudien provades Pmb 32 med tillsats av 3 respektive 6% FT-paraffin (Sasobit, S). Provningsen omfattade viskositetsbestämning vid temperaturer från 110 till 200°C samt DSR temperatursvep från 10 till 100°C. Avsikten med provningen var att få en inledande uppfattning om vaxets eventuella (positiva) viskositetssänkande effekten vid högre temperatur (i första hand för att kunna tillverka och lägga ut gjutasfaltmassan vid lägre temperatur). Erhållna resultat har redovisats vid projektgruppsmöte på KTH 13 mars 2007 och framgår av tabell och figurer nedan.

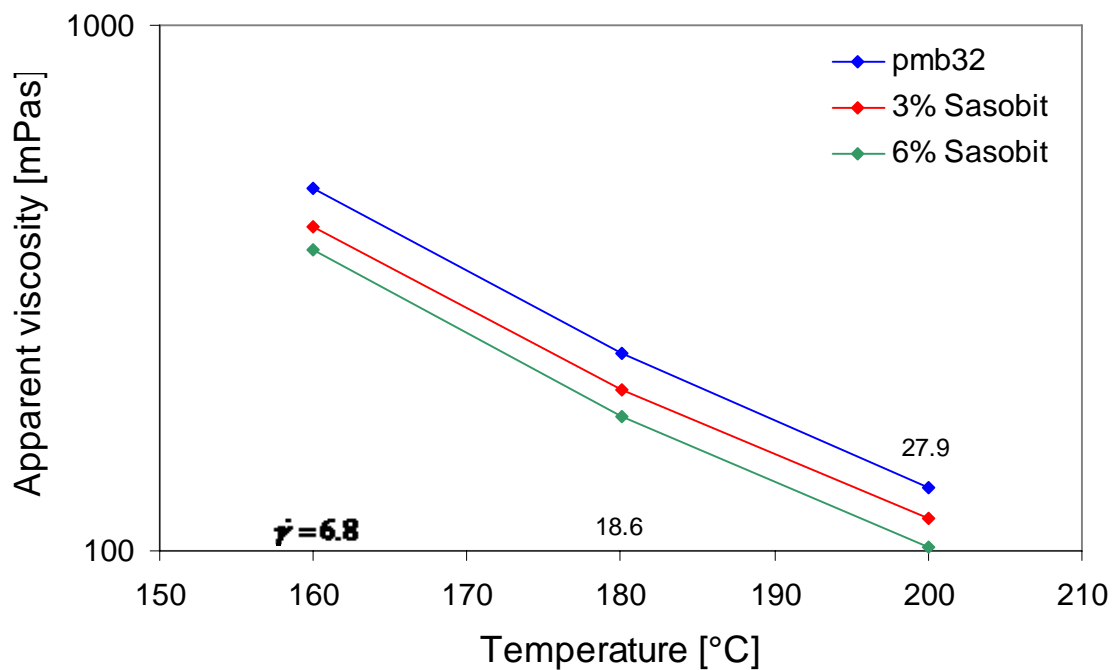
Resultaten visar att vaxtillsats av typ FT-paraffin har en viss viskositetssänkande effekt på Pmb 32. Vid 200°C sjunker viskositeten från 132 till 102 mPas med tillsats av 6 % vax. Med 3% tillsats blir motsvarande sänkning 17 viskositetsenheter. Detta indikerar att en gjutasfalt med Pmb 32 och tillsats av vax av typ FT-paraffin skulle kunna läggas ut vid lägre temperatur än traditionellt, utan att bearbetbarheten för den skall försämrats. Resultat från DSR (figur 1) indikerar att stabiliteten samtidigt inte borde försämrats.

Tabell 1 Dynamisk viskositet för Pmb 32 med vaxtillsats (i mPas)

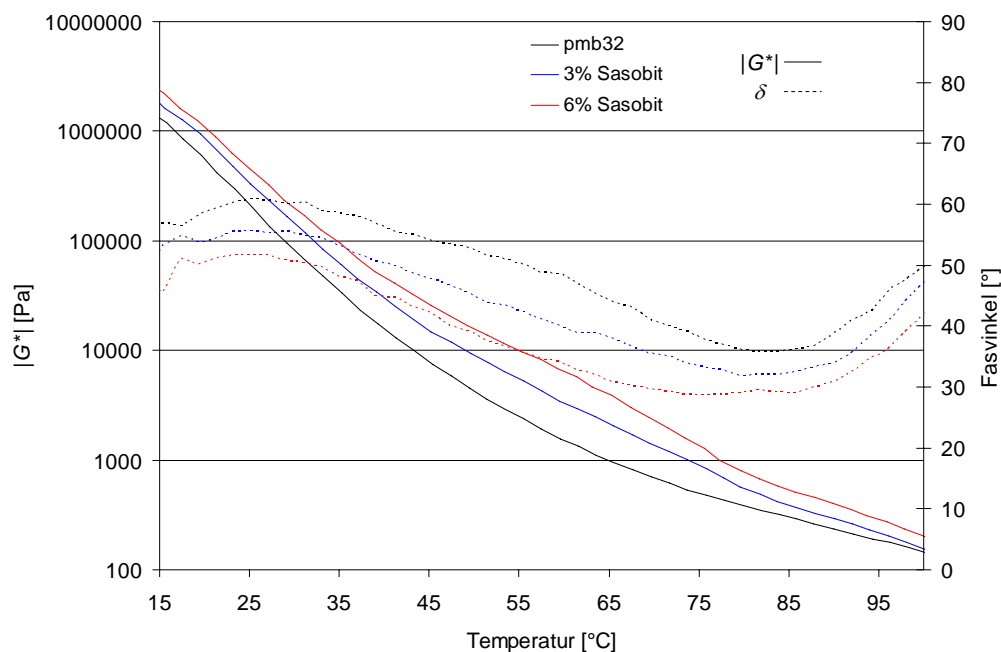
Bitumenprov	vid 110°C	vid 135°C	vid 160°C	vid 180°C	vid 200°C
Pmb 32	29000	1750	487,5	237,5	132
Pmb 32+3% S	35500	1800	412,5	202,5	115
Pmb 32+6% S	42250	1875	375	180	102



Figur 1 Viskositetsbestämning vid 100 till 200 °C för Pmb 32 med vaxtillsats.



Figur 2 Viskositetsbestämning vid 160 till 200 °C för Pmb 32 med vaxtillsats.



Figur 3 DSR temperatursvep för Pmb 32 med vaxtillsats.

## Huvudstudie

Baserat på resultat från förstudien genomfördes nedan listade analyser, efter överenskommelser inom projektgruppen. Provingen genomfördes före och efter åldring i RTFO (Rolling Thin Film Oven) vid 163°C. Pmb 32 med 3 respektive 6 % inblandning av vaxtillsatsprodukterna Sasobit och Asphaltan A. Provblandningarna togs fram av Nynäs.

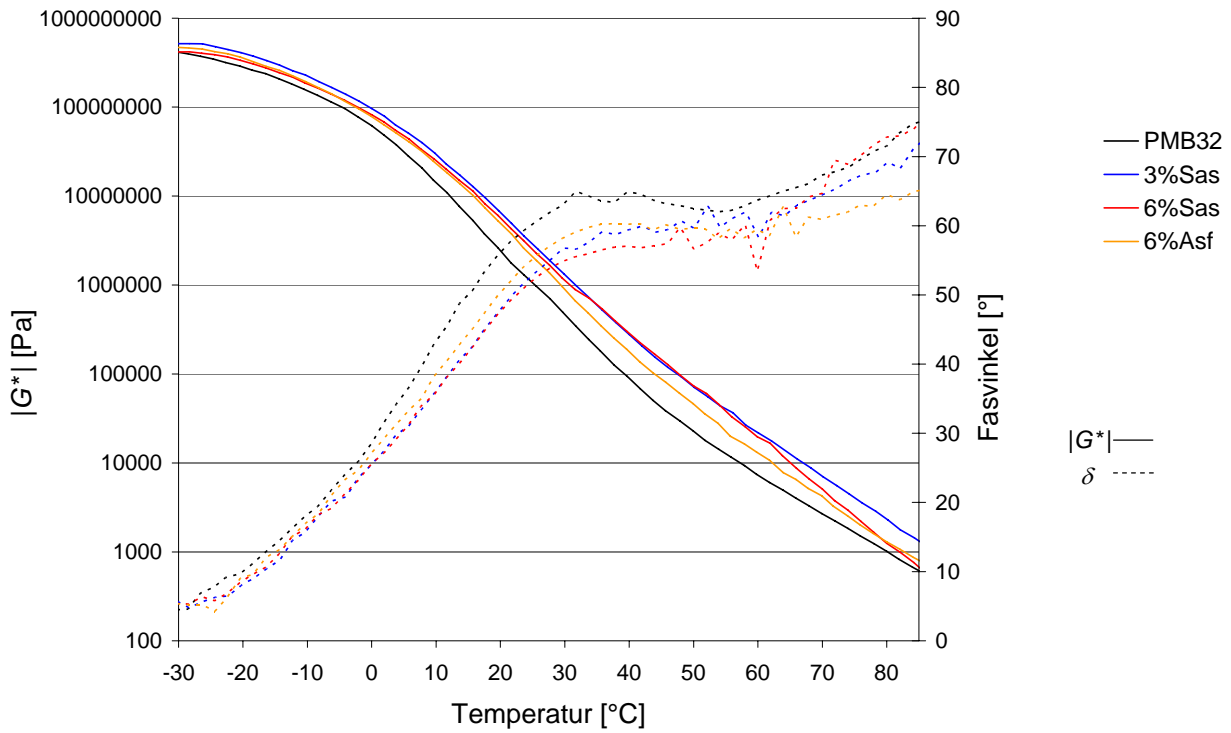
- Mjukpunkt (SS-EN 1427)
- Penetration vid 25°C (SS-EN 1426)
- Brytpunkt Fraass (SS-EN 12593)
- Dynamisk viskositet vid 60°C (SS-EN 12596)
- Viskositet Brookfield vid 135 och 180°C (ASTM D442)
- Elastisk återgång vid 10°C (SS-EN 13398)
- Kraftduktilitet vid 10°C (SS-EN 13589, SS-EN 13703)
- Lagringsstabilitet vid 180°C (SS-EN 13399)
  
- Kemisk karaktärisering med IR respektive GPC
  
- DSR temperatursvep från -30 till +80°C vid frekvensen 10 rad/s (AASHTO TP5)
- BBR-analys vid -18 respektive -24°C (SS-EN 14771)

DSC (Differential Scanning Calorimetry) genomfördes av Nynäs. Övriga bindemedelsanalyser genomfördes vid KTH Vägtekniks laboratorium. Resultaten redovisas i tabell 3.

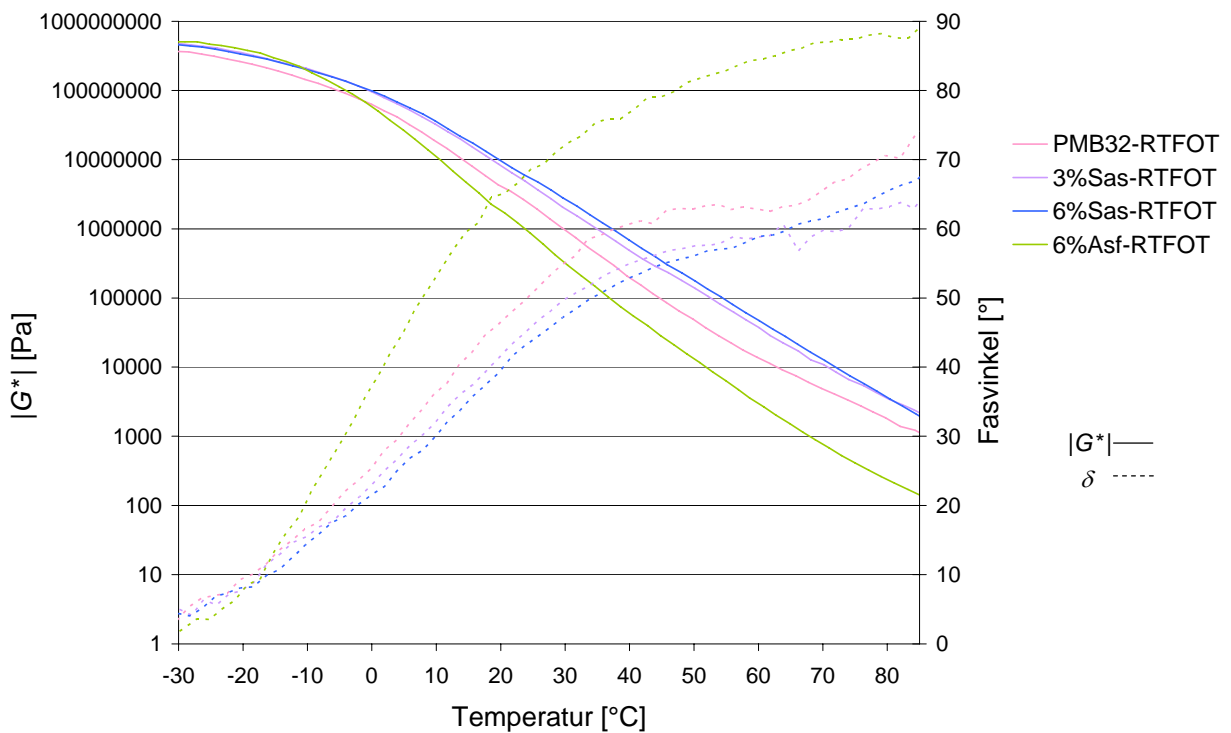
Tabell 3 Provningsresultat för Pmb 32 med vaxtillsats (pågående)

Egenskap	Pmb 32	Pmb+3% S	Pmb 32+3% A	Pmb 32+6% S	Pmb 32+6% A
Mjukpunkt, °C	74	96	70	94	77
Penetration, dmm	56	39	51	35	45
Brytpunkt Fraass, °C	-15	-11	-12	-10	
Dynamisk visk. 60°C, Pas	4300	72 000	-	-	-
Elastisk återgång 10°C, %	79	75	73	Brott vid 7-8 cm	Brott vid 15-18 cm
Kraftduktilitet 10°C, Nm	5,5	6,7	5,1	5,5	5,6
Brookfield visk. 135°C, mPas	1 636	1 419	1 150	1 192	
Brookfield visk. 180°C, mPas	299	273	260	239	
BBR -18°C, MPa					
BBR -24°C, MPa					
Lagringsstabilitet:					
Mjukpunkt topp, °C	100	103	95	106	
Mjukpunkt botten, °C	72	93	94	101	
<b>Efter RTFOT</b>					
Mjukpunkt, °C	70	94	88	99	90
Penetration, dmm	38	25	28	22	30
Brytpunkt Fraass, °C	-11	-11	-14	-7	
Dynamisk visk. 60°, Pas	21 000	*	*	*	*
Elastisk återgång 10°C, %	65	Brott vid 6 cm	Brott vid 9 cm	Brott vid 2 cm	
Kraftduktilitet 10°C, Nm	6,1	7,2*	7,3*	5,4*	4,6*
BBR -18°C, MPa					
BBR -24°C, MPa					

\* Brott uppstod någonstans efter 3 dm

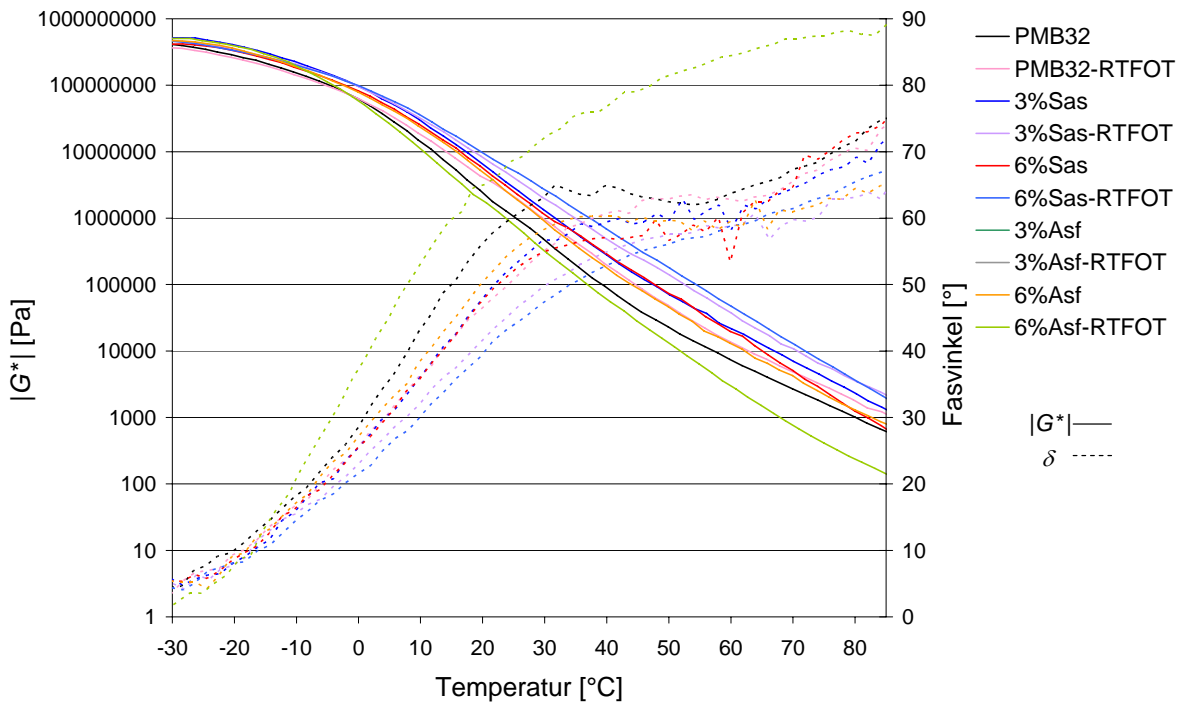


Figur 4 DSR temperatursvep för Pmb 32 med vaxtillsats.



Figur 5 DSR temperatursvep för Pmb 32 med vaxtillsats, efter åldring i laboratoriet.





Figur 6 DSR temperatursvep för Pmb 32 med vaxtillsats, före och efter åldring i laboratoriet.

Resultaten så långt visar att tillsats av vax ger en viskositetssänkande effekt vid 180°C på maximalt 60 viskositetsenheter (med 6% Sasobit), motsvarande en möjlig temperatursänkning på cirka 10°C i samband med utläggning av en massprodukt med detta bindemedel.

Tillsats av Sasobit visar större förstyrningseffekt (positiv) vid temperaturer kring 60°C och därunder. Sasobit har också betydligt större inverkan på både mjukpunkt och penetration jämfört med Asphaltan A. Brytpunkten påverkas marginellt. Elastisk återgång vid 10°C sjunker något, och vid den högre inblandningsmängden går provkropparna av till följd av förstyrningen. Detta verkar också gälla generellt efter åldring. Beträffande kraftduktilitet (som betraktas som ett slags mått på inre kohesion och homogenitet) är förändringarna till följd av vaxinblandning inte anmärkningsvärda.

Lagringsstabiliteten för Pmb 32 har i samtliga fall förbättrats efter vaxtillsats.

Baserat på dessa resultat föreslås att gjutasfalt i en fortsättning av detta projekt om möjligt tillverkas med samtliga fem bindemedelsblandningar för vidare provning i laboratoriet (stämpelvärde och TSRST).

Ylva Edwards

# Influence of Waxes on Polymer Modified Mastic Asphalt Performance

*PhD Ylva Edwards, Royal Institute of Technology, Highway Engineering, Stockholm (S)*

## 1. Introduction

As a consequence of lower limit values for bitumen emissions in connection with asphalt works, and harder requirements for lower carbon dioxide emissions, new temperature reducing asphalt technologies have been developed.

One way of reducing the asphalt mixing temperature is by adding special flow improving products such as waxes. The chief purpose of adding the wax is to reduce the mixing temperature of the asphalt in order to reduce energy consumption and emissions of bitumen fumes and aerosol. As a rule, the workability of the asphalt is improved as well. Below the laying temperature, there may also be an increase in viscosity due to wax crystallization, and by that some stiffening effect. Consequently, the asphalt pavement may gain better resistance to plastic deformation. In the case of asphalt concrete, lower void content due to better compaction properties may make the pavement more durable. However, other pavement properties such as crack susceptibility at low temperatures, fatigue resistance and adhesion properties may also be affected by the flow improver. Different bitumen compositions are more or less sensitive to wax additives. Bitumen of different origin ought to be specially studied, in order to at least adjust the flow improver to the bitumen and avoiding deterioration of bitumen properties as a result of adding the flow improver.

Particularly suitable products for addition of flow improvers are hard polymer modified bitumen products. Mastic asphalt products require high working temperatures, and the use of wax additives therefore has become more frequently used, especially in Germany.

For bridges and parking decks in Sweden, mainly mastic asphalt is used. As a rule, the mastic asphalt is polymer modified and the laying temperature is about 200°C.

This paper focuses on the addition of wax to polymer modified bitumen intended for use in mastic asphalt pavements. A short introduction and background concerning wax and wax additives in bitumen and asphalt mixtures is given in the following chapters. Results from a recently initiated joint Swedish project about wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt is presented.

## 2. Natural wax in bitumen

The influence of natural wax in bitumen and asphalt concrete has been discussed within the asphalt industry for a long time, implying negative as well as positive effects. However, natural wax in straight run bitumen today, normally is low in content and of a kind not likely to be harmful to binder properties. In other words, natural wax in bitumen is not likely to increase for instance the sensitivity to plastic deformation or cracking of a pavement. On the other hand, wax could unintentionally be produced through certain refining procedures. [Edwards 2005].

Blown (oxidized) and/or wax modified bitumens are used for road pavements in the US and Canada in order to more easily fulfil the Superpave binder specifications (according to the

Strategic Highway Research Program, SHRP). Problems due to blown bitumen and wax additives have been reported from studies in Canada [Hesp 2004].

There is some variation of opinions concerning the definition of wax and the influence of natural bitumen wax on bitumen and asphalt properties. One reason for this is the fact that different laboratory test methods give different results, for quantity as well as quality. With that, the definition of wax becomes method-dependant.

There are several test methods for determining wax content, but the most frequently used according to recent literature is determination by DSC (Differential Scanning Calorimetry). The method gives information about the total amount of wax in the bitumen. The wax content, or the crystallizing fraction, is the amount of material included in the phase transition within a given temperature range. The changes in enthalpy (heat content) are measured during a cooling and heating cycle, respectively, for the determination and calculation of the amount of crystallizing and melting material.

Waxes in bitumen often are divided into two or three general groups; macrocrystalline, microcrystalline and amorphous or non-crystalline wax. The waxes have different impact on bitumen properties. The presence of macrocrystalline wax is considered most problematic as it may have a decreasing effect on viscosity or complex modulus at high temperatures, possibly making the asphalt pavement more sensitive to permanent deformation during hot summer weather.

Macrocrystalline waxes typically have about 30 carbon atoms mainly in straight hydrocarbon chains, and may crystallize in larger crystals. If the chains are longer or contain larger amounts of branched chains or alicyclic components they form smaller crystals, microcrystalline wax. If the wax contains for instance also aromatic components, crystallization becomes more difficult and the wax is characterized as amorphous. Consequently, the different types of waxes vary in molecular weight and weight distribution as well as chemical structure and rheology. For instance, the wax melting point increases with chain length and decreases with branches and rings.

### **3. Wax as additive in bitumen**

As a rule, natural waxes in bitumen melt between about 20 and 70°C, while waxes used as flow improver melt at higher temperature (mainly depending on longer carbon chains). The crystallization range for a wax flow improver depends on the distribution of the carbon chains and varies between different products. Molecules with long carbon chains crystallize at higher temperature than molecules with shorter chains. During crystallization, crystallization heat is released.

Typical viscosity lowering products which are used for asphalt pavements are FT-paraffin, montan wax, oxidized polyethylene wax, thermoplastic resins and fatty acid amide. Molecular weight distributions of such products vary as well as their impact on asphalt concrete or mastic asphalt properties. Zeolites are another type of additive belonging to a group of hydrated aluminium silicates, which also contains potassium, calcium and sodium ions. Aspha-min is a synthetic zeolite product, which has been used successfully as flow improver in asphalt mixes since 1998 [Barthel 2001]. However, zeolites are not used in mastic asphalt.

In the literature, FT-paraffins most frequently are mentioned. Most used in practice are FT-paraffins and montan waxes. Addition of 2- 3 % wax in mastic asphalt normally have been used.

### 3.1 FT-paraffin

Structurally, FT-paraffin is similar to natural paraffin wax in bitumen. The difference between bitumen paraffin wax and FT-paraffin lies in the considerably longer molecules of FT-paraffin, of which n-alkanes lie in the range of 40 to 115 carbon atoms. The longer molecules result in a considerably larger melting area for the pure FT-paraffins, 65-120°C, and a congealing point of about 100°C. FT-paraffin is produced in a so-called Fischer Tropsch synthesis, where carbon monoxide is converted into higher hydrocarbons and oxygenates in catalytic hydrogenation followed by a distillation process.

The commercial product by Schumann-Sasol GmbH is called Sasobit. Variants of FT-paraffin as flow improver in bitumen are named Bitplus (C30-C100) and Genicel (fibres+Sasobit as additive directly into the mix). Further information about product properties can be found on the home page of the producer [<http://www.sasolwax.com>].

The viscosity lowering effect on a binder due to the addition of Sasobit may allow working temperatures to be decreased by 18 and 54°C [Hurley and Prowell 2005]. Sasobit can be combined with polymers. A special product containing Sasobit, polymer and so-called cross-linking agent (Sasolwax Link TX) has been developed.

### 3.2 Montan wax

Montan wax is a partly bituminized fossil ester wax which can be extracted from brown coal. It has a more complicated structure compared to FT-paraffin and is available in a number of product variants depending on range of use (type of bituminous product).

Romonta GmbH in Amsdorf is the largest producer of crude montan wax of different kinds since the twenties. Romonta Normal was the first marketed bitumen flow improver. Other similar developed products after that were named Asphaltan. Asphaltan A was developed specifically for modification of mastic asphalt products, and Asphaltan B for asphalt concrete mixtures. Further information about the products can be found on the home page of the producer [<http://www.romonta.com>].

Since the beginning of the 1980's, montan waxes have been used as additive for mastic asphalt, initially as a result of harder requirements for lower carbon dioxide emissions in Germany but later also for obtaining better workability of asphalt mixtures. Montan waxes have been modified specifically for this purpose, but also with the intension of improving for instance asphalt pavement adhesion properties. Romonta N, Asphaltan A and Asphaltan B have congealing points of about 78°C, 125°C and 100°C, respectively.

### 3.3 Influence of wax additives

The main purpose of adding wax to bitumen normally is to lower the viscosity within a certain temperature range. In turn, this may lead to better workability, perhaps a longer paving season and less needed roller compaction (for asphalt concrete mixtures).

Energy consumption reductions are considered to be a very important benefit of wax addition (and other similar techniques). Production costs at the asphalt plant may be lower due to lower production temperature and shorter production time. Less wear of equipment in the plant is another possible favourable consequence. On the other hand, production costs may increase by the extra cost of wax, and if equipment modification is needed for the new production process.

Lower production temperature also means reduced emissions, which otherwise may be a problem, or even injurious to health, during asphalt production and paving. Bitumen fume in connection with indoors. Asphalt works at areas are places are known to be most problematic.

Wax as flow improver shows a softening effect on the binder and asphalt mix at higher temperature (above 80°C). In addition to that, a stiffening effect occurs below the paving temperature as a result of wax crystallization. By that, the asphalt pavement resistance to permanent deformation may be improved as well. Rheological effects of adding wax to bitumen can be studied using dynamic mechanical analysis (DMA). In DMA, the ratio of peak stress to peak strain is defined as the complex modulus  $|G^*|$ , which is a measure of the overall resistance to deformation of the sample tested. The phase difference between stress and strain is defined as the phase angle  $\delta$ , and is a measure of the viscoelastic character of the sample. For a completely viscous liquid, the phase angle is 90° and for an ideal elastic solid material, the phase angle is 0°. Complex modulus and phase angle of bitumens are functions of temperature and frequency, which may be changed by the addition of different additives such as waxes and polymers.

#### **4 Wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt – A Swedish research project**

The influence of adding commercial wax to polymer modified bitumen intended for use in coarse aggregate mastic asphalt is studied in this research project. The purpose of the study is to find out if the mastic asphalt product normally used today for Swedish bridge decks, parking decks and terraces can be made more environment friendly and easier to handle by adding a suitable wax to the polymer modified binder. Wax modification is expected to lower the laying temperature and by that reduce emissions of bitumen fumes as well as carbon dioxide. However, the additive must not have any obvious negative effect on the performance of the mastic asphalt.

The project is divided into the following four parts:

- 1) Survey of current knowledge and experience
- 2) Laboratory study on binder mixtures
- 3) Laboratory study on mastic asphalt mixtures
- 4) Field trials

One polymer modified product (Pmb 32) and two commercial waxes (Sasobit and Asphaltan A) have been selected for the project. Results from the laboratory study on binder mixtures are presented in the following sections. Further laboratory testing will be performed on mastic asphalt test specimens containing selected binder mixtures.

##### **4.1 Pilot study**

In a pilot study, binder mixtures of the polymer modified bitumen product Pmb 32 and FT-paraffin Sasobit (S) were prepared. Levels of 3 and 6 %wt wax were used. Dynamic viscosity at temperatures from 100 to 200°C was determined, and DSR sweeps from 10 to 100°C performed. The results show that this wax additive has a certain viscosity reducing effect on Pmb 32 at higher temperatures, starting at about 150°C. This is shown in Figure 1. At temperatures lower than approximately 100°C, there is some stiffening effect due to the wax. This is shown in Figure 2. The complex modulus is increased and the phase angle decreased, indicating positive effect on stability.

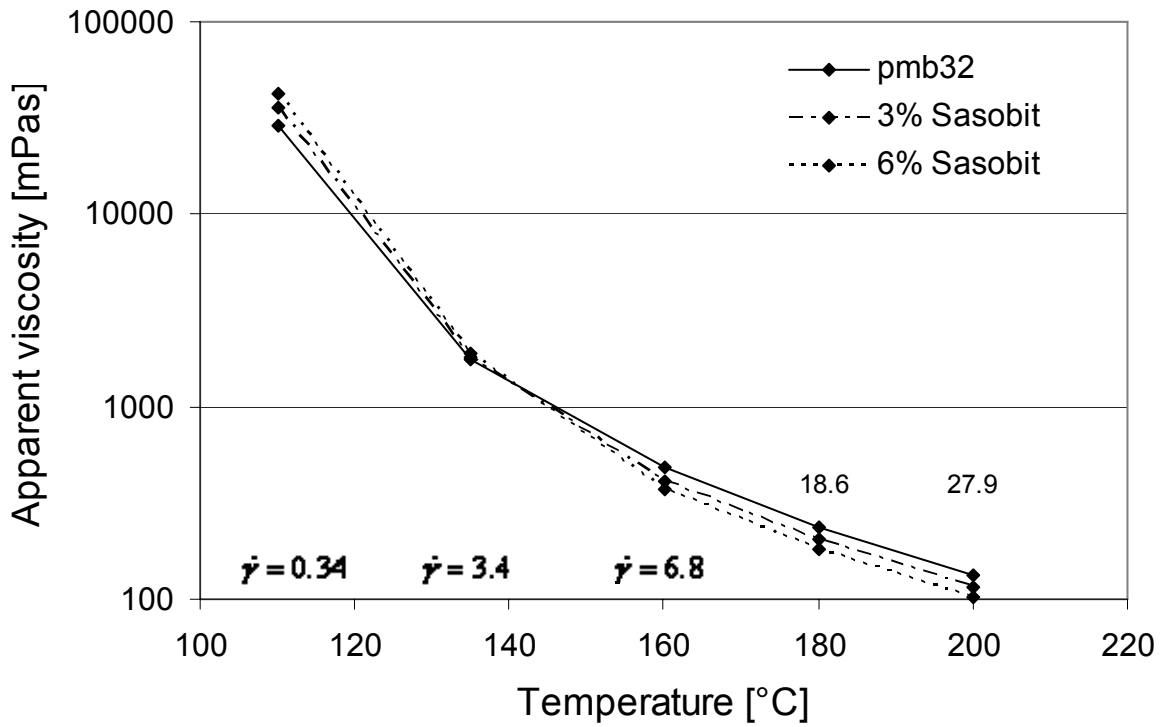


Figure 1 Viscosity measurements from 100 to 200 °C for Pmb 32 containing wax.

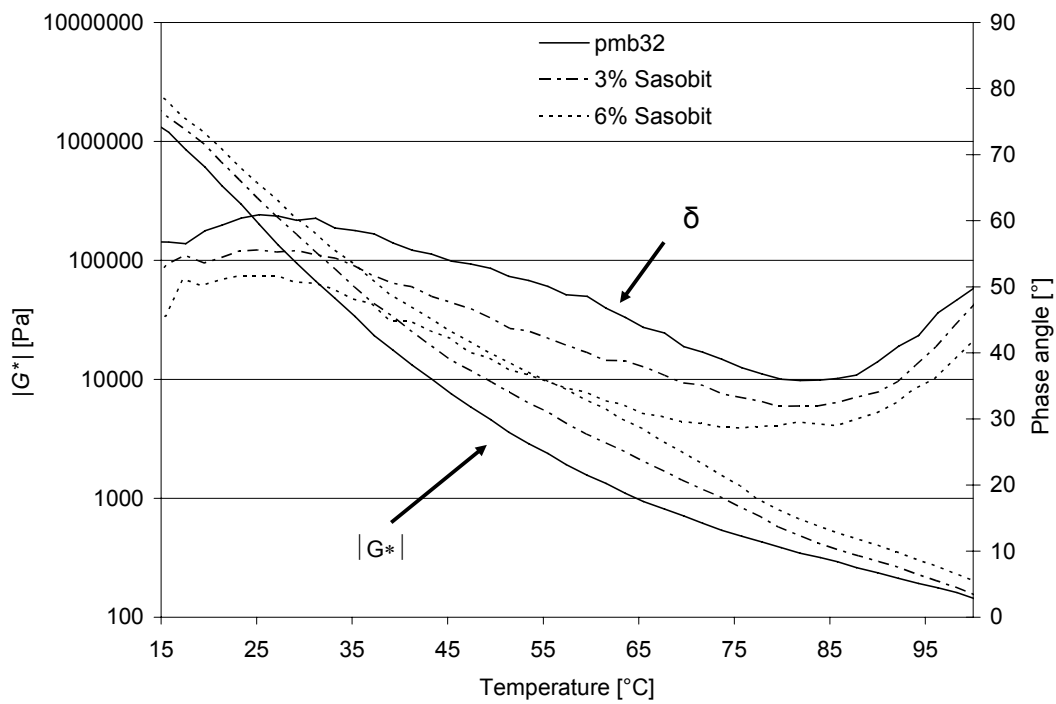


Figure 2 DSR temperature sweep from 10 to 100°C at a frequency of 1 rad/s for Pmb 32 containing wax.

## 4.2 Main study

In the main study, binder mixtures of the polymer modified bitumen product Pmb 32, FT-paraffin Sasobit (S) and montan wax Asphaltan A (A) were prepared. Levels of 3 and 6 %wt wax were used. Testing was performed before and after ageing in RTFO (Rolling Thin Film Oven) at 163°C. The following test methods were used:

- Softening point (EN 1427)
- Penetration at 25°C (EN 1426)
- Breaking point Fraass (EN 12593)
- Dynamic viscosity, Brookfield at 135 and 180°C (ASTM D442)
- Elastic recovery at 10°C (EN 13398)
- Force ductility at 10°C (EN 13589, EN 13703)
- Storage stability at 180°C (EN 13399)
  
- Chemical characterization using IR and GPC
- DSR temperature sweep from -30 to +80°C at a frequency of 10 rad/s (AASHTO TP5)
- BBR analysis at -18 and -24°C (EN 14771)
- DSC (Differential Scanning Calorimetry)

Results (presented in Table 1) show a viscosity reduction of approximately 60 units at 180°C by the addition of 6% Sasobit or Asphaltan A, corresponding to a possible temperature reduction in laying temperature of about 10°C.

Adding Sasobit shows a somewhat larger stiffening effect, compared to Asphaltan A, at temperatures around 30 to 60°C. This is indicated by higher complex modulus and lower phase angle as shown for original samples in Figure 3, and laboratory aged samples in Figure 4. The influence on softening point and penetration also is larger for Sasobit compared to Asphaltan A, especially for original samples.

Storage stability seems to be improved by the addition of wax. Or rather, the softening point is increased to an extent corresponding to what also happens during laboratory ageing in RTFO. Pmb 32 with no wax is not storage stable, and the softening point is only marginally changed by laboratory ageing. Consequently, the softening point initially is increased by the addition of wax, but also further increased if stored or aged. After storage for 72 hours at 180°C, all samples containing wax show a softening point of about 100°C. After ageing, the softening point is about 90-100°C for all samples containing wax. It should be noted about Pmb 32 that the softening point may vary depending on sample preparation temperature and time. According to the bitumen producer, the sample preparation temperature must be 180°C. According to product data sheet for Pmb 32, the softening point shall be minimum 75°C. In this particular study, the sample preparation temperature was 180°C. But still, the softening point may vary depending on sample preparation time.

The elastic recovery at 10°C is somewhat decreased by the addition of 3 % wax. At the higher wax level, test specimens break before reaching the elongation length of 200 mm (as specified in the test method). After ageing, all samples containing wax break during the test.

Also in force ductility at 10°C, all aged samples containing wax break (before elongation to the specified 40 cm according to that test method). As force ductility is considered to be a measure of cohesion and homogeneity of the test sample, the test results indicate a stiffening effect at 10°C related to probably a decrease in cohesion of the sample.

Concerning low temperature performance, the breaking point is slightly affected by the addition of wax. Low temperature testing by BBR shows an overall increase in stiffness at -18°C, indicating a negative impact on crack susceptibility at low temperatures, somewhat larger by the addition of Sasobit than by the addition of Asphaltan A. On the whole, these waxes show little (or no) negative effect on the low temperature performance of Pmb 32.

*Table 1 Test results for Pmb 32 with and without wax additive*

<b>Characteristic</b>	<b>Pmb 32</b>	<b>Pmb +3% S</b>	<b>Pmb 32 +3% A</b>	<b>Pmb 32 +6% S</b>	<b>Pmb 32 +6% A</b>
Softening point, °C	74	96	70	94	77
Penetration, dmm	56	39	51	35	45
Breaking point Fraass, °C	-15	-11	-12	-10	-13
Elastic recovery 10°C, %	79	75	73	Break at 7-8 cm	Break at 15-18 cm
Force ductility 10°C, Nm	5,5	6,7	5,1	5,5	5,6
Brookfield visc. 135°C, mPas	1 636	1 419	1 150	1 192	945
Brookfield visc. 180°C, mPas	299	273	260	239	236
BBR -18°C, S MPa / m-value	225/0.319	234/0.282	214/0.318	314/0.260	212/0.296
Storage stability at 180 °C:					
Softening point top, °C	100	103	95	106	100
Softening point bottom, °C	72	93	94	101	99
<u>After RTFOT</u>					
Softening point, °C	70	94	88	99	90
Penetration, dmm	38	25	28	22	30
Breaking point Fraass, °C	-11	-11	-14	-7	-14
Elastic recovery 10°C, %	65	Break at 6 cm	Break at 9 cm	Break at 2 cm	
Force ductility 10°C, Nm	6,1	7,2*	7,3*	5,4*	4,6*
BBR -18°C, S MPa / m-value	239/0.304	303/0.248	294/0.275	363/0.225	299/0.278

\* Break at ≥ 3 dm



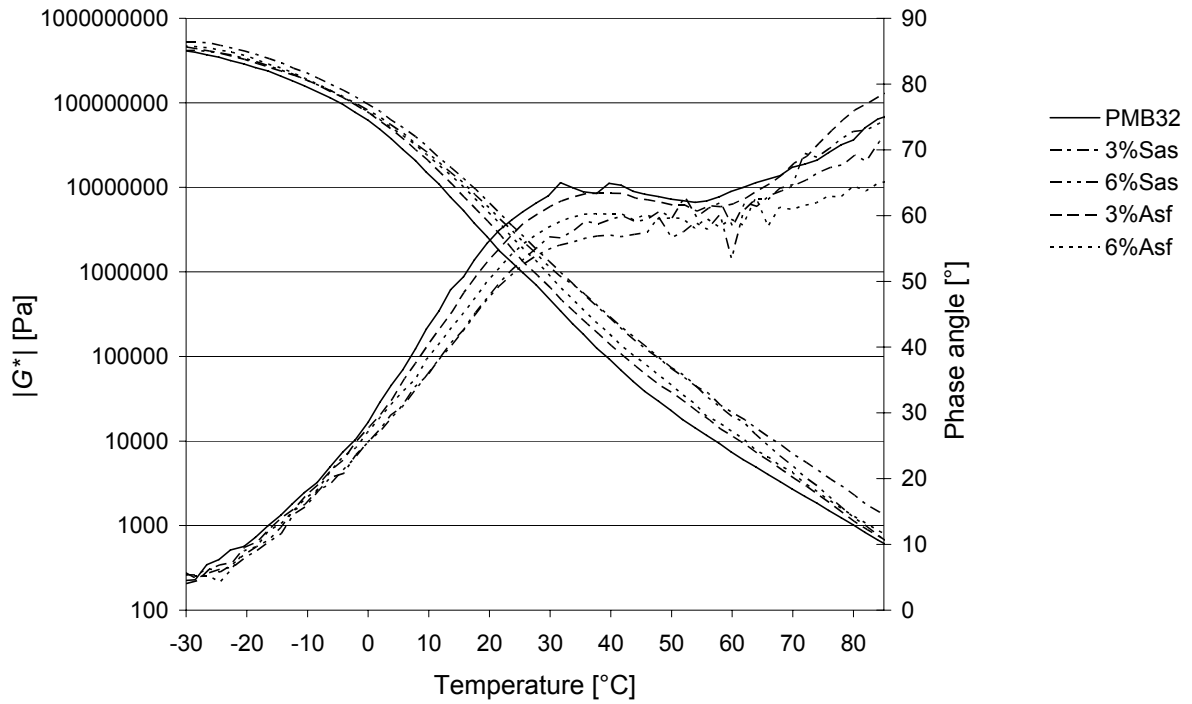


Figure 3 DSR temperature sweep from -30 to 80°C at a frequency of 10 rad/s for Pmb 32 containing wax.

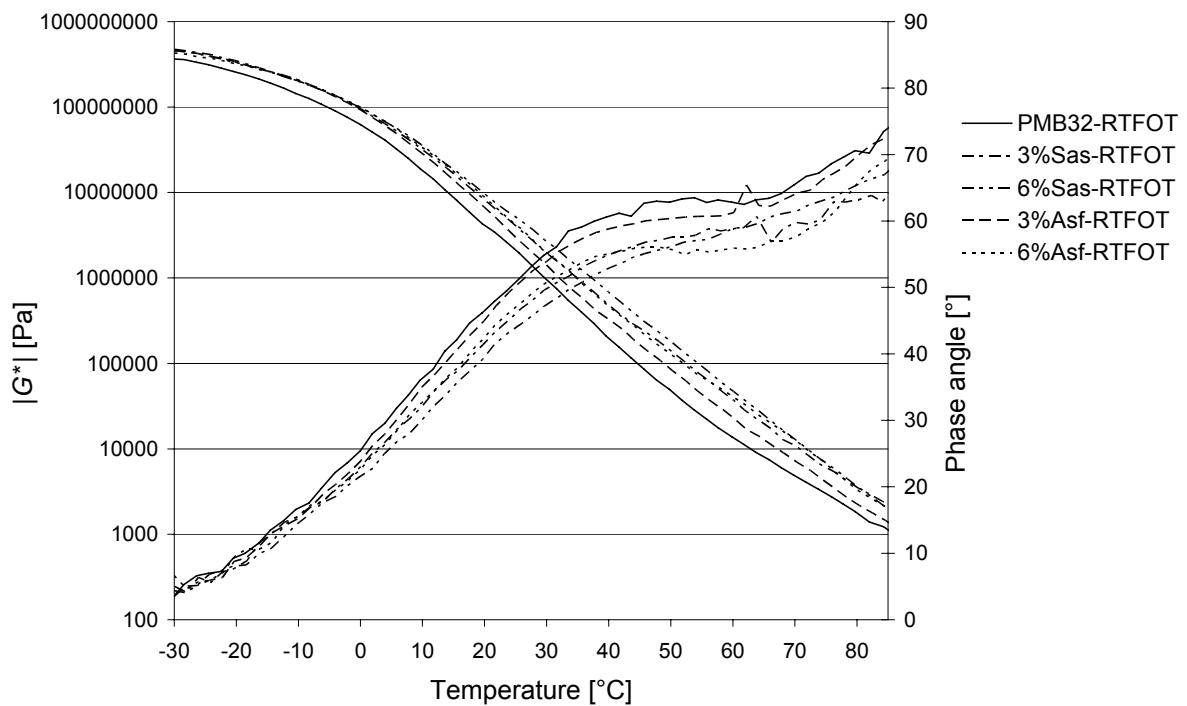


Figure 4 DSR temperature sweep from -30 to 80°C at a frequency of 10 rad/s for Pmb 32 containing wax, after laboratory ageing.

### 4.3 Conclusions and further work

Based on results for binder mixtures so far in this study, the following preliminary conclusions may be drawn:

- Both waxes (Sasobit and Asphaltan A) have a flow improving/viscosity depressant impact on Pmb 32 at higher temperatures, indicating a possible lower laying temperature for mastic asphalt products if modified with such waxes.
- Concerning binder performance at temperatures lower than approximately 100°C, there is a stiffening effect due to wax modification, indicating a certain positive effect on stability. However, this stiffening effect goes down to at least -18°C. But on the whole, these waxes show little or no negative effect on the low temperature performance of Pmb 32.

Further laboratory testing will be performed on mastic asphalt test specimens containing selected binder mixtures. Indentation value at 40°C will be determined and dimensional stability at 80°C (according to EN 12970, Annex B). The tensile strain restrained specimen test (TSRST) will be performed as well.

### 5. References

Edwards Y., Influence of waxes on bitumen and asphalt concrete performance, Doctoral thesis in Highway Engineering, ISSN 1650-867X, TRITA 2005:01, KTH 2005.

Barthel W., Niedrigtemperaturasphalt durch Zeolith. Wirkungsweise, Effekte und Erfahrungen, Asphalt, Heft 8, (2001).

Hesp S., "Reversible ageing in asphalt at low temperatures. Final report", Queen's University Dep of Chemistry, Kingston Ontario, Canada, (2004).

Hurley G.C., Prowell B.D., Evaluation of Sasobit for use in warm mix asphalt. NCAT Report 05-06. National Center for Asphalt Technology, Auburn, USA, 2005.

## Experience of adding wax to bitumen and asphalt mixture products

**Ylva Edwards**

PhD

Royal Institute of Technology  
Stockholm, Sweden  
ylva.edwards@byv.kth.se

**Ulf Isacsson**

Professor emeritus

Royal Institute of Technology  
Stockholm, Sweden  
ulf.isacsson@byv.kth.se

### Abstract

As a consequence of lower limit values for bitumen emissions in connection with asphalt works and more severe requirements for lower carbon dioxide emissions, new temperature reducing asphalt technologies have been developed.

One way of reducing asphalt mixing temperatures is by adding special commercial wax products. Such waxes show a viscosity depressant/flow improving effect on binder and asphalt mix at higher temperature. The main purpose of adding the wax is to reduce the asphalt mixing temperature in order to reduce energy consumption as well as emissions of bitumen smoke and aerosol. As a rule, the workability of the asphalt is improved as well. Below the laying and compaction temperature, there may also be an increase in viscosity due to wax crystallization, and by this some stiffening effect. Consequently, the asphalt pavement should gain better resistance to plastic deformation. Additionally, lower void content due to better compaction properties should make the pavement more durable. Other pavement properties such as crack susceptibility, fatigue resistance, and adhesion may however also be affected by the flow improver. Different bitumen compositions are more or less sensitive to these additives. Consequently, bitumen of different origin ought to be specially studied, in order to at least adjust the flow improver to the bitumen and avoid deterioration of the properties as a result of adding the flow improver.

Particularly suitable products for addition of flow improvers are stiff polymer modified bitumen products. With no flow improvers, these bitumens require high laying temperature, which may result in degradation of the polymer and not designed performance of the pavement on the road. Mastic asphalt products normally require higher working temperatures than asphalt concrete, and the use of wax additives in mastic asphalt has increased.

Experience from the literature is presented in this paper and advantages and drawbacks of adding commercial wax products to bitumen and asphalt mixture products are discussed.

**Keywords:** bitumen, wax, flow improver, temperature reduction.

### 1. Introduction

The influence of natural wax on bitumen and asphalt concrete has been discussed within the asphalt industry for a very long time, implying negative as well as positive effects. These bitumen waxes often are divided into two or three general groups; macrocrystalline,

microcrystalline and amorphous or non-crystalline wax. The waxes show different impact on bitumen properties. The presence of macrocrystalline wax is considered most problematic, as it may decrease viscosity / complex modulus at high temperatures, possibly making the asphalt pavement more sensitive to permanent deformation, especially during hot summer weather. However, generally natural wax in straight run bitumen is currently low in content and of a kind not likely to be harmful to binder properties, i.e. natural wax in bitumen is not likely to increase for instance the sensitivity to plastic deformation or cracking of a pavement. On the other hand, wax could unintentionally be produced through certain refining procedures.

As a rule, natural waxes in bitumen melt between about 20 and 70°C, while waxes used as flow improver melt at higher temperature. The crystallization range for a wax flow improver depends on the distribution of the carbon chain length and varies between different products. Molecules with long carbon chains crystallize at higher temperature than molecules with shorter chains. During crystallization, heat is released.

## **2. Wax additives in bitumen**

Typical viscosity lowering products used for asphalt pavements are FT-paraffin, montan wax, oxidized polyethylene wax, thermoplastic resins, fatty acid amide and zeolites. Most used in practice are FT-paraffins and montan waxes. Normally, the addition of wax is 2-4 % by weight. A combination of FT-paraffin and montan wax is used in practice as well.

Structurally, FT-paraffin is similar to natural paraffin wax in bitumen. The difference between bitumen paraffin wax and FT-paraffin lies in the considerably longer molecules of FT-paraffin, of which n-alkanes lie in the range of 40 to 115 carbon atoms. The longer molecules result in a considerably larger melting range for the pure FT-paraffins (65-120°C), and a congealing point of about 100°C. FT-paraffin is produced in a so-called Fischer Tropsch synthesis, where carbon monoxide is converted into higher hydrocarbons and oxygenates in catalytic hydrogenation followed by a distillation process.

Montan wax is a partly bituminized fossil ester wax, which can be extracted from brown coal. It has a more complicated structure compared to FT-paraffin and is available in a number of product variants depending on range of use (type of bituminous product). Since the beginning of the 1980's, montan wax has been used as additive in mastic asphalt in Germany for obtaining better workability of asphalt mixtures [Grosshans 1985]. Montan waxes have been modified specifically for this purpose, but also with the intension of improving, for instance, asphalt pavement adhesion properties.

Zeolites are crystalline hydrated aluminium silicates. They exist in nature and are also produced synthetically. Zeolites have the ability to hold and release certain quantities of water. For lowering the asphalt mixing temperature, special zeolites have been developed. When adding this flow improver to the mixture, at the same time as the binder is added, a water based vapour and foaming effect is created, giving an improved workability of the mix. No extra stiffening effects below the paving temperature are gained by the addition of zeolites.

### **2.1 Impact of wax additives**

Generally, the main purpose of adding wax to bitumen is to lower the viscosity within a certain temperature range, which in turn may lead to better workability, maybe a longer paving season and less needed roller compaction (for asphalt concrete mixtures).

Energy consumption reductions are considered to be a very important benefit of wax addition (and other similar techniques). Production costs at the asphalt plant may be lower due to lower

production temperature and shorter production time. Less wear of equipment in the plant is another possible favourable consequence. On the other hand, production costs may increase by the extra cost of wax, and, if equipment modification is needed, for the new production process.

Lower production temperature also means reduced emissions, which otherwise may be a problem, or even injurious to health, during asphalt production and paving. Bitumen fumes in connection with indoor asphalt works (parking decks and within the mastic asphalt flooring sector) are known to be most problematic. A reduction of the production and application temperatures of about 20°C may lead to a corresponding reduction of emissions by more than 70% [Sandmann 2007].

Obviously, wax as flow improver shows a softening effect on the binder and asphalt mix at higher temperature (above 80°C). In addition to that, a stiffening effect occurs below the paving temperature as a result of wax crystallization. Consequently, the asphalt pavement resistance to permanent deformation may improve as well.

Rheological effects of adding wax to bitumen can be studied using dynamic mechanical analysis (DMA). In DMA, the ratio of peak stress to peak strain is defined as the complex modulus  $|G^*|$ , which is a measure of the overall resistance to deformation of the sample tested. The phase difference between stress and strain is defined as the phase angle  $\delta$ , and is a measure of the viscoelastic character of the sample. For a completely viscous liquid, the phase angle is 90° and for an ideal elastic solid material, the phase angle is 0°. Complex modulus and phase angle of bitumens are functions of temperature and frequency, which may be changed by the addition of different additives such as waxes and polymers. Rheological effects by DMA from adding wax to a polymer modified binder is shown in Figure 1.

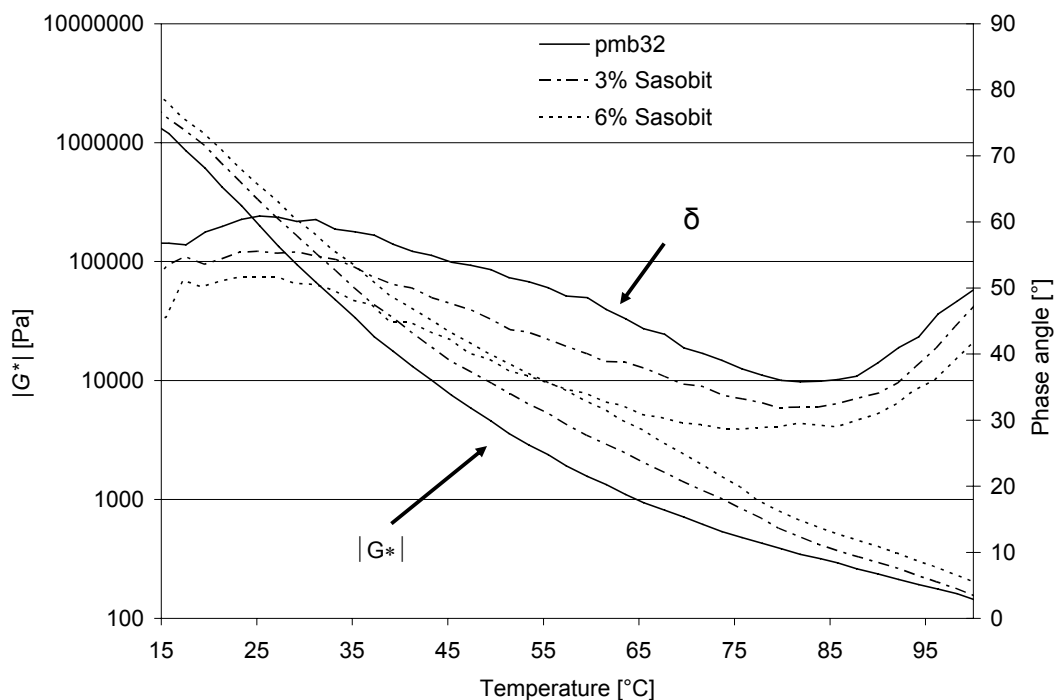


Figure 1. Temperature sweeps from 10 to 100°C at a frequency of 1 rad/s for a polymer modified binder containing added wax.

### 3. Experimental studies

Laboratory and field studies are being performed for a large set of wax/binder systems in for instance Germany. The project is a joint project between BAST (Bundesanstalt für Strassenwesen), BMVBW (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) bitumen producers, wax producers and others. Test sections were constructed in June 2004 on the motorway A7 near Flensburg, and will be studied for at least a period of eight years. The aim of that project is to develop some asphalt requirements specifications for so-called TA Asphalt (temperaturabsenkende) in Germany [Bielenberg et al. 2006]. Other test sections were also constructed near Schwerin 2004. In both cases, polymer modified bitumen (Pmb 45 A) was used as reference.

A technical temperature reduction procedure known to be used in France for mastic asphalt is called Néophalte<sup>®</sup> Low-Temperature [Dean 2004].

#### 3.1 Recent Swedish studies

Several Swedish laboratory studies regarding effects of wax additives on bitumen and asphalt concrete properties have been performed. The studies referred to in this case include some bitumens of penetration grade 160/220 but different origins, one polymer modified bitumen, one FT-paraffin wax (Sasobit) and two montan waxes (Asphaltan A and B). Asphaltan A was used only for the polymer modified product.

Particularly suitable products for addition of flow improving wax products are polymer modified mastic asphalt products. In Sweden, mastic asphalt for bridges, parking decks etc. always contain polymer modified bitumen (pmb). Mixing and laying temperatures are between 200 and 230°C, depending on laying conditions (higher temperature when manually applied). In order to decrease this temperature to not more than 200°C, the wax additives Sasobit and Asphaltan A have been used in laboratory binder studies. Further laboratory testing is currently performed on mastic asphalt test specimens containing selected binder mixtures. Indentation value at 40°C is determined as well as dimensional stability at 80°C (according to EN 12970, Annex B). The tensile stress restrained specimen test (TSRST) is used to get further knowledge on low temperature performance of mastic asphalt containing polymer- and wax modified binders. A slump test is under developments as well.

### 4. Conclusions

The most important conclusions drawn from the experimental studies involving penetration bitumen and wax are listed below [Edwards 2005].

- Magnitude and type of effect of additive on bitumen rheology depend on the bitumen itself as well as type and amount of additive. Bitumen composition is of decisive importance.
- None of the wax additives showed any negative sudden complex modulus lowering effect at higher temperatures, thereby possibly affecting rutting resistance in a negative way.
- Physical hardening as determined by BBR at -25°C showed a higher hardening index for the two bitumens containing natural wax than for the two non-waxy bitumens. Adding FT-paraffin decreased the hardening index for all bitumens. Also montan wax showed this effect, but not for all bitumens.

- No correlation between physical hardening index (PHI) and wax content by DSC was found, and consequently, enthalpy change by DSC was not considered to be a good indicator of physical hardening.
- Addition of the waxes used showed no or marginally positive influence on bitumen ageing properties for the bitumens and test conditions used.
- Comparison of asphalt mixture and corresponding binder test results showed that the effects on asphalt mixtures from added wax were less evident.
- It is recommended to carefully evaluate in the laboratory effects of adding any type of commercial additive to some bitumen intended for modification before using it in practice.

In summary, the effects of adding wax to bitumen varied depending on bitumen and temperature range studied, and were mainly of positive or vague nature. However, this work did not focus on flow improving effects at mixing and laying temperatures but rather on additional stiffening effects at temperatures below asphalt concrete compaction temperature.

Conclusions from the polymer modified mastic asphalt studies so far are:

- Both waxes show a flow improving/viscosity depressant impact on the pmb used at higher temperatures, indicating possible lower mixing and laying temperatures for mastic asphalt products, if modified with such waxes.
- Concerning binder performance at temperatures lower than approximately 100°C, there is a stiffening effect due to wax modification, indicating a certain positive effect on stability.
- However, this stiffening effect appears also at very low temperatures, indicating a negative impact on crack susceptibility, larger by the addition of Sasobit than by the addition of Asphaltan A. Most affected is the lower limit m-value temperature by BBR.

## 5. References

1. Grosshans, D. (1985). 'Erfahrungen bei der Modifizierung von Gussasphalt mit Rohmontanwachs (Romonta)', *Die Strasse, Vol 25, No. 9*, pp. 275-277.
2. Sandmann, T. (2007). 'Lowering temperatures during application of mastic asphalt flooring in Germany – field report', *EMAA Congress in Potsdam 2007*.
3. Bielenberg, B, Damm, K-W and Radenberg, M. (2006). 'Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur von Asphalt durch Zugabe von Bitumenverflüssigern', *Abschlussbericht FE 07.203/2002/CRB*.
4. Dean, J P. (2004). 'Temperature reduction during Production, Transport and Application'. *EMAA Congress in Vienna 2004*.
5. Edwards, Y. (2005). 'Influence of waxes on bitumen and asphalt concrete mixture performance', Doctoral thesis in Highway Engineering, ISSN 1650-867X, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

# INFLUENCE OF WAXES ON POLYMER MODIFIED MASTIC ASPHALT PERFORMANCE

Y. EDWARDS

Royal Institute of Technology, Highway Engineering, Brinellvägen 34, 10044 Stockholm, SWEDEN

## ABSTRACT

*The paper contains a short introduction and background concerning wax additives in bitumen and asphalt mixtures. Focusing on polymer modified coarse aggregate mastic asphalt, the use of wax additives in Europe is reviewed. Commercial wax such as FT-paraffin and montan wax are typical so-called bitumen flow improvers, which are used in practice for asphalt pavements and mastic asphalt to reduce the mixing temperature and thereby energy consumption and emissions. Workability may be improved as well. These waxes differ a great deal from natural bitumen wax concerning molecular weight and molecular weight distribution. They have high congealing points around 100°C and higher melting areas compared to natural wax in bitumen.*

*Results are presented from an ongoing joint Swedish project about wax as flow improver in polymer modified bitumen for mastic asphalt production. Different aspects are dealt with. The aim of the project is to make mastic asphalt used in Sweden today (for bridges, parking decks etc.) more environment friendly and easier to handle. However, wax modification must not have any noticeable negative impact on the performance of mastic asphalt products at medium and lower temperatures.*

*The project involves laboratory testing of wax and polymer modified binders and mastic asphalt mixtures. Field studies are included as well. Effects of adding two commercial waxes to one polymer modified bitumen are presented in this paper.*

*The results show that both waxes have a flow improving/viscosity depressant impact on the polymer bitumen at higher temperatures, indicating a possible lower laying temperature for the mastic asphalt if modified with such waxes. Moreover, there is a stiffening effect at medium and high temperatures (below laying temperature), indicating a certain positive effect on stability.*

*Concerning low temperature performance, there are results indicating negative impact on crack susceptibility at low temperatures, larger effect by the addition of FT-paraffin than by the addition of montan wax.*

**Keywords:** wax, modified binders, mastic asphalt

## 1. INTRODUCTION

As a consequence of lower limit values for bitumen emissions in connection with asphalt works, and harder requirements for lower carbon dioxide emissions, new temperature reducing asphalt technologies have been developed. One way of reducing the asphalt mixing temperature is by adding special flow improving products such as waxes. The chief purpose of adding the wax is to reduce the mixing temperature of the asphalt in order to reduce energy consumption and emissions of bitumen fumes and aerosol. As a rule, the workability of the asphalt is improved as well. Below the laying temperature, there may also be an increase in viscosity due to wax crystallization, and by that some stiffening effect. Consequently, the asphalt pavement may gain better resistance to plastic deformation. In the case of asphalt concrete, lower void content due to better compaction properties may make the pavement more durable. However, other pavement properties, such as crack susceptibility at low temperatures, fatigue resistance and adhesion could be affected by the addition of flow improvers as well [1]. Different bitumen compositions are more or less sensitive to wax additives. Bitumen of different origin ought to be specially studied, in order to at least adjust the flow improver to the bitumen and avoiding deterioration of bitumen properties as a result of adding the flow improver. Coarse aggregate mastic asphalt products require high working temperatures, and the use of wax additives therefore has become more frequently used, especially in Germany.

For bridges and parking decks in Sweden, mainly mastic asphalt is used. As a rule, the mastic asphalt is polymer modified and the laying temperature is between 200 and 230°C, depending on laying conditions. This paper focuses on the addition of wax to polymer modified bitumen intended for use in mastic asphalt pavements. A short introduction and background concerning wax additives in bitumen and asphalt mixtures is given in the following chapter.

Results from a recently initiated joint Swedish project about wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt is presented.



## 2. THE USE OF WAX ADDITIVES IN BITUMEN AND ASPHALT MIXTURES

Typical viscosity lowering products used for asphalt pavements are FT-paraffin, montan wax, oxidized polyethylene wax, thermoplastic resins and fatty acid amide. Molecular weight distributions of such products vary, as well as their impact on asphalt concrete or mastic asphalt properties. Zeolites are another type of additive belonging to a group of hydrated aluminium silicates [2]. However, zeolites are not used in mastic asphalt. Most used in practice are FT-paraffins and montan waxes. Addition of 2-3 % wax by mass of the bitumen in mastic asphalt normally has been used.

Structurally, FT-paraffin is similar to natural paraffin wax in bitumen. The difference between bitumen paraffin wax and FT-paraffin lies in the considerably longer molecules of FT-paraffin, of which n-alkanes lie in the range of 40 to 115 carbon atoms. The longer molecules result in a considerably larger melting area for the pure FT-paraffins, 65-120°C, and a congealing point of about 100°C. FT-paraffin is produced in a so-called Fischer Tropsch synthesis, where carbon monoxide is converted into higher hydrocarbons and oxygenates in catalytic hydrogenation followed by a distillation process. The viscosity lowering effect on a binder due to the addition of such wax may allow working temperatures to be decreased by up to 50°C [3].

Montan wax is a partly bituminized fossil ester wax which can be extracted from brown coal. It has a more complicated structure compared to FT-paraffin and is available in a number of product variants depending on range of use (type of bituminous product). Since the beginning of the 1980's, montan waxes have been used as additive for mastic asphalt, initially as a result of harder requirements for lower carbon dioxide emissions in Germany, but later also for obtaining better workability of asphalt mixtures. Montan waxes have been modified specifically for this purpose, but also with the intention of improving for instance asphalt pavement adhesion properties. Typical montan wax products have congealing points in the area of 75 to 125°C.

So, the main purpose of adding wax to bitumen normally is to lower the viscosity within a certain temperature range. In turn, this may lead to better workability, perhaps a longer paving season and less needed roller compaction (for asphalt concrete mixtures). Energy consumption reductions are considered to be a very important benefit of wax addition (and other similar techniques). Production costs at the asphalt plant may be lower due to lower production temperature and shorter production time. Less wear of equipment in the plant is another possible favourable consequence. On the other hand, production costs may increase by the extra cost of wax, and if equipment modification is needed for the new production process. Lower production temperature also means reduced emissions, which otherwise may be a problem, or even injurious to health, during asphalt production and paving. Bitumen fume in connection with indoor asphalt works is known to be most problematic.

Wax as flow improver shows a softening effect on the binder and asphalt mix at higher temperature (above 80°C). In addition to that, a stiffening effect occurs below the paving temperature as a result of wax crystallization. By that, the asphalt pavement resistance to permanent deformation may increase as well. Rheological effects of adding wax to bitumen can be studied using dynamic mechanical analysis (DMA). In DMA, the ratio of peak stress to peak strain is defined as the complex modulus  $|G^*|$ , which is a measure of the overall resistance to deformation of the sample tested. The phase difference between stress and strain is defined as the phase angle  $\delta$ , and is a measure of the viscoelastic character of the sample. For a completely viscous liquid, the phase angle is 90° and for an ideal elastic solid material, the phase angle is 0°. Complex modulus and phase angle of bitumens are functions of temperature and frequency, which may be changed by the addition of different additives such as waxes and polymers.

Laboratory and field studies are being performed in Germany for a large set of wax/binder systems. The project is a joint project between BASt (Bundesanstalt für Strassenwesen), BMVBW (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) bitumen producers, wax producers and others. Test sections were constructed in June 2004 on the motorway A7 near Flensburg, and will be studied for at least a period of eight years. The aim of the project is to develop some ZTV Asphalt requirements specifications for so called TA Asphalt (temperaturabsenkende) in Germany [4]. Other test sections were constructed near Schwerin the same year. In both cases, polymer modified bitumen (Pmb 45 A) was used as reference. None of the test sections is mastic asphalt. However, polymer modified mastic asphalt pavements containing wax additive most certainly have been used in practice.

Also in France, technical temperature reduction procedures are known to be used for mastic asphalt [5].

In Sweden, several laboratory studies regarding the influence of wax additives on bitumen and asphalt concrete properties have been performed recently. One of these studies deals with polymer modified mastic asphalt and the influence on binder and mix properties of adding two different types of commercial wax products. Results from the binder study are presented and discussed in the following chapter.

### 3. EXPERIMENTAL

#### 3.1 Materials

The polymer modified bitumen used was a 50/100-75 class product (Pmb 32) produced by Nynas. The commercial wax additives were FT-paraffin (Wax S) and montan wax (Wax A). Their characteristics are presented in Table 1. Levels of 3 and 6% wax by mass of the bitumen were used. Mixing was carried out by the bitumen producer. Samples were aged using the RTFO (Rolling Thin Film Oven) test.

Additive	Characteristics	Value
Wax S, (FT paraffin wax)	Congealing point (ASTM D 938)	100 (°C)
	Penetration at 25°C (ASTM D 1321)	<1 (dmm)
	Penetration at 65°C (ASTM 1321)	7 (dmm)
Wax A, (Montan wax)	Solidification point	120-130 (°C)
	Dropping point	125-135 (°C)
	Viscosity at 150°C	5-20 (mPas)

**Table 1:** Information regarding additives used in this study obtained from product data sheets

#### 3.2 Methods of analysis

The following test methods were used:

- Softening point (EN 1427)
- Penetration at 25°C (EN 1426)
- Breaking point Fraass (EN 12593)
- Dynamic viscosity, Brookfield at 135 and 180°C (ASTM D442)
- Elastic recovery at 10°C (EN 13398)
- Force ductility at 10°C (EN 13589, EN 13703)
- Storage stability at 180°C (EN 13399)
  
- DSR temperature sweep from -30 to +80°C at a frequency of 10 rad/s (AASHTO TP5)
- BBR analysis at -18 and -24°C (EN 14771)
- DSC (Differential Scanning Calorimetry)

### 4. RESULTS AND DISCUSSIONS

Results are presented in Table 2 and show a viscosity reduction of approximately 60 units at 180°C by the addition of 6% Wax S or Wax A, corresponding to a possible temperature reduction in laying temperature of about 10°C.

Adding Wax S shows a somewhat larger stiffening effect, compared to Wax A, at temperatures around 30 to 60°C. This is indicated by higher complex modulus and lower phase angle as shown for original samples in Figure 1, and laboratory aged samples in Figure 2. The influence on softening point and penetration also is larger for Wax S compared to Wax A, especially for original samples.

Storage stability seems to be improved by the addition of wax. Or rather, the softening point is increased to an extent corresponding to what also happens during laboratory ageing in RTFO. Pmb 32 containing no wax is not storage stable, and the softening point is marginally changed after laboratory ageing. Consequently, the softening point initially is increased by the addition of wax, but also further increased if stored or aged. After storage for 72 hours at 180°C, all samples containing wax show a softening point of about 100°C. After ageing, the softening point is about 90-100°C for all samples containing wax. It should be noted about Pmb 32 that the softening point could vary depending on sample preparation temperature and time.

The elastic recovery at 10°C is somewhat decreased by the addition of 3 % wax. At the higher wax level, test specimens break before reaching the elongation length of 200 mm (as specified in the test method). After ageing, all samples containing wax break during the test. Elastic recovery was determined at 10°C (not 25°C) as this is required in the Swedish specification for pmb products.

Also in force ductility at 10°C, all aged samples containing wax break (before elongation to the specified 40 cm according to that test method). As force ductility is considered to be a measure of cohesion and homogeneity of the test sample, the test results indicate a stiffening effect at 10°C related to probably a decrease in cohesion.

Concerning low temperature performance, the breaking point is slightly affected by the addition of wax. Low temperature testing by BBR shows an overall increase in stiffness at -18°C, indicating a negative impact on crack susceptibility at low temperatures, larger by the addition of Wax S than by the addition of Wax A.

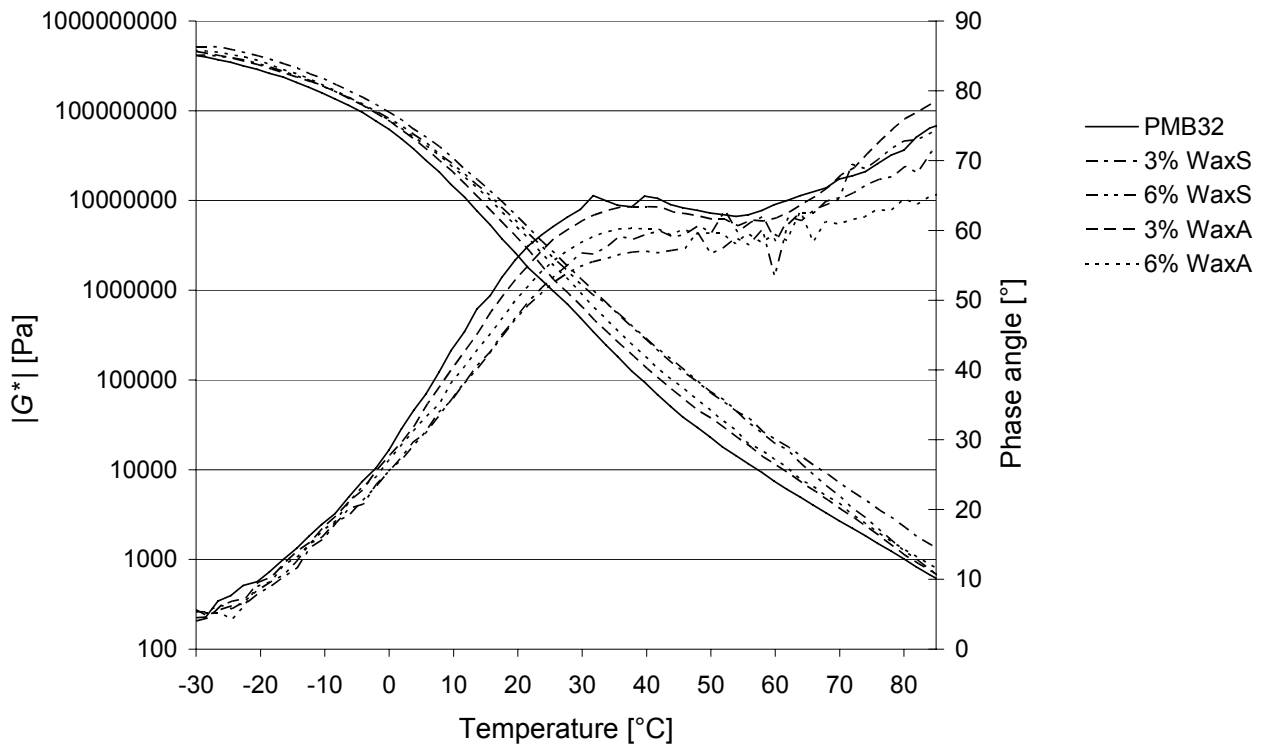
For controlling the low temperature cracking propensity according to SHRP, the BBR test is performed at a temperature 10°C above the expected lowest pavement temperature for the actual PG (Performance Grade). In order to fulfil the requirements, the creep stiffness must not exceed 300 MPa and the m-value must be at least 0,300. A lower limit temperature (LST at which S=300 MPa or LmT at which m=0.300) can be determined from BBR results at two or more different temperatures. This was done based on test results at -18 and -24°C. Additional BBR analyses were performed at -6°C for aged samples containing wax. For original samples, the results show that the limit temperatures were somewhat affected by the addition of wax. The highest stiffness limit temperature (-17°C) as well as highest m-value limit temperature (-12°C) of original samples was registered for the binder containing 6% Wax S. For aged samples, the lower limit temperatures were even more affected by wax additives. For instance, adding 6% Wax S made the m-value limit temperature increase from -18 to approximately -5°C.

Characteristics	Pmb 32	Pmb 32 +3% Wax S	Pmb 32 +3% Wax A	Pmb 32 +6% Wax S	Pmb 32 +6% Wax A
Softening point, °C	74	96	70	94	77
Penetration, dmm	56	39	51	35	45
Breaking point Fraass, °C	-15	-11	-12	-10	-13
Elastic recovery 10°C, %	79	75	73	Break at 7-8 cm	Break at 15- 18 cm
Force ductility 10°C, Nm	5,5	6,7	5,1	5,5	5,6
Brookfield visc. 135°C, mPas	1 636	1 419	1 150	1 192	945
Brookfield visc. 180°C, mPas	299	273	260	239	236
BBR -18°C, S MPa / m-value	225/0,319	234/0,282	214/0,318	314/0,260	212/0,296
BBR -24°C, S MPa / m-value	451/0,259	463/0,230	440/0,225	456/0,222	460/0,238
LST, °C	-20	-20	-20	-17	-20
LmT, °C	-20	-16	-19	-12	-18
Storage stability at 180 °C:					
Softening point top, °C	100	103	95	106	100
Softening point bottom, °C	72	93	94	101	99
DSC wax melted out temp, °C	-	114	112	114	120
<u>After RTFOT</u>					
Softening point, °C	70	94	88	99	90
Penetration, dmm	38	25	28	22	30
Breaking point Fraass, °C	-11	-11	-14	-7	-14
Elastic recovery 10°C, %	65	Break at 6 cm	Break at 9 cm	Break at 2 cm	-
Force ductility 10°C, J/cm <sup>2</sup>	6,1	7,2*	7,3*	5,4*	4,6*
BBR -18°C, S MPa / m-value	239/0,304	303/0,248	294/0,275	363/0,225	299/0,278
BBR -24°C, S MPa / m-value	461/0,234	540/0,216	434/0,221	574/0,197	527/0,212
BBR -6°C		84/0,346	59/0,433	115/0,297	77/0,388
LST, °C	-20	-18	-18	-16	-18
LmT, °C	-18	-8 (-12)**	-15	-2 (-5)**	-16

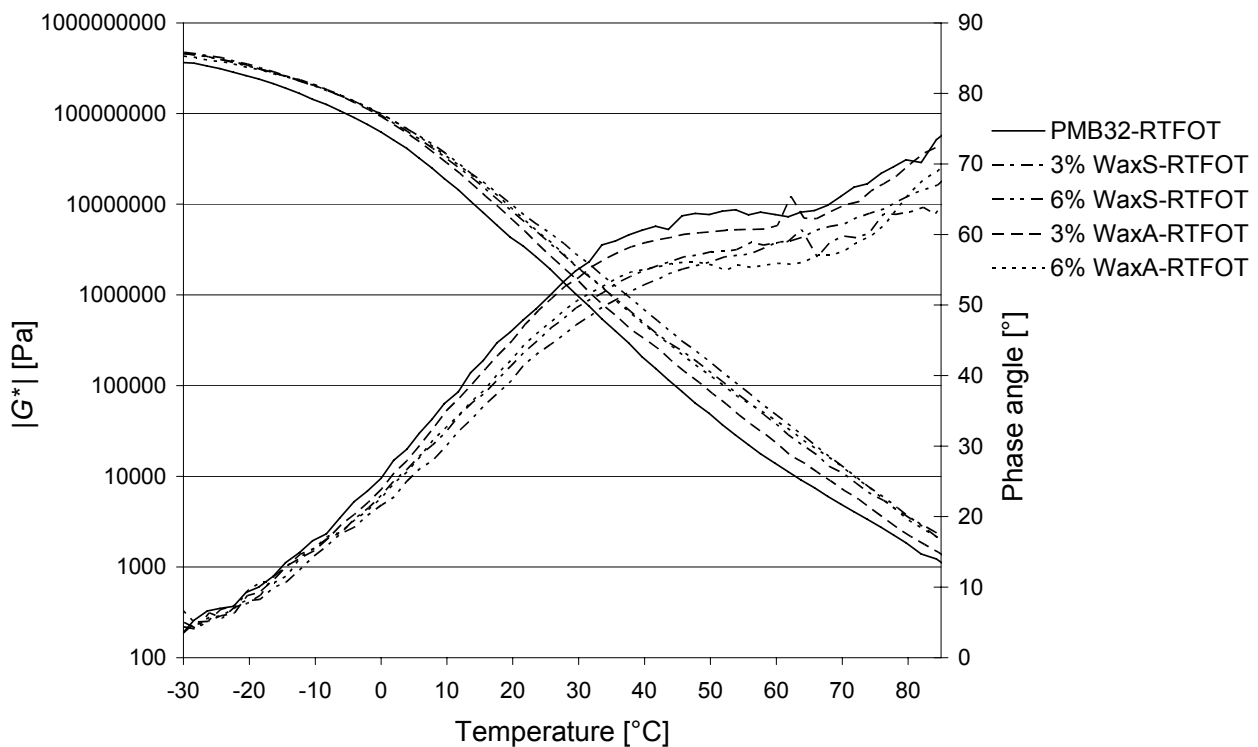
\* Break at ≥ 30 cm

\*\* Estimated from measurements performed at -24, -18 and -6°C.

**Table 2: Test results for Pmb 32 with and without wax additive**



**Figure 1:** DSR temperature sweep from -30 to 80°C at a frequency of 10 rad/s for Pmb 32 containing wax



**Figure 2:** DSR temperature sweep from -30 to 80°C at a frequency of 10 rad/s for Pmb 32 containing wax, after laboratory ageing

## 5. CONCLUSIONS AND FURTHER WORK

Based on results for binder mixtures so far in this study, the following preliminary conclusions may be drawn:

- Both waxes (Wax S and Wax A) have a flow improving/viscosity depressant impact on Pmb 32 at higher temperatures, indicating a possible lower mixing and laying temperature for mastic asphalt products if modified with such waxes.

- Concerning binder performance at temperatures lower than approximately 100°C, there is a stiffening effect due to wax modification, indicating a certain positive effect on stability. This was shown in DSR temperature sweeps, increase in softening point and decrease in penetration value.
- However, this stiffening effect appears also at very low temperatures, indicating a negative impact on crack susceptibility, larger by the addition of Wax S than by the addition of Wax A. Most affected is the lower limit m-value temperature by BBR. For aged samples containing 6% Wax S, this lower limit m-value increased by about 15°C, while the corresponding increase for samples containing 6% Wax A was only 2°C.

Further laboratory testing will be performed on mastic asphalt test specimens containing selected binder mixtures. Indentation value at 40°C will be determined and dimensional stability at 80°C (according to EN 12970, Annex B). The tensile strain restrained specimen test (TSRST) will be carried out as well for further knowledge about low temperature performance of mastic asphalt containing polymer- and wax modified binders.

## 6. REFERENCES

- [1] Edwards, Y. "Influence of waxes on bitumen and asphalt concrete performance". Doctoral thesis in Highway Engineering, ISSN 1650-867X, KTH, Stockholm, Sweden, 2005.
- [2] Barthel, W. "Niedrigtemperaturasphalt durch Zeolith. Wirkungsweise, Effekte und Erfahrungen". Asphalt, Heft 8, 2001.
- [3] Hurley, G.C. and Prowell, B.D. "Evaluation of Sasobit for use in warm mix asphalt". NCAT Report 05-06. National Center for Asphalt Technology, Auburn, USA, 2005.
- [4] Bielenberg, B. Damm, K-W. and Radenberg, M. "Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur von Asphalt durch Zugabe von Bitumenverflüssigern", Abschlussbericht FE 07.203/2002/CRB, 2006.
- [5] Dean, J.P. "Temperature Reduction during Production, Transport and Application". EMAA Congress in Vienna, 2004.



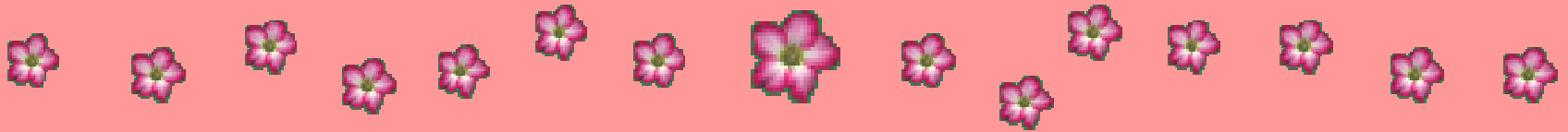
# Swedish experience of modified binders and asphalt mixtures



Ylva Edwards

# Bitumen modifiers

- Anti-stripping additives (amines, hydrated lime, cement)
- Polymers (SBS)
- Fibers



- Crumb-rubber
- Wax

# PMB Arlanda Runway 3

SHRP Superpave PG 64-28 + EN:

- Density at 25°C
- Softening point (R & B)
- Penetration at 25°C
- Elastic recovery 70-90 % (abs. value) at 10°C
- Storage stability after 72 h at 180°C
- Resistance to runway de-icing chemicals

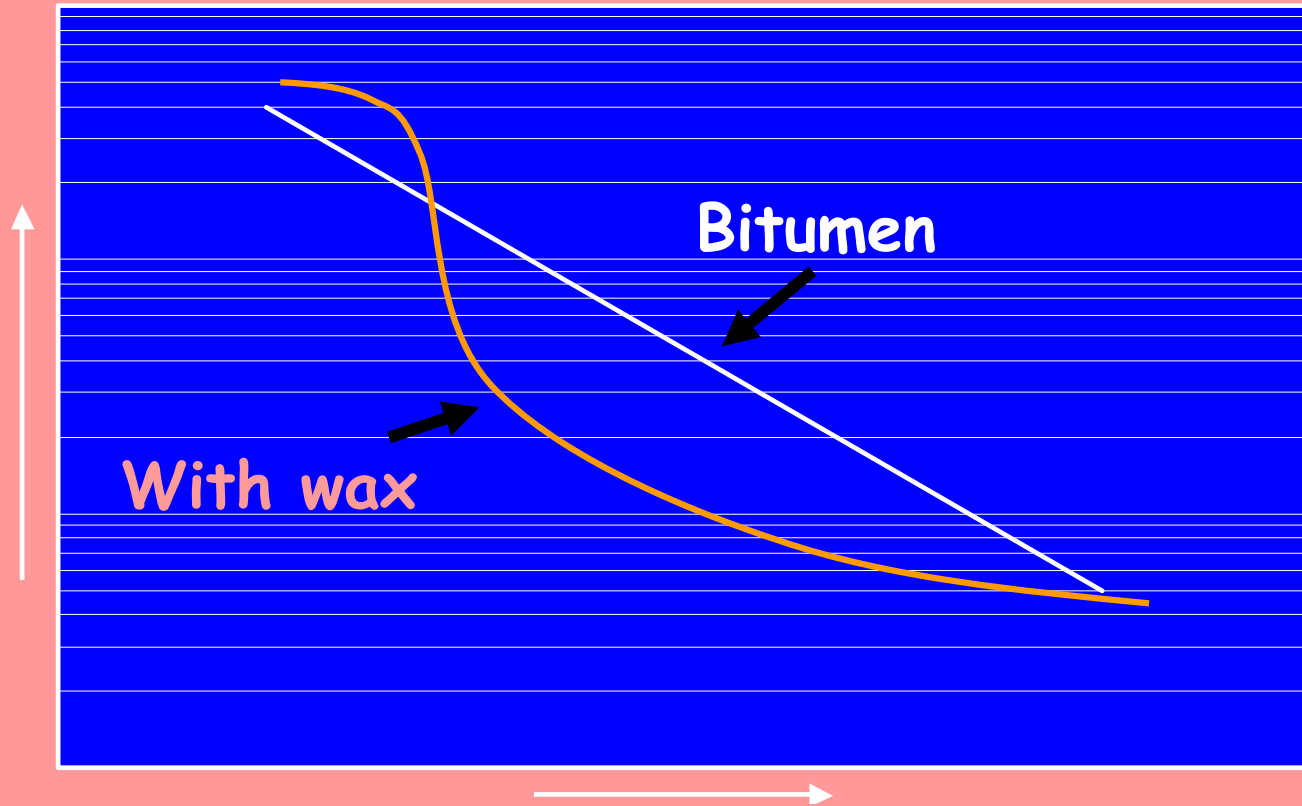


# Swedish project about wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt

- Purpose: to make the asphalt mastic product normally used today for Swedish bridge decks, parking decks and terraces more environment friendly and easier to handle by adding a suitable wax to the pmb.

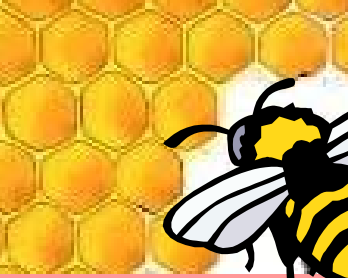


# Influence of wax additive at higher temperatures



# Content of presentation

- Natural wax in bitumen
- Wax as additive in bitumen
- Wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt - A Swedish research project

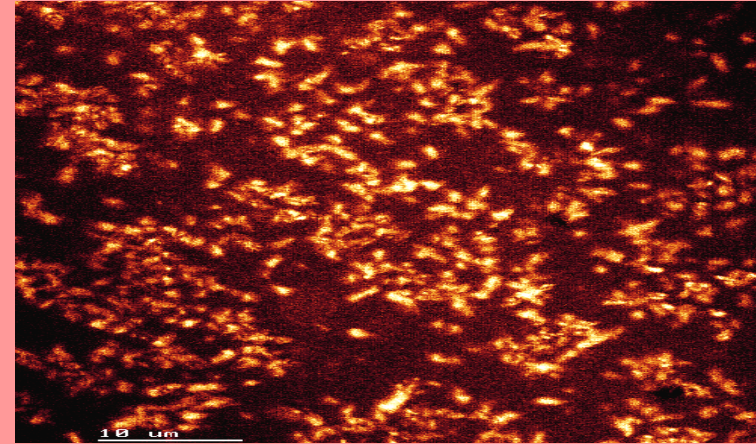


# What is wax?

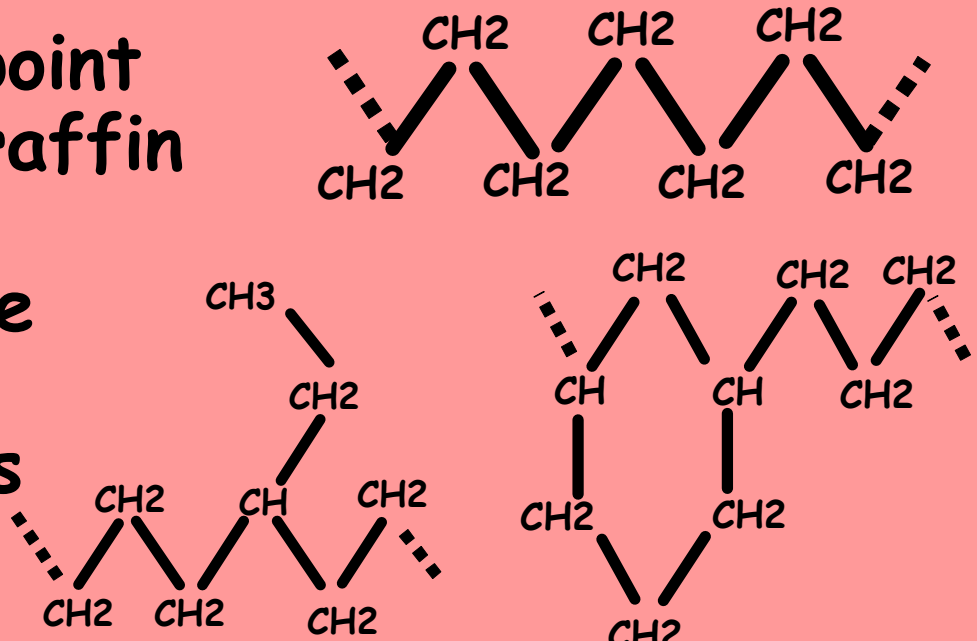
- \* Wax (beeswax)
- \* Wax-like solids and liquids (components)
- \* Synthetic compounds (waxy character)
- \* Generic term for paraffinic crystallizing material with melting point higher than  $\sim 25^{\circ}\text{C}$  in petroleum products

# Bitumen wax categories

✧ Macrocrystalline, microcrystalline, part crystalline/amorphous wax



✧ The wax melting point increases with paraffin chain length and decreases with the amounts of branches and rings



# BITUMEN

Bitumen wax

Microcrystalline wax

Macrocrystalline wax

Other crystallizing bitumen components

cycloparaffins

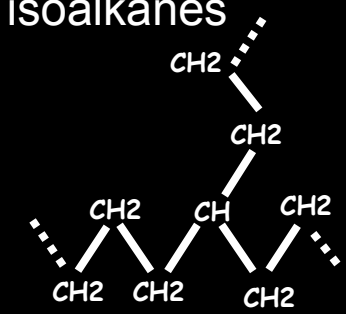
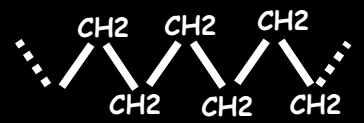
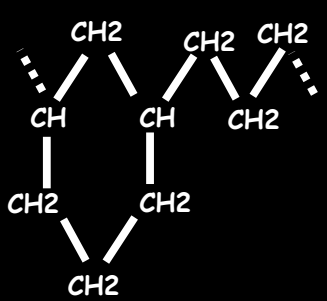
isoparaffins

n-paraffins

cycloalkanes

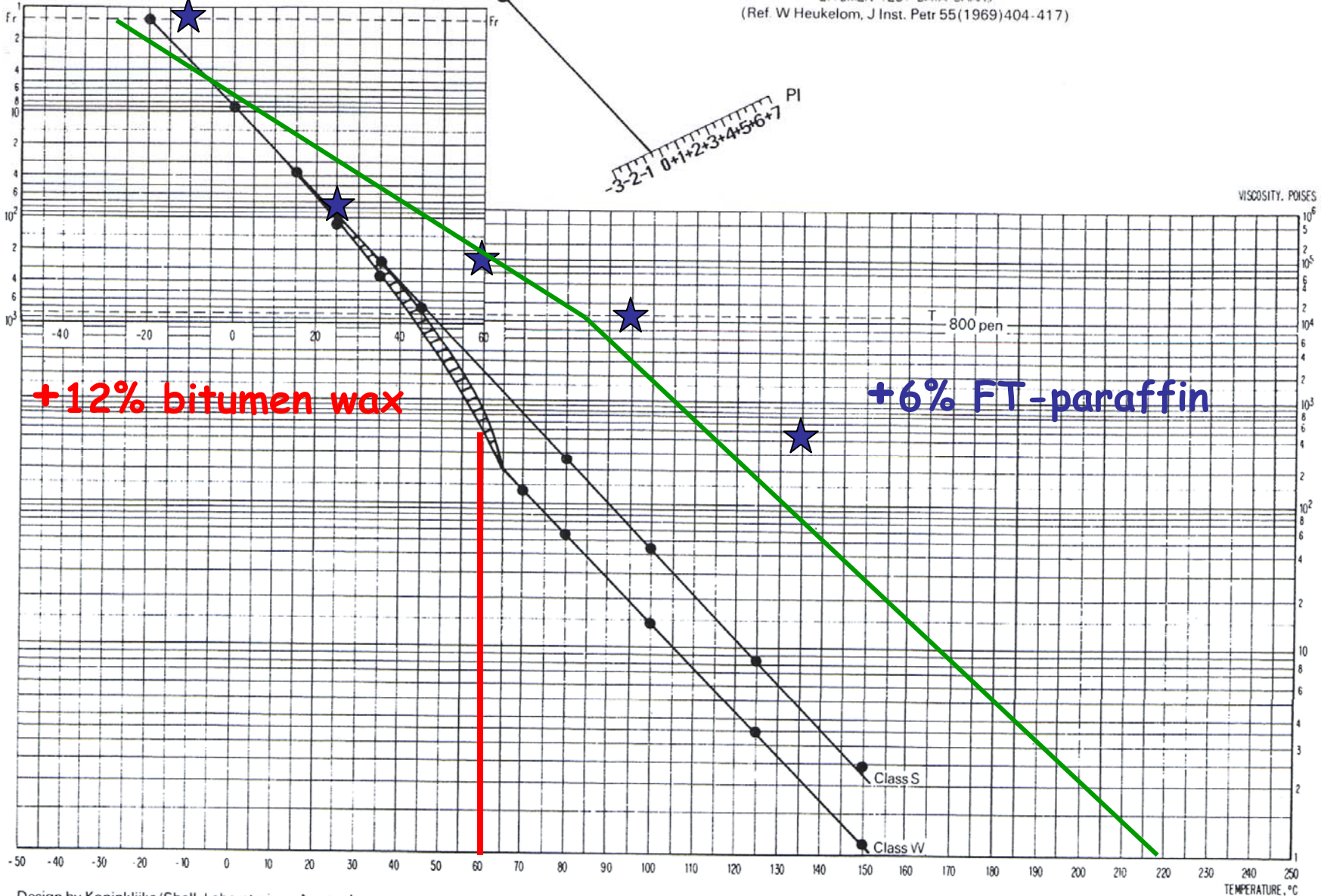
n-alkanes

isoalkanes



PENETRATION, 0.1 mm

BITUMEN TEST DATA CHART  
(Ref. W Heukelom, J Inst. Petr 55(1969)404-417)



+12% bitumen wax

+6% FT-paraffin



# Effects of wax are influenced by:

**Bitumen** - chemical composition and rheological properties;

**Wax** - amount, chemical composition and crystalline structure - linked to crystallinity and melting properties;

Decisive for the effect of wax is the **temperature range of application.**



# Flow improvers (viscosity lowering products)

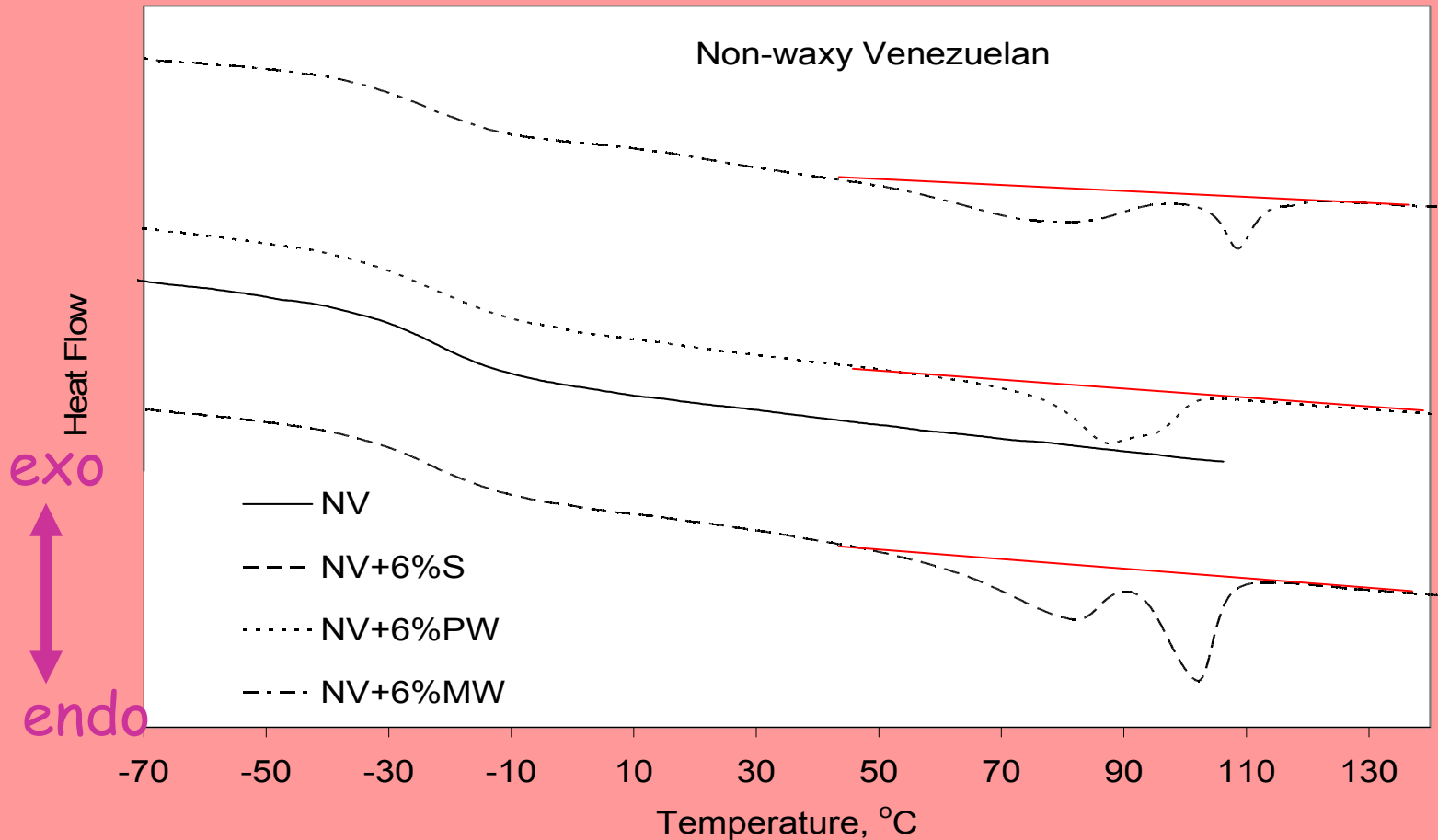
## Products?

- \* FT-paraffin ( $C_{40} - C_{100}$  / mp 70-100°C)
- \* Montan wax (fossil ester wax)
- \* Polyethylene wax
- \* Zeolites
- \* .....

## Why?

- \* Less energy required (softening effect at higher temperatures)
- \* Less emissions (bitumen fume and - aerosol)
- \* Other effects?

# DSC melting proces



# COMMERCIAL wax in bitumen (KTH study 2003-2005)

- \* Magnitude and type of effect on bitumen rheology depend on the bitumen itself as well as type and amount of additive. Bitumen composition  
Intended temperature range.
- \* Effects were mainly of positive or vague nature.
- \* Evaluate in the laboratory your wax modified bituminous product before using it in practice!
- \* More studies! (fatigue, adhesion..)



# Project about wax additive in polymer modified bitumen for mastic asphalt

- Expectations: Lower laying temperature, reduced emissions and less CO<sub>2</sub>.
- The additive must not have any obvious negative effect.



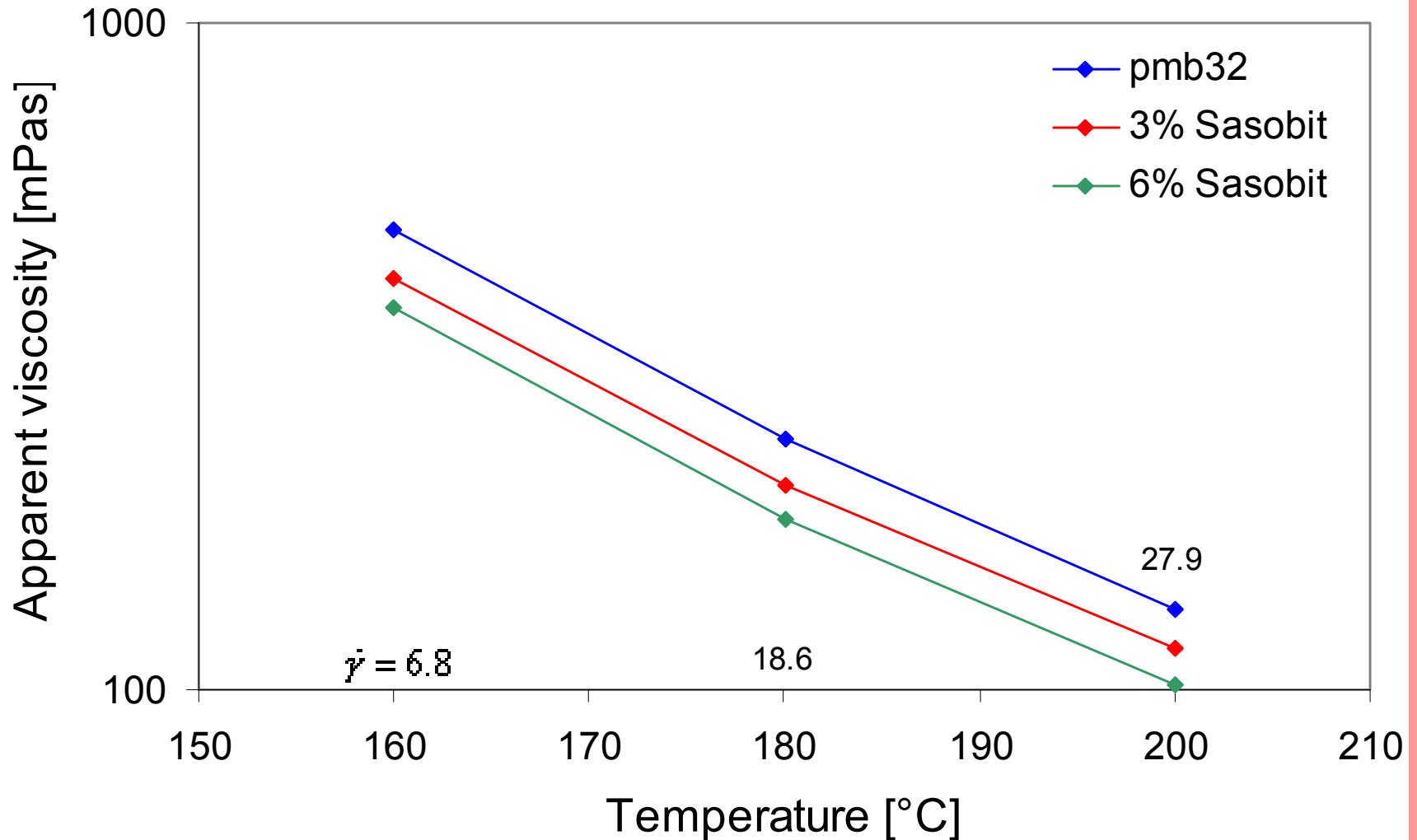
# Project overview



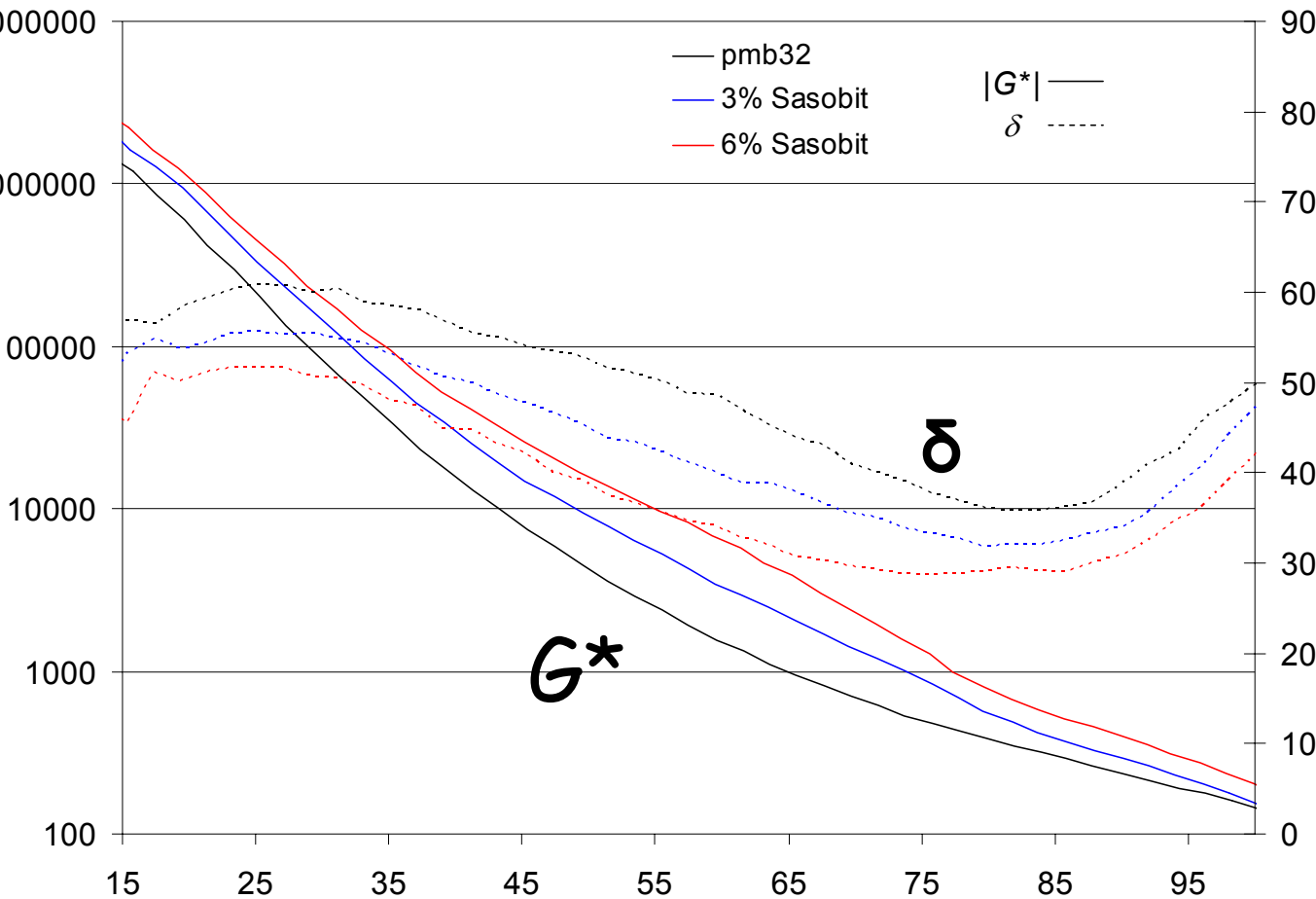
- **Survey** of current knowledge and experience
- **Laboratory study on binder mixtures** (chosen product combinations and wax contents) 
- **Laboratory study on mastic asphalt mixtures** (choice based on laboratory test results for binder mixtures) 
- **Field trials**



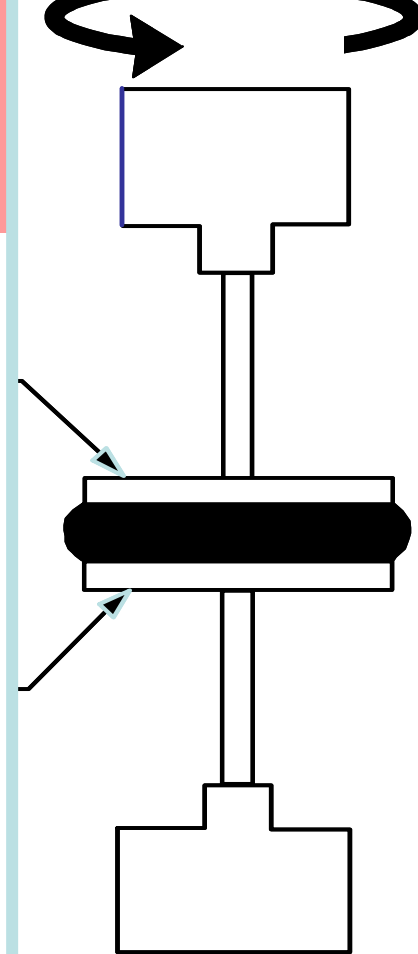
# Viscosity results



# DSR results



Temperature °C



# Pmb 32 + Sasobit or Asphaltan A

<b>Additive</b>	<b>Characteristics</b>	<b>Value</b>
Sasobit, (FT paraffin wax)	Congealing point (ASTM D 938)	100 (°C)
	Penetration at 25°C (ASTM D 1321)	<1 (dmm)
	Penetration at 65°C (ASTM 1321)	7 (dmm)
Asphaltan A, (Montan wax)	Solidification point	120-130 (°C)
	Dropping point	125-135 (°C)
	Viscosity at 150°C	5-20 (mPas)



# Binder Testing

- Softening point (EN 1427)
- Penetration at 25°C (EN 1426)
- Breaking point Fraass (EN 12593)
- Dynamic viscosity Brookfield at 135 and 180°C (ASTMD442)
- Elastic recovery at 10°C (EN 13398)
- Force ductility at 10°C (EN 13589, EN 13703)
- Storage stability at 180°C (EN 13399)
- Chemical characterization using IR and GPC
- DSR temperature sweep from -30 to +80°C at 10 rad/s (AASHTO TP5)
- BBR-analys at -18 and -24°C (EN 14771)
- DSC



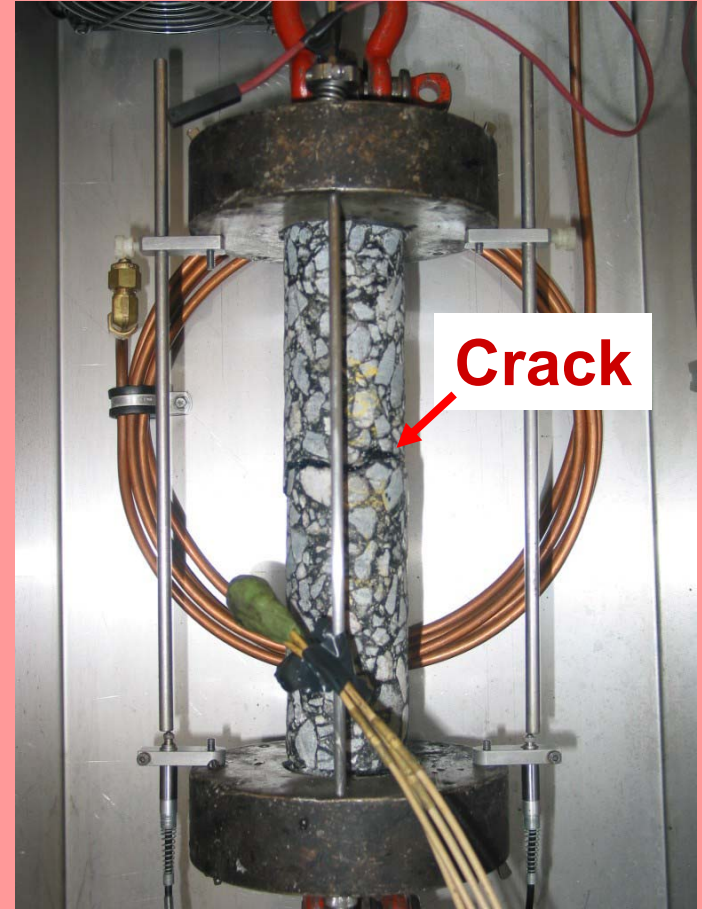
# Effects on low temperature behaviour?

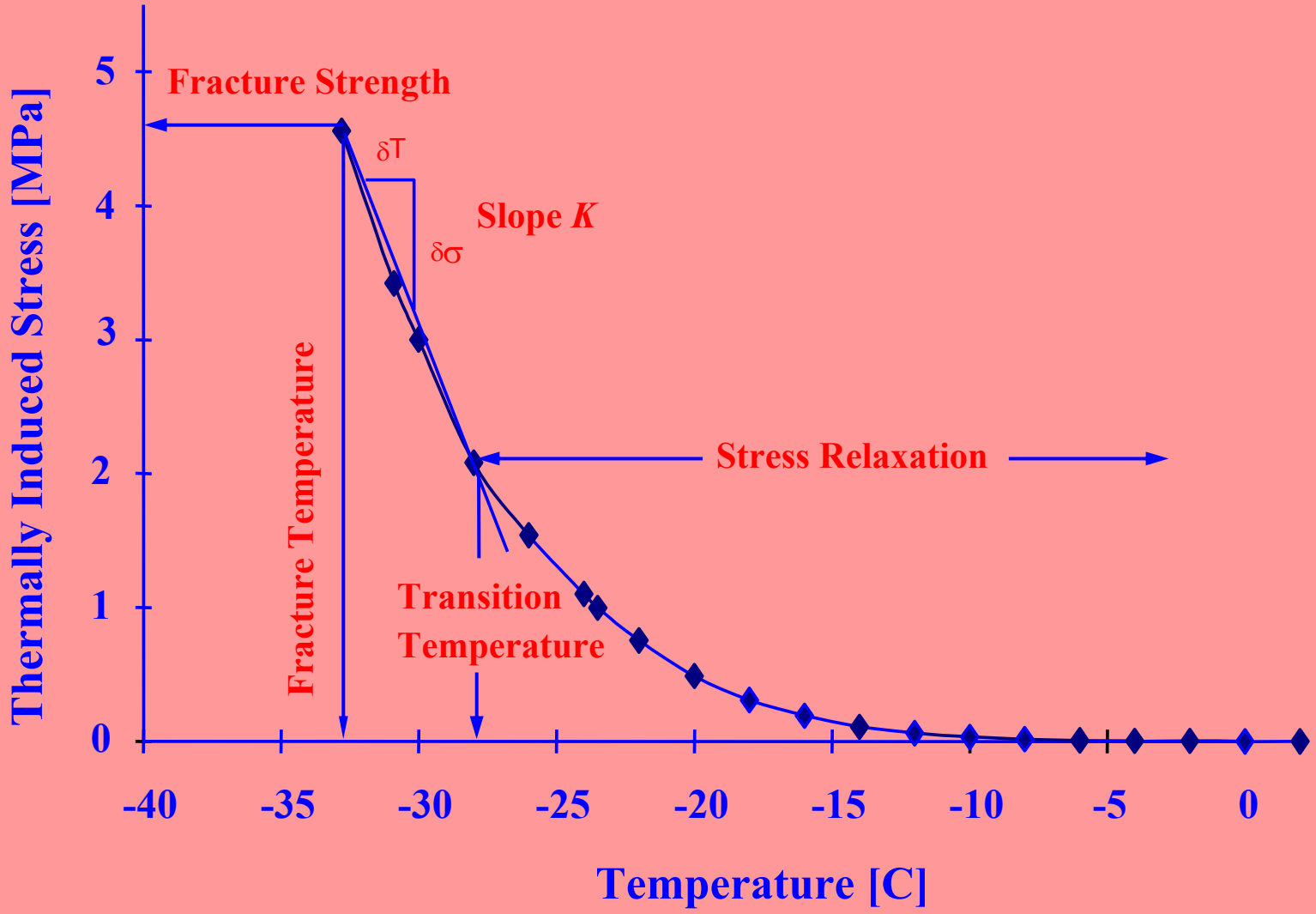
Characteristics	Pmb 32	Pmb +3% S	Pmb 32 +3% A	Pmb 32 +6% S	Pmb 32 +6% A
Breaking point Fraass, °C	-15	-11	-12	-10	-13
BBR -18°C, S MPa /m-value	225/0,319	234/0,282	214/0,318	314/0,260	212/0,296
BBR -24°C, S MPa /m-value	451/0,259	463/0,230	440/0,225	456/0,222	460/0,238
LST, °C	-20	-20	-20	-17	-20
LmT, °C	-20	-16	-19	-12	-18
<u>After RTFOT</u>					
Breaking point Fraass, °C	-11	-11	-14	-7	-14
BBR -18°C, S MPa / m-value	239/0,304	303/0,248	294/0,275	363/0,225	299/0,278
BBR -24°C, S MPa / m-value	461/0,234	540/0,216	434/0,221	574/0,197	527/0,212
LST, °C	-20	-18	-24	-16	-18
LmT, °C	-18	-8	-15	-2	-16

LST is the lower limit temperature at which S is 300MPa

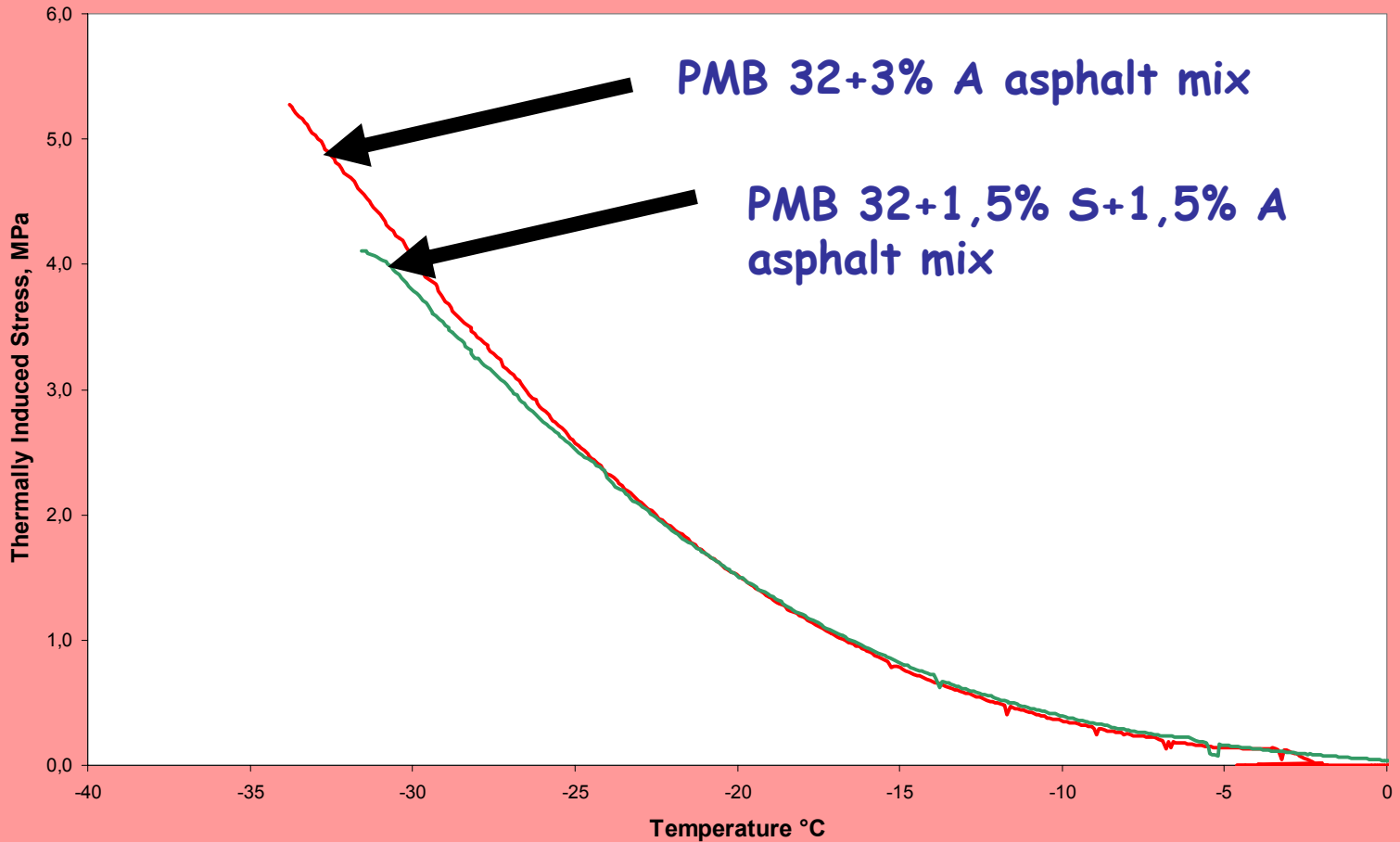
LmT is the lower limit temperature at which m is 0,300

# TSRST





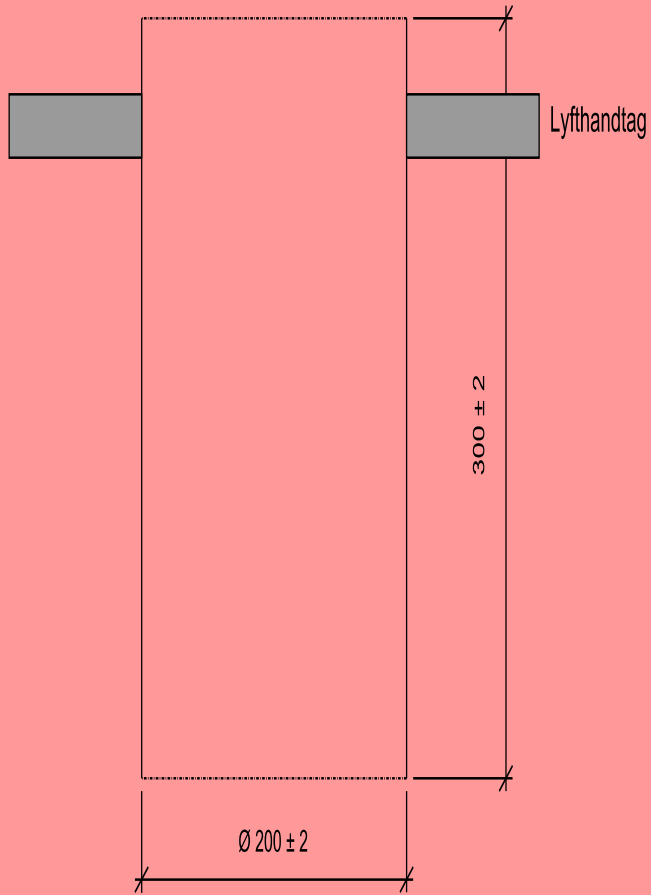
# TSRST test results



# Laboratory study on mastic asphalt mixtures

- TSRST  $< -30^{\circ}\text{C}$
- Indentation value at  $+40^{\circ}\text{C}$  2-5 mm
- Dimensional stability at  $+80^{\circ}\text{C}$   $< 1\text{mm}$
- Slump

# Slump test







SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt



Läggning av gjutasfalt med inblandning av vax vid temperatur +200 grader



Läggning av gjutasfalt med inblandning av vax vid temperatur +230 grader



SBUF 11933

Vax i bitumen för gjutasfalt

### Syfte och mål

- Projektet startade med anledning av att EU krav kan komma att ställas på högsta tillåtna läggningstemperaturen av gjutasfalt skall vara +200 grader.
- På inrådan från KTH och Ylva Edwards fick Gjutasfaltföreningen ett förslag till provningsprogram för att testa polymerbitumens egenskaper tillsammans med vax.
- Målet var att få fram en praktiskt läggbar gjutasfalt vid temperatur under + 200 grader.



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

### Provning av PMB 32 och vax

- KTH utförde en rad prover för att visa om bituminets egenskaper skulle förändras vid inblandning av vax.
- Två olika fabrikat av polymer provades. Sasobit och Asfaltan.
- Även olika inblandningsmängder av vax testades.
- Provresultaten var entydiga och Gjutasfaltföreningen fick rådet från KTH att fortsätta med fullskaleprovning med gjutasfalt med vaxmodifierad pmb 32.



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

Fullskaleprovning med gjutasfalt med vaxmodifierad pmb 32

- Första fullskaleprovningen med vax i bitumen utfördes i Akalla oktober 2007. Där testade vi för första gången sambandet mellan ”upplevd” läggbarhet mot provresultaten med ” FCM, Flytcylindermetoden”.
- Andra provet utfördes i ett parkeringsgarage i Frösundavik juni 2008.
- Tredje provet lades i ett parkeringsdäck vid Huddinge nov 2008.



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

Första provet Akalla

Fem olika recept testades.

- Recept A utan vax inblandning
- Recept B med 3% Sasobit
- Recept C med 3% Asfaltan
- Recept D med 1,5% Sasobit och 1,5% Asfaltan.

Vid ett senare tillfälle testades även ett 5:te recept

- Recept E med 4 % Asfaltan



## SBUF 11933

### Vax i bitumen för gjutasfalt

Vid alla fullskaleprovningar testades gjutasfaltens egenskaper med gängse provningar. Sammanfattningsvis kan man säga att med de aktuella vaxinblandningarna i bituminet med mellan 3% och 4 %, så sker ingen märkbar förändring av stämpelbelastnings- eller stabilitet prov.

Gjutasfalt med polymerbitumen och vaxinblandning får inga väsentliga förändringar, vad det gäller egenskaper, förutom att den blir lättare att lägga vid lägre temperaturer..



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

I projektet har utförts 3 olika utredningar i samråd med KTH.

- KTH Vax som tillsats i gjutasfalt, Ylva Edwards
- KTH Rapport 2007-06, Vax som tillsats i gjutasfalt Ylva Edwards
- KTH examensarbete, Andreas Miderman och Rahman Mizanur



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

Prov av polymerbitumen och vax.

KTH:s provning i projekt ”Vax som tillsats i Gjutasfalt” visade att bitumen inte ändrades till det sämre på avgörande egenskaper.





SBUF 11933

## Vax i bitumen för gjutasfalt

Examensarbete "Gjutasfaltens läggbarhet med inverkan av vax och stenmaterial".

- Examensarbetet "tvingade" fram en ny provmetod, FCM, Flyt Cylinder Metoden.
- Vid analys av de fullskaleprovningar som genomfördes på gjutasfalt kan man säga att tiden till diameter 50 cm är den bästa, för jämförelse med upplevd läggbarhet.
- Stenmaterialet har en avgörande inverkan på läggbarheten. Detta oavsett om man blandar in vax eller inte.



## SBUF 11933

### Vax i bitumen för gjutasfalt

#### Fullskaleprovning

- Vid samtliga provningar har vi kunnat konstatera;
  1. Att 4 % Asfaltan inblandad i PMB 32 medfört en 25-30 graders lägre läggningstemperatur.
  2. Att ytan med vax är lite "mattare" än ytan utan vax.
  3. Att temperatursänkningen medfört betydligt mindre rökutveckling.
  4. Att ytseparation minskat tack vare lägre temperatur. (Medför mindre däckmönstrer på parkeringsytor)



SBUF 11933

Vax i bitumen för gjutasfalt

#### Annan påverkan

- ❑ Projektet har inte undersökt om vaxet har annan miljöpåverkan än att vi kunnat sänka temperaturen med c:a 25-30 grader.
- ❑ Medicinska egenskaper har inte undersökts.
- ❑ Montörerna uppskattar att rök nästan helt uteblir vid läggning under 200 grader.
- ❑ Vax är enkelt att tillföra gjutasfalt vid tillverkning.



## SBUF 11933

### Vax i bitumen för gjutasfalt

#### Ekonomi

- Med de inköspriser som vi idag betalat för smärre mängder vax blir merkostnaden omkring 200 kronor /ton.
- Det medför att kostnaderna för 1 m<sup>2</sup> gjutasfalt i ett parkeringsgarage ökar med omkr 15-20 kronor.
- En viss minskning av energikostnader för uppvärmning kan sänka ovanstående pris.
- En lägre rökutveckling kan innebära besparingar på exempelvis ventilation vid inomhusarbeten. Detta bör dock inte ses som att ventilation inte skall anordnas.



## SBUF 11933

### Vax i bitumen för gjutasfalt

När kan tillverkning av gjutasfalt med vaxinblandning starta?

- Det är fullt tänkbara att omgående starta en produktion med vaxmodifierad gjutasfalt.
- Projektet har visat att vax är en tänkbar väg till förändring av gjutasfaltens egenskaper. Man skall dock ha i åtanke att projektet endast utfört 3 fullskaleprovningar med vaxinblandning.
- Projektet visar dock att branschen snarast skall fortsätta med att lägga vax i gjutasfalten, för att lära mer, och göra de små förändringar som innebär en standardprodukton.



SBUF 11933

## Vax i bitumen för gjutasfalt

### Slutsats

- Vax kan sänka läggningstemperaturen på gjutasfalt så att framtida krav på max 200 grader kan uppfyllas.
- Prisökningen borde kunna vara acceptabel om man tar hänsyn till miljöaspekter för både natur och människa.
- Vax borde även kunna användas i bitumen för vanliga beläggningssmassor.



SBUF 11933

Vax i bitumen för gjutasfalt

Projektet tackar framför allt KTH och Ylva Edwards för hennes framsynthet och stora kunnande när det gäller vår bransch utveckling och behov.

Även ett stort tack till våra examensarbetande KTH:are Andreas Miderman och Rahman Mizanur som gjort ett utmärkt arbete med framtagning av FCM metoden. Andreas och Rahman har haft stor hjälp och stöd i Johan Fredriksson och Jonas Ekblad på NCC Roads BINAB.

Örebro december 2008

Anders Bergman



SBUF 11933  
Vax i bitumen för gjutasfalt

Ekonomisk redovisning

Kalkylen för projektet	750 000:-
Kostnader:	
KTH	415 000:-
Kostnader 2007 BINAB c:a	105 000:-*
Kostnader 2008 BINAB c:a	170 000:-*
Extra kostnader med fullskaleförsök	20 000.-
Projektledning	<u>145 000:-</u>
Summa	855 000:-
Anslag från SBUF	<u>- 450 000:-</u>
Finansiering via GAFS o NCC Roads	405 000:-
*I kostnaderna ingår examensarbetet.	