Miljøtilpassede belægninger

Hovedemne på forbundsudvalgsmøde i Sønderborg, DK
d. 7. juni – 9. juni 2009

Belægninger

Sammensat og redigeret af	Ernst Nielsen og Tina Jacobsen
Titel	Miljøtilpassede belægninger
Serie	NVF-rapporter

NVF rapporter ligger på NVF's hjemmeside:
www.nvfnorden.org

Indholdsfortegnelse

1.	**Forord**	**1-332**
2.	**Sammenfatning**	**2-332**
3.	**Summary**	**3-332**
4.	**Yhteenveto**	**4-332**
5.	**Hovedemne 2009**	**5-332**
5.1	Indledning	5-332
5.1.1	Erfaringer fra Tyskland af Lothar Drüschner, Deutag	10-332
5.1.2	Indlæg på møde af Lothar Drüschner, Deutag	19-332
5.1.3	Dansk årsrapport	59-332
5.1.4	Dansk indlæg på møde	70-332
5.1.5	Finsk årsrapport	84-332
5.1.6	Finsk indlæg på møde	106-332
5.1.7	Islandsk årsrapport	124-332
5.1.8	Islandsk indlæg på møde	127-332
5.1.9	Norsk årsrapport	140-332
5.1.10	Norsk indlæg på møde	164-332
5.1.11	Svensk årsrapport	184-332
5.1.12	Svensk indlæg på møde	198-332
5.2	Gruppearbejde	216-332
5.2.1	Spørgsmål til gruppearbejde	224-332
5.2.2	Kort status på gruppens diskussion af spørgsmål	229-332
6.	**FoU**	**232-332**
6.1	DK: Laboratorieforsøg med temperaturnedsættende additiver	233-332
6.2	Dansk indlæg på møde	239-332
6.3	SF: Scenarios for funding needs and condition development in network level pavement maintenance	255-332
6.4	Finsk indlæg på møde	265-332
6.5	N: Nyutviklet bonuskontrakt for asfaltarbeider	279-332
6.6	Norsk indlæg på møde	283-332
6.7	S: Bestämning av styvhetsmodul enligt EN 12697-26	306-332
6.8	Svensk indlæg på møde	313-332

Bilag

Bilag 1. Mødeprogram for forbundsudvalgsmøde d. 8. juni 2009

Bilag 2. Deltagerliste

Bilag 3. Gruppesammensætning

1. Forord

Udvalget for Belægninger i NVF, Nordisk Vejteknisk Forbund, har arbejdet med miljøspørgsmål i mange år. Allerede i 1997 besluttede udvalget at hovedemnet på forbundsudvalgsmødet i 1998 skulle omhandle miljøspørgsmål og miljøpåvirkning. I år 2000 udkom rapporten "Asfaltens grønne bog" og i 2008 udkom så "Opfølgning på asfaltens grønne bog", hvilket var behandlet på årsmødet i Reykjavik i 2003.

De seneste år er der fokuseret endnu mere på klima, miljø og reducering af drivhusgasser. Hovedemnet for arbejdet i udvalgene i 2008/2009 er derfor "Miljøtilpassede belægninger", der fokuserer på asfalt produceret ved en lavere temperatur end normalt.

Branchen forsøger igen gennem arbejdet i NVF's udvalg for belægninger at komme med bidrag til at løse en del af miljøproblematikken på en måde, der sikrer kvaliteten for produktet.

Rapporten er udarbejdet af Ernst Nielsen og Tina Jacobsen.

Silkeborg, juni 2009

Lotte Josephsen
Formand i det danske udvalg for belægninger

2. Sammenfatning

Årets hovedemne har været "Miljøtilpassede belægninger". Emnet har været behandlet i alle medlemslande, hvor der er indsamlet oplysninger fra producenter og bestillere om erfaringer med Warm Mix Asfalt og lignende produkter, der fremstilles ved lavere temperatur end traditionel Hot Mix Asfalt.

Ved årsmødet i Sønderborg var fremmødt 51 mødedeltagere og 26 ledsagere. På mødedagen var Lothar Drüschner fra det tyske Deutag gæstetaler. Han gennemgik de tyske erfaringer fra mere end 20 år med temperaturreducerende additiver. Desuden deltog Anders Hundahl, direktør for Asfaltindustrien i Danmark, for at høre om årets arbejde i udvalget for belægninger.

Alle landes "state of the art" rapporter behandler miljøtilpassede belægninger positivt, og der findes en tro på, at Warm Mix Asfalt og Semi Warm Mix Asfalt kan være fremtidens melodi. Alle er enige om, at der mangler erfaringer med holdbarhed og kvalitet på produkterne fremstillet ved lavere temperatur og tilsat additiver. Der er også et ønske om, at der skal være en større villighed fra bestilleres side til at turde udlægge materialer, hvor alt ikke er dokumenteret. Der er dog også lidt kritik og skepsis mod produktion ved lavere temperatur, da der er mange andre steder man kan sætte ind for at mindske klimapåvirkningen end ved selve produktionen – eksempelvis ved bedre logistik under udlægning.

Ved festmiddagen på Sønderborg Slot efter mødet deltog repræsentanter for Sønderborg Kommune – formand for Teknik- og Miljøudvalget Erik Lauritzen og informationschef Kristian Pallesen. Sønderborg Kommune var vært for en frokost på Alsion på den tekniske tur om tirsdagen.

Til forsknings- og udviklingskonkurrencen var der i år fire deltagere – de havde fire meget forskellige emner relateret til belægninger, der alle blev flot præsenteret på mødedagen. Vinderen blev Pekka Mild fra Finland, der fortalte om en ny beregningsmodel for analyse af vejbelægningers nedbrydning og finansiering på lang sigt.

Næste år er der årsmøde i Sverige med et nyt emne – men det er nok ikke sidste gang, at miljø og klima er på dagsordenen i udvalget for belægninger.

3. Summary

The main subject of this year was "Environmentally adjusted road pavements ". The subject has been treated in all membership countries, and information has been gathered from producers and customers on the experience of using Warm Mix Asphalt and similar products which are produced at a lower temperature than traditional Hot Mix Asphalt.

51 members and 26 companions took part in the annual meeting in Sønderborg. Mr Lothar Drüschner from the German Deutag was invited to speak. He summarized the German experiences from more than 20 years with med temperature reducing additives. Furthermore Mr Anders Hundahl, Director of The Asphalt Industry in Denmark attended the meeting to learn of this year's work in the Committee for Road Pavement.

"State of the art" reports from all member countries has a positive view on environmentally adjusted road pavement, and believe that Warm Mix Asphalt and Semi Warm Mix Asphalt can be items of the future. All agree that more experience on durability and quality of the products made at low temperature with additives, would be desirable. It is also a wish that the customers would show willingness to use pavements that are not all fully documented. There is also a little criticism and scepticism of the production at low temperatures, as there are many other places that the influence on climate can be affected, leave alone the production itself – e.g. by improving the logistics when paving.

Representatives from the Municipality of Sønderborg attended the banquet on Sønderborg Castle after the meeting, the chairman of the Committee for Engineering and Environment Mr Erik Lauritzen and Head of Dept. for Information Mr Kristian Pallesen. The Municipality of Sønderborg hosted a lunch on Alsion on Tuesday's technical tour.

This year the research and development competition had 4 participants – they presented 4 very different subjects, all related to pavement. The winner was Mr Pekka Mild from Finland, who told of a new calculation model for analyses on the degradation of road pavement and long term financing.

Next year the annual meeting is in Sweden with a new subject – but this will not the last time that environment and climate in on the agenda in the Committee for Road Pavement.

4. Yhteenveto

5. Hovedemne 2009

5.1 Indledning

De seneste års stigende energipriser samt den forøgede fokus på reduktion af udledning af drivhusgasser betyder, at der også på asfaltområdet er søgt efter nye teknikker til at reducere energiforbruget.

Årets hovedemne er "Miljøtilpassede belægninger" og udspringer af det tidligere arbejde med "Asfaltens grønne bog", der senest er revideret i 2003.

Hvert land har udarbejdet en "state of the art" rapport over anvendelsen af forskellige metoder, der overordnet går ud på at sænke produktionstemperaturen for asfalten.

Følgende asfalttyper er behandlet som "lav energi belægninger":

- Warm Mix Asfalt
- Semi Warm Asfalt
- Cold Mix Asfalt
- Emulsioner og biobitumen i overfladebelægninger kontra cutback bitumen.

Rapporterne indeholder en status på følgende:

- Temperaturintervaller for de forskellige asfalttyper
- Erfaringer med asfalttyper
- Vurdering af miljø/kvalitet/økonomi og levetid sammenlignet med traditionelle metoder.

På forbundsudvalgsmødet (se bilag 1 for mødeprogram) i Sønderborg d. 7. - 9. juni 2009 deltog Lothar Drüschner fra det tyske firma Deutag. Han fortalte om erfaringerne i Tyskland med Warm Mix Asphalt, hvor man har arbejdet med temperaturreducerende additiver i over 20 år. Hans artikel og præsentation er medtaget i denne rapport.

På forbundsudvalgsmødet præsenterede de enkelte lande deres arbejde med en oversigt over status på materialer, erfaringer med produktion og kvalitet af de udlagte belægninger samt de afledte miljøgevinster. Hvert lands "state of the art" rapport og præsentation er medtaget i denne rapport. Færøerne har ingen erfaringer på miljøtilpassede belægninger og har derfor ikke udarbejdet nogen rapport.

På mødet blev udvalgsmedlemmerne opdelt i 6 grupper og diskuterede udvalgte spørgsmål indenfor området. En ordførende fra hver gruppe (angivet med blåt i bilag 3) præsenterede i plenum gruppens diskussion af de givne spørgsmål. En kort status over de enkelte gruppers input er indeholdt i rapporten.

Forsknings- og udviklingskonkurrencen er en fast tradition på programmet. I år var der fire deltagere i konkurrencen og deres bidrag var meget forskellige. Alle artikler og præsentationer er med i rapporten.

5.1.1 **Erfaringer fra Tyskland af Lothar Drüschner, Deutag**

Experience with Warm Mix Asphalt in Germany

Lothar Drüschner

DEUTAG GmbH & Co.KG
Schachtstraße 25
31241 Ilsede
drueschner@deutag.de

1. General

Additives which lower the paving temperature have been used in Germany for over 20 years. However, they have not been used for lowering the temperature, but for better workability of mastic asphalt. The liquidising effect of the additive, a romontan wax, is taken advantage of.

Later, in about 1995, one company starts to experiment with zeolite as a viscosity-changing mineral additive in a research project. The point here was precisely the lowering of the production temperature and paving temperature. At about the same time, Fischer-Tropsch wax and fatty acid amide were offered on the market as additives for lowering the temperature. At first, this was done with the use of mastic asphalt in mind. From 1997 onwards, Fischer-Tropsch wax, fatty acid amide and montan wax were also used in rolled asphalt.

The activities for this construction method were initially supported and furthered by the German Asphalt Association and later by the German Road and Transportation Research Association. In 2006, the “Information Sheet for Warm Mix Asphalt” was issued by the German Road and Transportation Research Association. This information sheet is being revised at the present time.

Meanwhile, a variety of additives and procedures for lowering temperature, with differing modes of operation, are being offered in the domestic and foreign markets. It does not in each case have to do with so-called warm-mix asphalt. Some techniques are emulsion based mixtures or foaming techniques which are carried out under 100 °C.

In what follows, only the techniques for lowering temperature will be discussed which, with additives, achieve a lowering of approximately 30°C in comparison to conventional asphalt. One mineral additive and several variants of organic additives are applied in Germany.

The first tests and technical applications were made with mastic asphalt floor screed in buildings, since the production and paving temperatures are highest here. Only the organic additives were used here. The mineral additive cannot achieve a long-lasting lowering of the temperature with mastic asphalt during the transportation and paving phase. The use of mineral additive is limited to rolled asphalt. The attempts with organic additives with mastic asphalt were successful. For this reason, the next obvious step was to use the additives for mastic asphalt in road construction and also for rolled asphalt. A failure in was detected in at least one additive with the rolled asphalt. While the additive can be homogeneously mixed into mastic asphalt due to the transport, the short mixing time in the mixing plant for the rolled asphalt is insufficient for the attainment of a homogeneous distribution. For this reason, ready-to-use binders which already contain the additive are generally used.

2. Temperature Reducing Additives and Ready-mixed Binders in Germany

As has already been mentioned, there are mineral-based and organic-based additives on the German market. These additives are approved by the Federal Road Research Laboratory, a department of the Federal Ministry of Transport on the basis of test sections. For mastic asphalt, there are 2 additives and one ready-mixed binder. The additives are Asphaltan A, a montan wax, and Sasobit, a Fischer-Tropsch wax. The fatty acid amide Licomont is used for the ready-mixed binder Sübit.

There is a wider selection with the additives for rolled asphalt. These are the products Asphaltan B, a montan wax with fatty acid amide, the FT-wax Sasobit and aspha-min. Aspha-min is the mineral additive based on zeolite.

Compared to mastic asphalt, the selection of ready-mixed binders is wider for rolled asphalt. This difference is due to the problem of homogeneous mixing-in and the higher production proportion of the rolled asphalt. In particular, there is the Shell binder with the designation Mexphalt 45 S and the BP binder with the designation Olexobit NV 45. It is not officially known which additives are used for temperature reduction. The SMB 35 and SMB 45 are produced on the basis of Sasobit and are products of Sasol. The binder Sübit 45 is also based on the fatty acid amide Licomont.

To sum up,

4 groups used in Germany can be listed:

- based on a mineral additive
  - Zeolite (aspha – min)
- based on an organic additive
  - Fischer-Tropsch wax (FT wax)
  - Licomont (fatty acid amide)
  - Montan wax

Other variants, such as chemical additives, foam bitumen with drying of the mineral aggregates or modified mixing processes are not being used in Germany at the present time. Nor do the low-viscosity vegetable based binders play a role in Germany. The additives for these binders have the effect of softeners, so that deformation must be reckoned with in heavy duty traffic.

3. Mode of Operation

The input of zeolite in the form of aspha-min amounts to 0.3 %, or 3 kg for each tonne of asphalt. The zeolite develops into a disperse steam when the binder is added in the mixer. This steam is emitted selectively between 70 °C and 220 °C. The effect lasts about 6 hours. The steam leads to foaming and an increase in volume of the binder which can more easily coat the mineral materials. In order to make use of the effect of the temperature reduction, the temperature of the mineral materials is then lowered by 30 °C. This procedure is designated as a foaming technique.

It is important to know that the aspha-min cannot be stored at temperatures under -15 °C. Moreover, the addition of aspha-min does not change the characteristics of the binder or of the asphalt.

How do the additives work?

First of all, let us take the mineral additive zeolite. Zeolites are silicates which can take on foreign molecules in their interiors and then emit them again. In road construction, only the so-

called A-type zeolite with a pore size of 2 to 5 Å is used. It only reacts with water. Industrially manufactured zeolites contain up to 20% crystal water.

The viscosity-changing organic additives lower the viscosity of the binder at high temperatures and thus make possible the reduction of the mixing and paving temperatures. This decrease in viscosity is suspended below the solidification point of the additive or even vice versa. Through this, there is an improvement in the asphalt's resistance against deformation.

In detail:

The fatty acid amide as an additive for lowering temperature is a mixture of different fatty acid amides distributed under the name of Licomont BS 100. The fatty acid amides are manufactured synthetically. Organic acids and ammonia are the basis of this. The typical specific values of the fatty acid amide are the melting range from 140 to 145 °C and the solidification range from 135 to 145 °C. At an addition amount of 3 %, referring to the amount of binder, the softening point is raised by 40 to 55 °C after the bitumen is cooled and the penetration is decreased by 10 to 15 1/10 mm. During the cooling, the fatty acid amides also form crystals which lend the binder a greater stiffness.

Montan wax is a plant wax which is gained by extraction from brown coal. It is classified in the group of montan acid esters. The specific values vary according to the composition. For this reason, wide ranges for the melting range from 110 to 140 °C and for the solidification range from 100 to 130 °C are indicated. For the same reason, no specific values are indicated for the specific values of softening point and penetration for the bitumen, added to the montan wax. The montan wax forms crystals in the bitumen during the cooling, which increases the stiffness of the binder.

A short chemical excursion:

Fischer-Tropsch waxes are aliphatic hydrocarbons and belong to the paraffin group. The FT-waxes result as a by-product from the synthetic petrol production that is still carried out in South Africa. The path leads from the coal, over which water vapour is led and results with a catalyst to various paraffin-based products. The main portion is fuel. The proportion of paraffin amounts to about 10%.

In principle, it is pointless to add paraffin to bitumen, since this is detrimental to the behaviour of the bitumen over the long term. For this reason, paraffins are also designated as waxes, in order to attain a separation between paraffin and wax as the same designations.

Compared to the paraffins in the bitumen, the FT waxes are long-chained, meaning that their physical characteristics are different. A larger number of C atoms means a higher melting point of the material. The FT waxes have a higher melting point than the paraffins in the bitumen. Melting point, is not the correct term here: it would have to be melting range, since the Fischer-Tropsch wax, like the paraffin in the bitumen, consists of a mixture of different paraffins.

The FT wax is a white powder or granulate. The melting range lies between 114 and 120 °C and the solidification range between 100 and 105 °C. During the cooling phase, the FT wax crystallises and stiffens the binder. After the bitumen solidifies, the softening point r+b rises by 20 to 35 °C and the penetration falls by 15 to 25 1/10 mm at an addition amount of 3 %, referring to the binder amount.

To sum up, it is established that the organic additives form a crystal grid in the binder after the cooling, thus changing the binder's viscosity characteristics: the binder becomes stiffer. The viscosity is increased. The crystal grid is dissolved above the solidification point and the binder becomes more viscose. This effect is desired; the processing area of the binder can at least be shifted to the solidification range of the additive. No more compaction is possible only when the viscosity is higher than that of the bitumen without additive.

The binder characteristic is not changed with the mineral additive zeolite. The effect wears off when the water has been used up.

In the following section I shall deal with FT wax. There are three reasons for this. The first reason is that we have carried out many investigations with FT wax. The second reason is that the romantan wax was not so widely used in northern Germany. The third reason is that the binder Sübit VR 45 with Licomont is primarily used in southern Germany. It is manufactured in Karlsruhe.

4. Investigations with FT Wax

The pure FT paraffin is examined with Differential Scanning Calorimetry. When heated up, it melts at between 65 and 118 °C. When it cools down, the crystallisation begins at 105 °C and is completed at 65 °C. The difference for the temperature of crystallisation between heating-up and cooling-down is also found for other substances and depends on the cooling rate.

The Differential Scanning Calorimetry investigations with bitumen with different amounts of FT paraffin and different cooling rates show that the temperature of the beginning of the crystallisation of the FT wax in bitumen depends on the FT wax concentration and the cooling rate. At an addition of 3% FT wax to bitumen 50/70 and a cooling rate of 2°C/min, the FT wax begins to crystallise at around 85 °C. This means that the viscosity reducing effect remains constant up to this temperature. In practice, however, the paving is finished at this temperature.

A corresponding illustration shows the investigation with the Dynamic Shear Rheometer, here for bitumen 50/70 and bitumen 30/45. These bitumens were respectively mixed with 3 % FT wax. The change of the complex modulus through the addition of FT wax is obvious.

This effect can naturally be recognised in the investigation of the softening point and penetration as well. The softening point rises continually with the addition amount of FT wax. Correspondingly, the penetration is decreased. In the present case, a bitumen 50/70 has been displaced with different amounts of FT wax. In the usual addition of 3 % FT wax, a softening point above a bitumen 20/30 of about 80 °C is measured for the binder mixture.

The penetration lies in the area of a bitumen 20/30. Changes in the softening point and penetration continue to be measured up to an addition of FT wax of approximately 6%. Larger additions only lead to slighter changes.

With different straight-run-bitumens, the softening point rises correspondingly. With an addition of 6 % FT wax, however, a comparable value for all bitumen types is determined. This means that the binder viscosity has no more influence. Moreover, the use of over 6% FT wax makes no sense on the basis of the softening point.

The DSR-diagram shows the behaviour of a bitumen 50/70 compared with a bitumen 50/70 with 3 % FT wax. The complex module G* of the bitumen 50/70 with FT wax increases under 80 °C and decreases above 80 °C. Here, again, the area of crystallisation of the wax is shown. However, already at 80 °C, an influence of the crystallisation is measured at the phase angle. Above 80 °C, the phase angle corresponds to that of the bitumen 50/70. The bitumen and also the mixture of bitumen and FT wax react only in a viscous manner. Below 80 °C, the variant with the FT wax assumes a clearly elastic behaviour.

This slide shows the influence of different proportions of FT wax to bitumen 50/70 on the complex module G* at 40 °C. The temperature of 40 °C approximately corresponds to the average surface temperature during the summer in Germany. G* increases exponentially with an increasing proportion of FT wax. The coefficient of determination is calculated with 0.94.

Correspondingly the phase angle decreases, as shown in this slide. It can basically be established that the binder assumes a stiffer and more elastic behaviour with an increased proportion of FT wax. The coefficient of determination is calculated with 0.93.

The investigation of the Fraass breaking point of mixtures of bitumen 70/100 with FT wax also results in an interesting picture. At first, the breaking point is not changed through the addition of FT wax. It remains at the level of the original binder. Starting with the addition of 5 % FT wax, however, the breaking point is shifted to higher temperatures – to be sure, the increase is not dramatic when the precision of the testing procedure is included.

It is well known that the Fraass breaking point only delivers empirical data. For this reason, investigations with the Bending Beam Rheometer have also been undertaken. The stiffnesses were measured at -15 and at -18 °C. The binder with the abbreviation HVB is used for mastic asphalt for flooring. It is a hard bitumen with a softening point around 100 °C. It was also investigated in order to make a comparison.

The bitumen 50/70 attains the SHARP criterion of a maximum of 300 MPa at -16 °C. Through the addition of 3% FT wax, the stiffness is shifted in the direction of 300 MPa at – 16 °C. At -18 °C, even the lowest stiffness was measured for the bitumen 50/70 variant modified with FT wax. This could, however, be due to an error in measurement. Nonetheless, one can state, with the help of the measurement values of Fraass breaking point and stiffness with the Bending Beam Rheometer, that there is no essential change in behaviour in the cold attained through the addition of FT wax in the amount of up to 3% compared to the bitumen 50/70.

The ductility at 25 °C is sufficient, up to 6% with the addition of FT wax to bitumen 50/70 and lies over 100 cm. The ductility only decreases when the addition is over 6 %.

Things are different when the ductility at 13 °C is measured. 13 °C is the testing temperature for bitumen 50/70. The ductility falls to practically zero already when 1% FT wax is added to bitumen 50/70. This means that the ductile behaviour of the binder through the addition of wax is considerably restricted.

The m-value was determined by the investigation with the Bending Beam Rheometer. Compared to bitumen 50/70, the same bitumen with an additive of 3% FT wax shows (in the test with the Bending Beam Rheometer at -16 °C) only a slight failure to attain the SHARP criterion of at least 0.3. At this testing temperature, which corresponds through superposition to an actual temperature of -26 °C, the binder mixture suffers no cracks and could still be designated as rather capable of relaxation. It is basically recommended, that the asphalt behaviour be tested when used at low temperatures. So far, no damages due to cracks caused by coldness have been observed in Germany. The cooling speed appears to be decisive in the evaluation of the behaviour during cold weather.

5. Mix Design

For the first road construction with FT wax we proceeded a conventional mix design. Today we know that this was wrong. Through improved compactability, a lower void results at the same compaction temperature for the specimens and that means an incorrect void and binder content.

For this reason, a procedure for lowering the temperature has been developed in the Information Sheet for Warm Mix Asphalt. At first, as usual, the optimal binder content is determined for the asphalt mixture without additives and its Marshall bulk density.

Then, the bulk densities for this asphalt with the additive are determined on the Marshall specimen. The Marshall specimens are to be produced at the temperatures of 110, 120, 130, 140 and 150 °C.

The bulk densities compared to the temperature are graphically drawn up in order to evaluate the results.

The decisive compaction temperature can be determined from the density curve. This procedure is rather awkward, but it shows the influence of the additive very well. This procedure is not applicable for zeolite, however.

However, in order to avoid high binder contents on wearing courses for heavy duty traffic, Marshall specimens with 2 x 50, 2 x 75 and 2 x 100 compaction blows at the decisive temperature and with the corresponding binder content are to be produced. The calculated void of these specimens is to be shown graphically. For asphalt with a high resistance against deformation, the void may not exceed 2 Vol.-% at 2 x 100 blows.

The mix design for the mastic asphalt is somewhat more complicated. A defined device is used in the measurements with which the agitator resistance of the mastic asphalt is measured during the cooling phase from 250 °C to 190 °C.

The results are also graphically shown and correspondingly evaluated. A mastic asphalt which can in any case be well processed serves as a reference.

In Germany, the resistance against deformation is usually evaluated in the rutting test. This diagram shows the results of rutting tests for an intermediate layer with bitumen 50/70 and with bitumen 50/70 plus different amounts of FT wax. The rut depth decreases with increasing proportion of FT wax. The rut depth decreases by about 50 % compared to the asphalt without FT wax and the usual addition amount of 3%. The higher asphalt stiffness or the higher resistance to deformation through the addition of FT wax is, alongside the lowering of the temperature, the essential advantage compared to the mineral additives which can only achieve a lowering of the temperature.

The laboratory investigations shown here refer to straight run bitumen which has been taken up at the beginning of the utilisation of FT wax. Today, at least with high degrees of stress, exclusively polymer-modified bitumen is used in Germany. Nowadays it is very common to also provide polymer-modified bitumen with temperature-reducing additives.

6. Production and Paving

Warm mix asphalt can be produced in any customary mixing plant. Since lower temperatures are used, however, one must be sure that the exhaust temperature lies above the thawing point. In the following illustration, recommendations for the temperature during the production and laying are given, depending on the bitumen. With rolled asphalt, the production temperatures vary between 130 and 150 °C and the paving temperatures vary between 120 and 140 °C.

For mastic asphalt the temperatures are relatively constant, lying between 200 and 230 °C.

The addition of the organic additives can be made

- as a finished product
- as a direct addition into the mixer
- through addition to the binder stream.

The safest method is the addition as a finished product. This is a mixture of the binder with the organic additive.

FT waxes and fatty acid amides can only be mixed homogeneously, as mastic, in a liquid consistency. The mixing programme must be changed for this reason. The mixing time lasts

longer. Another possibility of direct addition into the mixer is the use of modified pellets out of cellulose fibres and additive.

With mastic asphalt, a direct addition can also be made because the mastic asphalt and the additive is subsequently homogenised in the agitator. Another method is the addition of the additive via a melting device directly into the bitumen scale or directly with an injector into the hot bitumen stream.

The mineral additives are also fed directly into the asphalt mixer. When the addition is automatic, it is batched from a silo. The amount of zeolite is assigned to the filler.

The laying can be done as usual and, with rolled asphalt, should be finished at a temperature of around 100 °C. The time for the compacting is not necessarily lengthened; because the compacting only takes place at the right viscosity of the binder. If the compactibility is in the foreground, e.g. during incorporation of rack-in or during cold weather, the temperature must be raised.

7. Construction Projects with FT Wax

The first major construction project with FT wax was built in 1997 on the B 209 in the cross town road of Amelinghausen; a wearing course out of stone mastic asphalt was built. At the same time as this section, another section was constructed with polymer-modified bitumen. Both sections are still in satisfactory condition today. However, another conventional mix design was prepared for the section with FT wax so that there was binder concentration on the glazing of the surface. The compaction of the wearing course was intensively accompanied. On this slide, you can see the course of the compaction as dependant on the temperature and the roller passes. The laying began at 135 °C and, already after one roller pass, a compaction degree of approximately 96 % was attained.

The compaction then increases only slightly with further roller passes. It even decreases in between. This procedure is due to the gritting of the wearing course and the measurement procedure with the Troxler device.

The most spectacular construction project so far was the reconstruction of the northern runway at Frankfurt Airport during the years 2003 and 2005. The already existing concrete runway was successively replaced by asphalt in sections during the nocturnal hours from 10:30 PM until 6:00 AM. Since the runway had to be in service in the early morning hours beginning at 6:00 AM, asphalt with FT wax was used in order to lower the temperature. This project set an example for the reconstruction of the runways at other airports in the world.

In detail:

The runway has a length of 4000 m and a width of 60 m. The project was subdivided into 5 constructional phases.

The construction schedule planned to reclaim the concrete of the runway on a 15-meter length and 60-meter width, then to reconstruct the sub-base and then to pave a 24-cm base course in two layers. A 12-cm binder layer was then built in on top. All the asphalt layers were produced with the help of FT wax at a lower temperature, since the airport company had demanded that the asphalt temperature should be a maximum of 80 °C on the morning of the opening of the runway.

During the second step, another 15 meters were reconstructed during the next night.

Here is shown the paving of the first asphalt base course and its compaction. Bitumen 30/45 with 4 % FT wax was used for the asphalt base course. A polymer-modified bitumen PmB 25 with 4 % FT wax was used for the asphalt binder.

After approximately 100 metres of reconstruction, 4 cm of the asphalt binder course were milled out and replaced by a stone mastic asphalt 0/11 with a PmB 45 with 4 % FT wax.

In the year 2007 I accompanied the first new construction of a runway using asphalt construction in Gelendzhik, Russia. Here, too, FT wax was used in the surface layer and in the asphalt binder layer. A polymer-modified bitumen was originally planned for these layers. Since there was no polymer-modified bitumen in Russia at that time, however, FT wax was used so as to produce a high viscous binder with the bitumen 60/90. The addition took place via pellets, in which the FT wax was incorporated with cellulose fibres.

As already mentioned at the beginning, the mixing times for a direct addition of FT wax are too short. A homogeneous distribution of the wax is possible, however, through the incorporation of the FT wax into the cellulose fibres.

The public clients were and, at times, still are sceptical towards the lowering of temperature. Lowering of temperature is not generally pursued in the invitations to tender. For this reason, private projects with FT wax were often carried out in the past, especially projects which required a very high resistance to deformation. One example are container terminals. It was not necessarily the lowering of the temperature that was aimed at.

The clients assume a considerable saving of energy through the lowering of the temperature. But they forget that the additives, mechanical equipment and electronic controls also create expenses. Besides, the savings gained through the lowering of the temperature are relatively slight or nonexistent, since most of the energy is used up for the evaporation of the water during the drying of the aggregates. By no means do the public clients support the realisation of the Kyoto Protocol.

With mastic asphalt, workers' protection was in the foreground due to the fumes and aerosols from bitumen. But here, too, the public clients first believed that this was the contractor's concern. Meanwhile, however, the clients have recognised their responsibility and accepted the lowering of the temperature for mastic asphalt.

So much for the overview, which has been primarily concerned with the use of FT wax.

To sum up:

The reduction of the asphalt temperatures results in the following advantages:

- decreased CO_2 emission
- decreased energy costs, but not to the extent that these costs would replace the additional costs for the additives
- the fumes and aerosols from the bitumen aredecreased; this is a particularly important aspect with mastic asphalt for reasons of workers' safety
- the compactability can be improved through the additives, increasing the performance and the durability of the asphalt; on the other hand, it is possible to build at lower outside temperatures
- The construction period can be shortened and traffic can use the road sooner

Moreover, with organic additives:

- the resistance against to permanent deformation is improved, which decreases the formation of ruts and deformation under great stress

The reduction in CO_2 emission alone, however, should be reason enough to lower the temperature of asphalt, so as not to encourage global warming.

5.1.2 **Indlæg på møde af Lothar Drüschner, Deutag**

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

Meeting of The Nordic Road Association

Sønderborg, 06-08-09

Lothar Drüschner

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

1995 First steps with Zeolite (research)

1997 First steps with Fischer-Tropsch-Wax (FT-Wax)

2006 „Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt (M TA)“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

„Information sheet for WMA“ published by German Road and Tranportation Research Association (FGSV-Verlag, Köln)

Additives for mastic asphalt:

Asphaltan A®	montan wax
Sasobit ®	FT-Wax

Ready mixed binder for mastic asphalt:

Sübit VR35	fatty acid amide + Bitumen 30/45

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

Additives for rolled asphalt:

Asphaltan B®	montan wax + fatty acid amide
Sasobit ®	FT-Wax
aspha – min ®	Zeolite

Ready mixed binder:

Mexphalt 45 S	product of Shell
Olexobit NV 45	product of BP
SMB 35	Bitumen 50/70 + Sasobit ®
Sübit VR45	Bitumen 30/45 + fatty acid amide

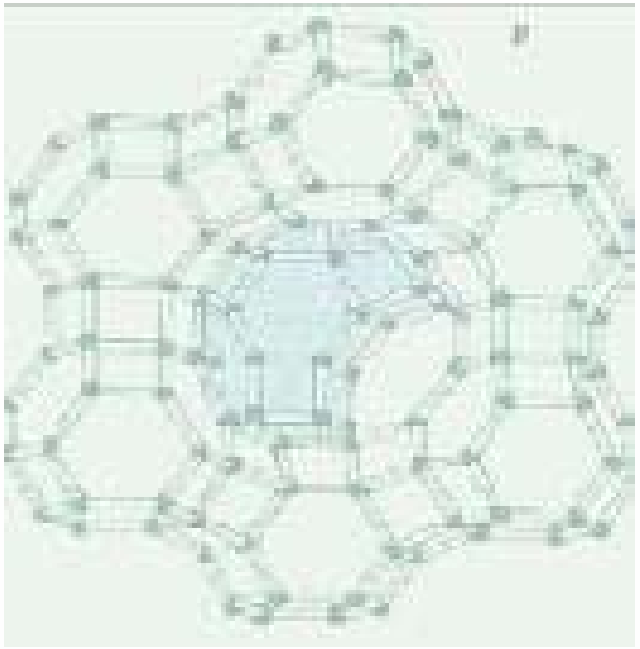
4 groups of temperature reducing additives:

- based on mineral additives
  - Zeolite (aspha-min ®)

- based on organic additivies
  - FT-Wax (Sasobit ®)
  - Licomont ® (fatty acid amide)
  - Montan Wax (Asphaltan ®)

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

– Zeolite (aspha-min ®)



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

Datas of fetty acid amide:

appearence:	white powder or granulate
melting range:	140 – 145 [°C]
solidification range:	135 – 142 [°C]
increase of softening point r+b	40 – 55 [°C]
decrease of penetration	10 – 15 [0,1 mm]
input (by weight of binder)	3 [% m/m]

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

Datas of montan wax:

appearence:	brown powder or granulate
melting range:	110 – 140 [°C]
solidification range:	100 – 130 [°C]
increase of softening point r+b	– [°C]
decrease of penetration	– [0,1 mm]
input (by weight of binder)	2,5 – 3,0 [% m/m]

Fischer-Tropsch-Synthesis:

coal + water + energy:

$$C + H_2O + 31{,}38\ [kcal] \leftrightarrow CO + H_2$$

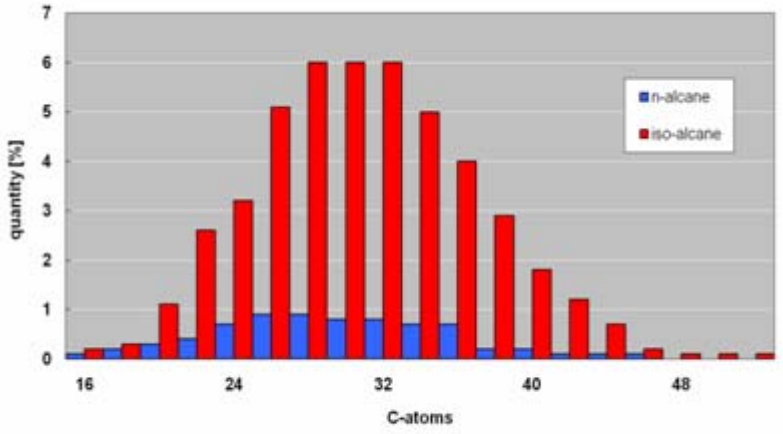
$$n\,CO + (2n + 1)\,H_2 \xrightarrow{\text{catalyst}} C_nH_{2n+2} + n\,H_2O$$

paraffins:

20 % CH_4 (methan)
10 % C_3H_8 ….C_4H_8
40 % petrol
20 % diesel fuel
10 % paraffin

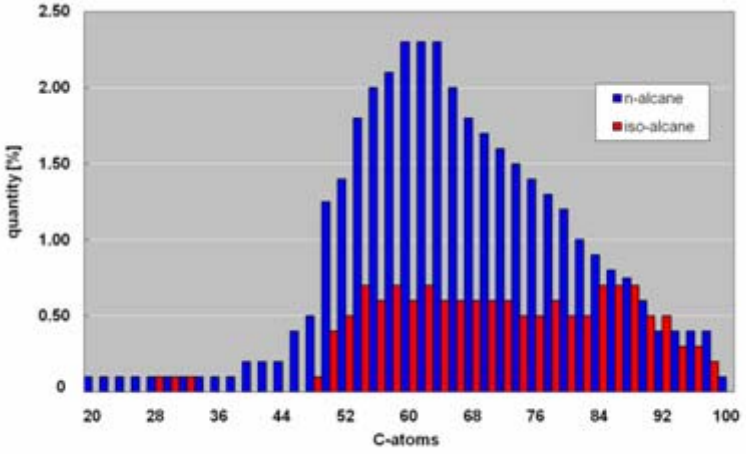
The German Experiences with Warm Mix Asphalt

bitumen paraffin



Chromatogramm of a bitumen paraffin

FT-Wax

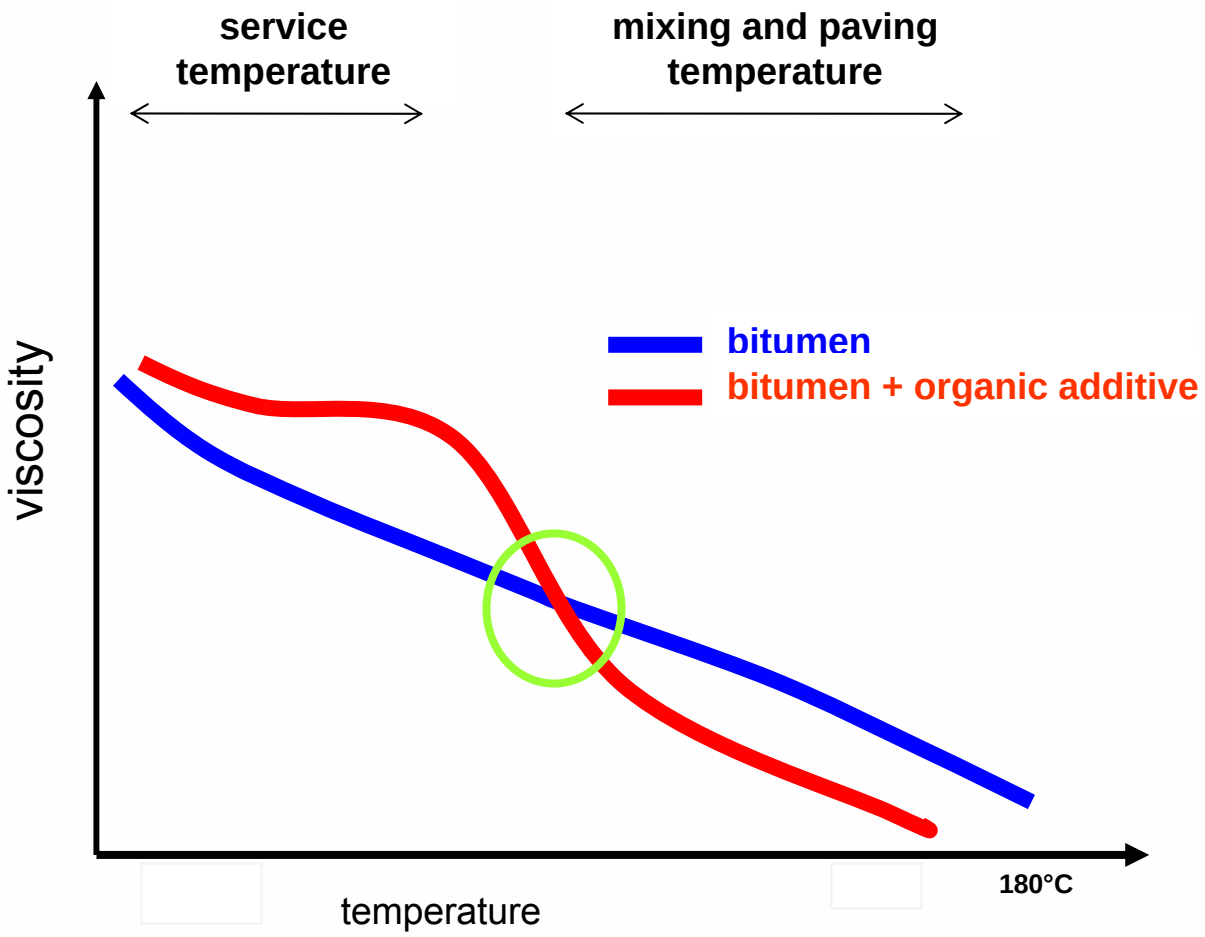


Chromatogramm of FT-Wax

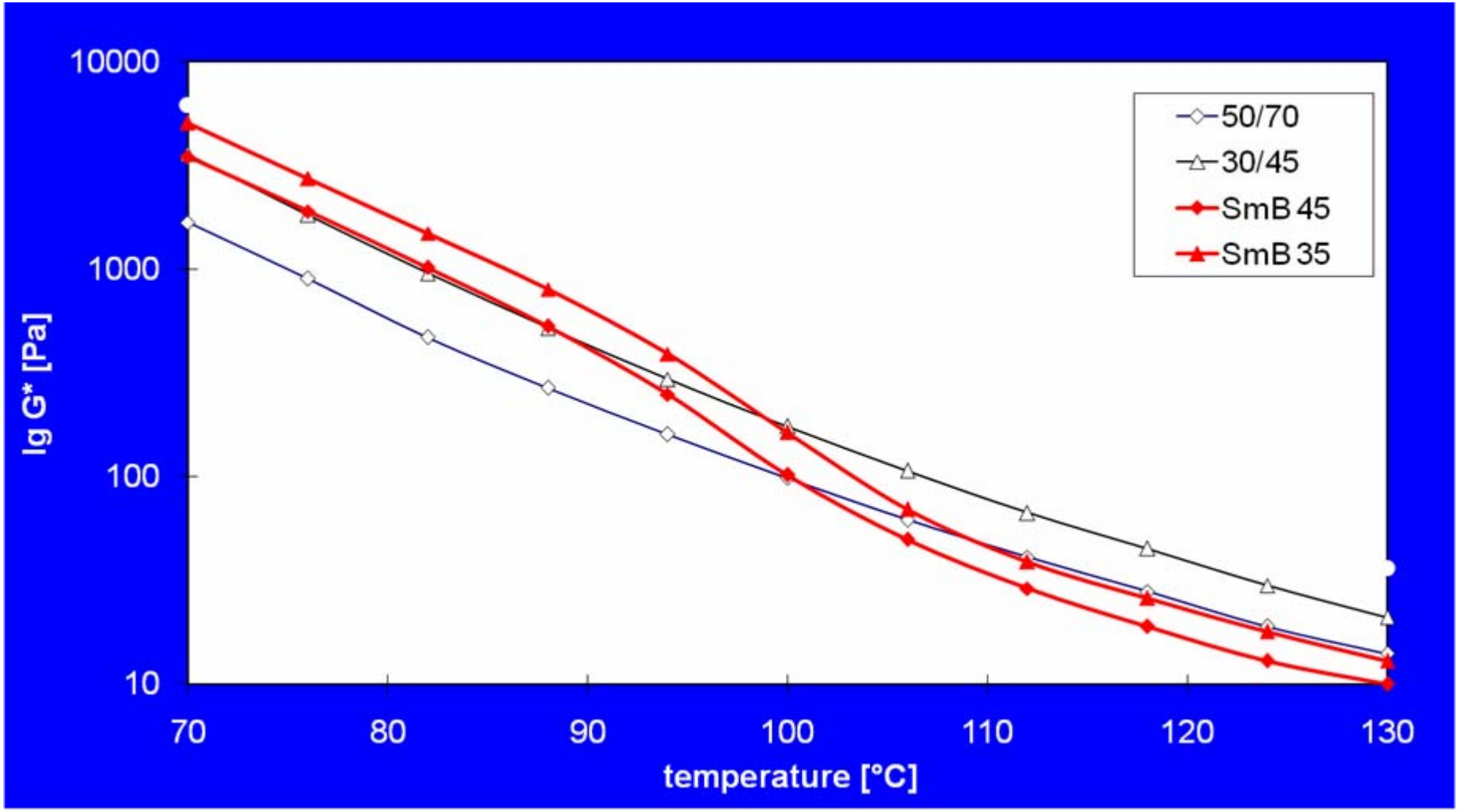
Datas of FT-Wax

appearence:	white powder or granulate
melting range:	114 – 120 [°C]
solidification range:	100 – 105 [°C]
increase of softening point r+b	20 – 35 [°C]
decrease of penetration	15 – 25 [0,1 mm]
input (by weight of binder)	3 [% m/m]

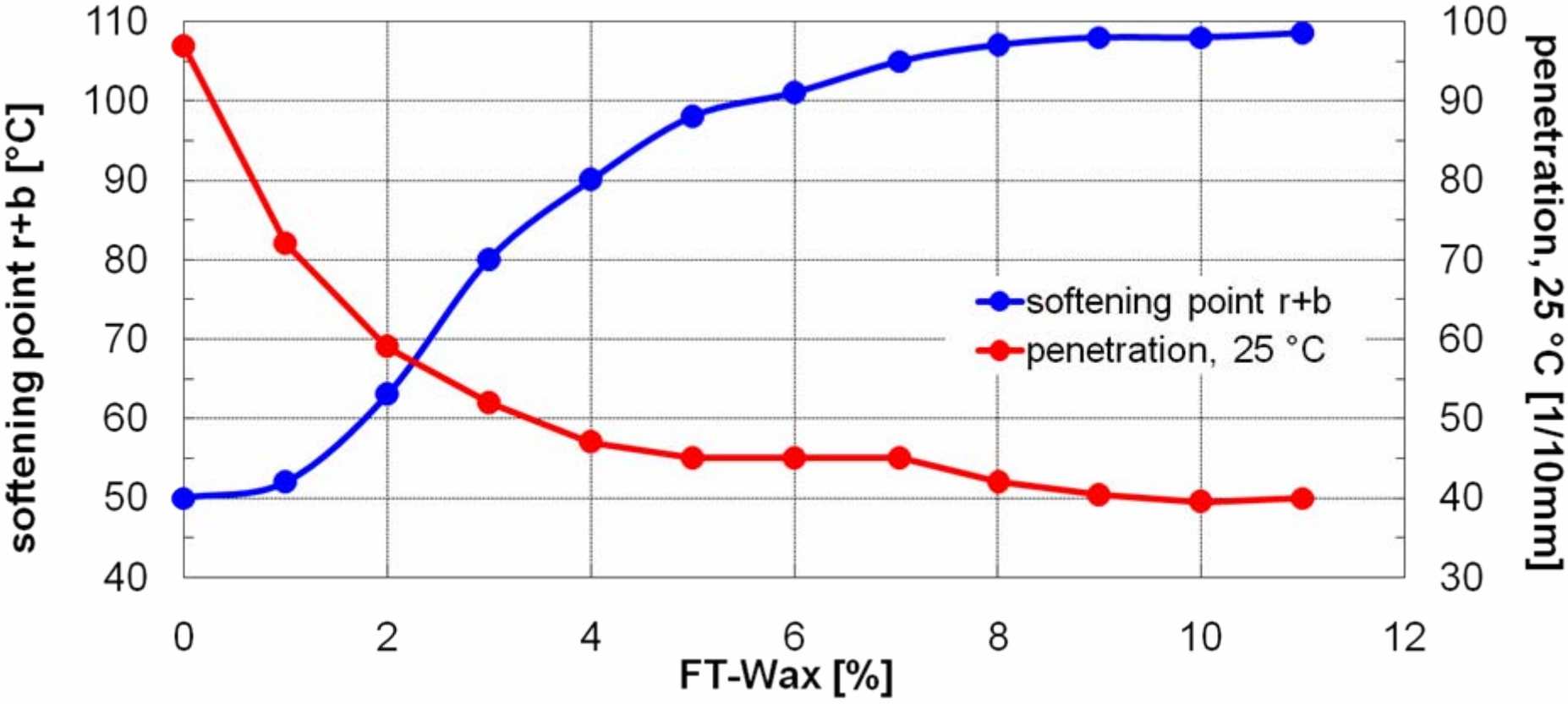
The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

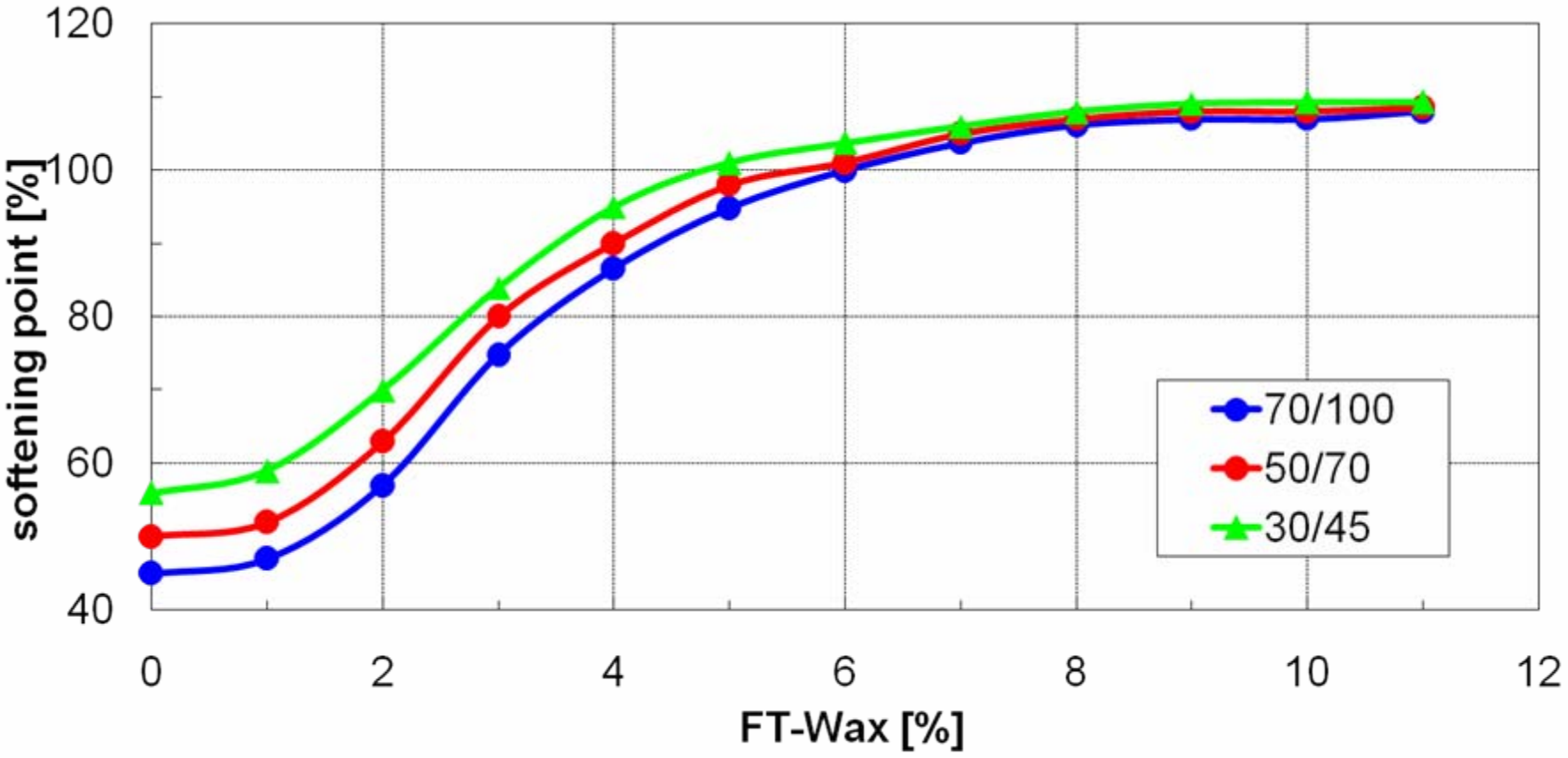


The German Experiences with Warm Mix Asphalt



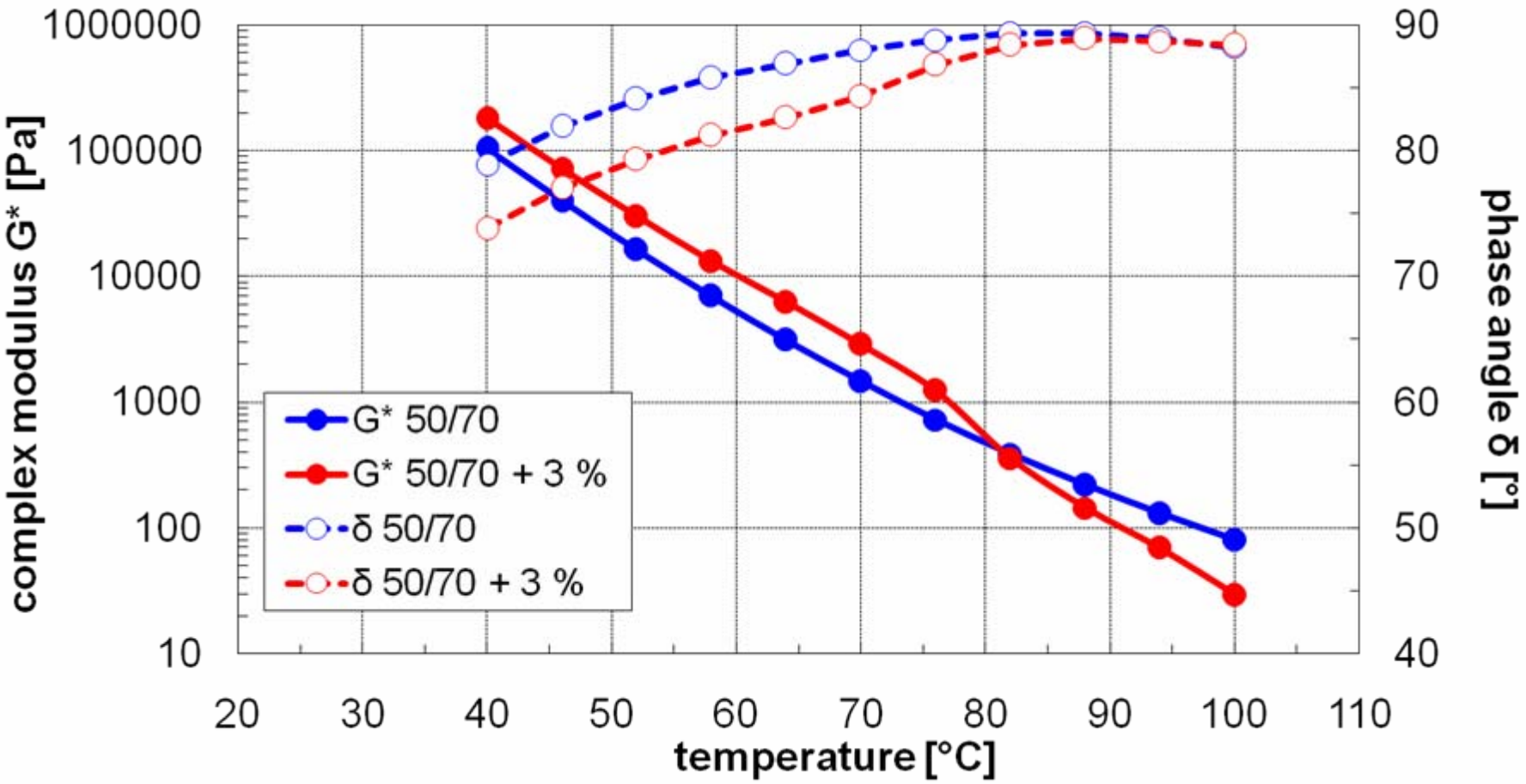
Bitumen 50/70 and FT-Wax

The German Experiences with Warm Mix Asphalt



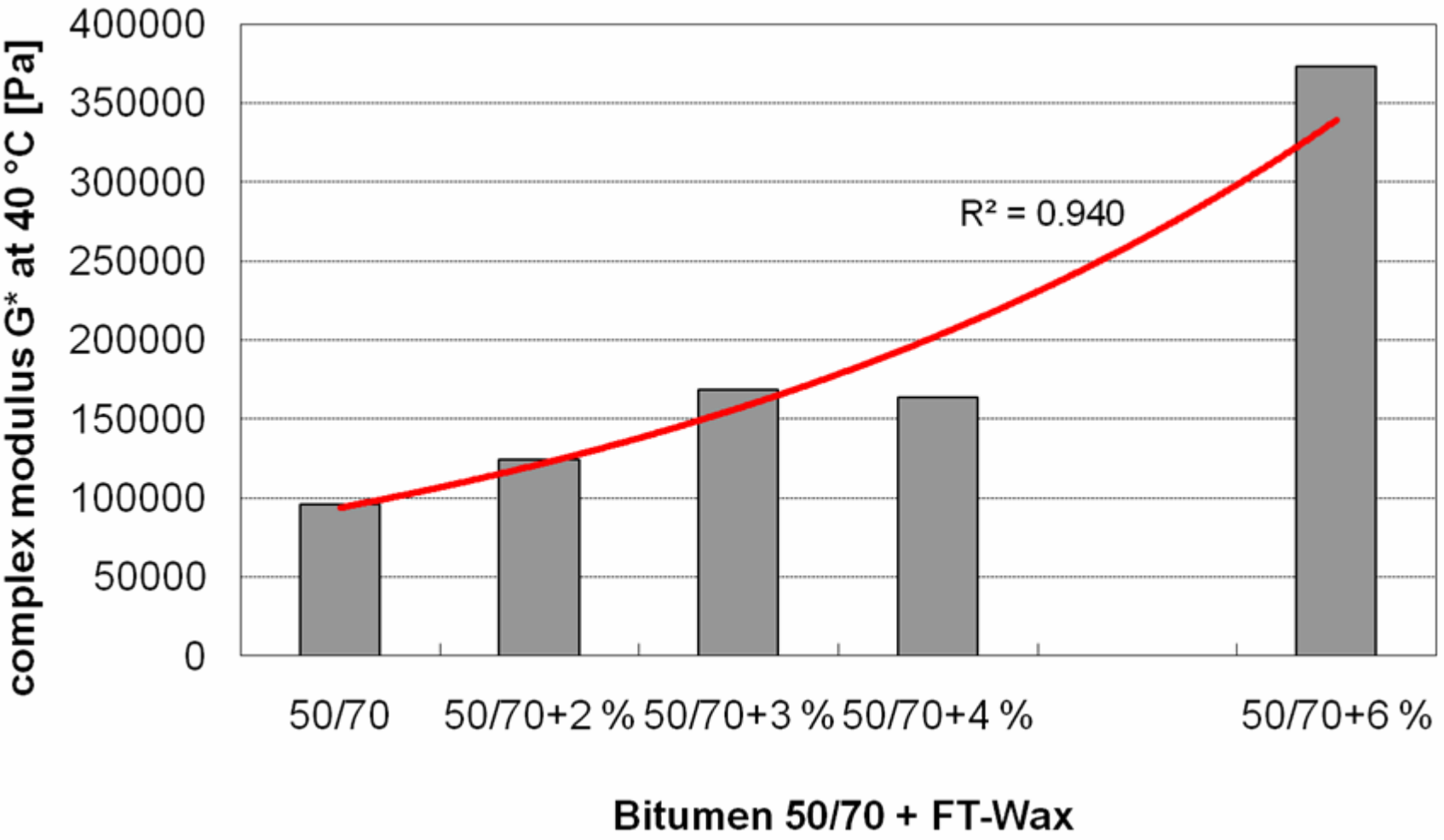
Bitumen 50/70 and FT-Wax

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

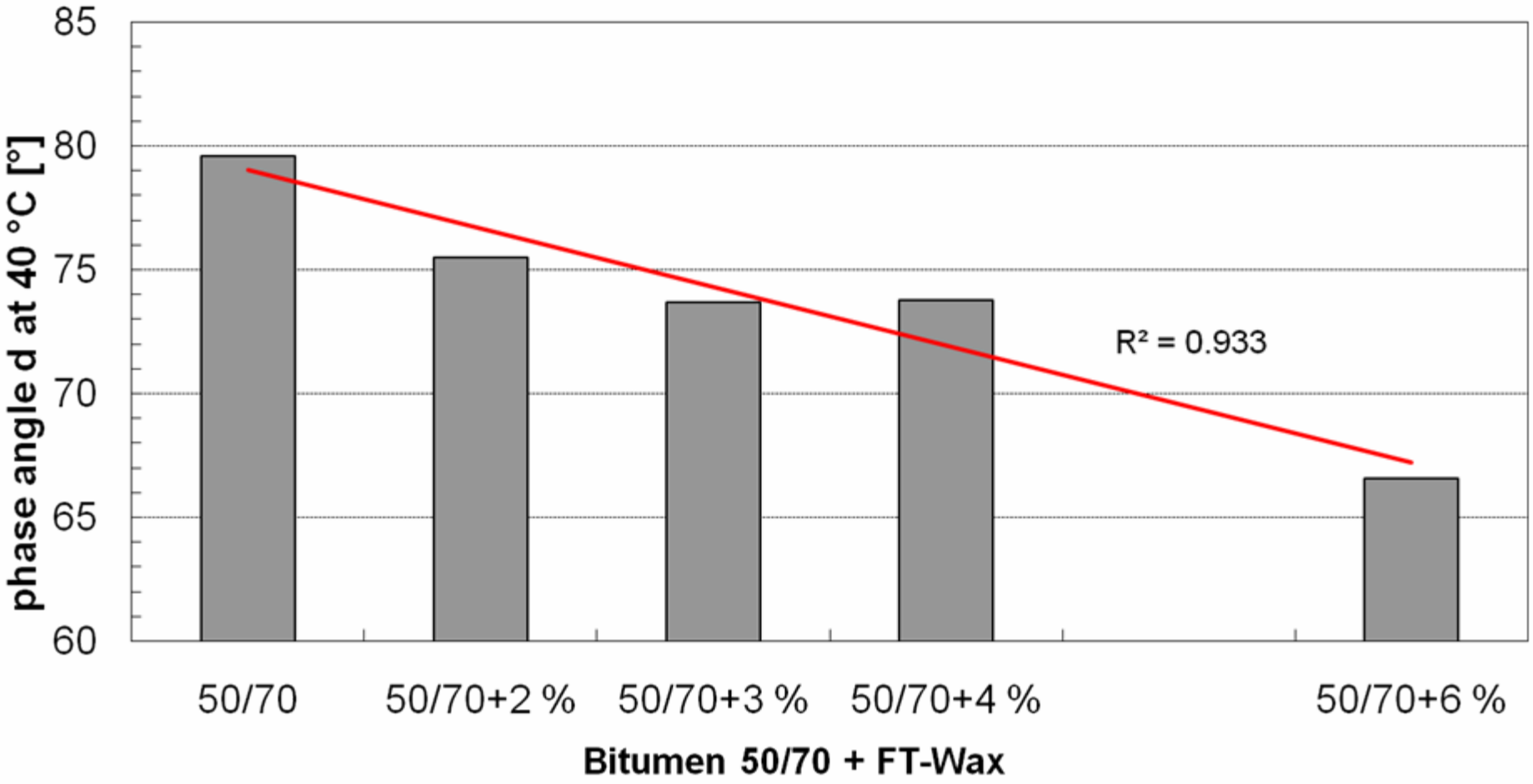


Bitumen 50/70 + FT-Wax

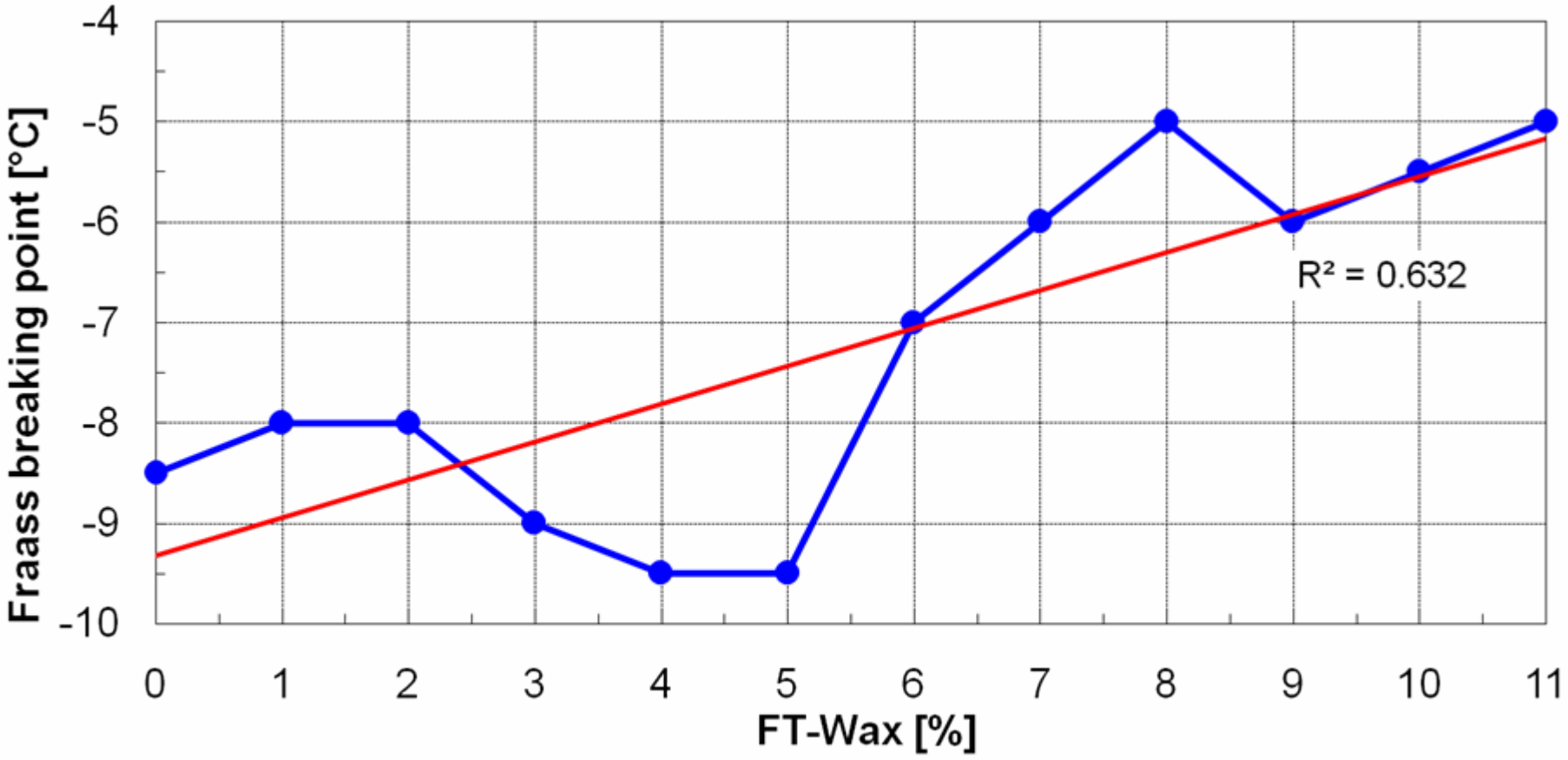
The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

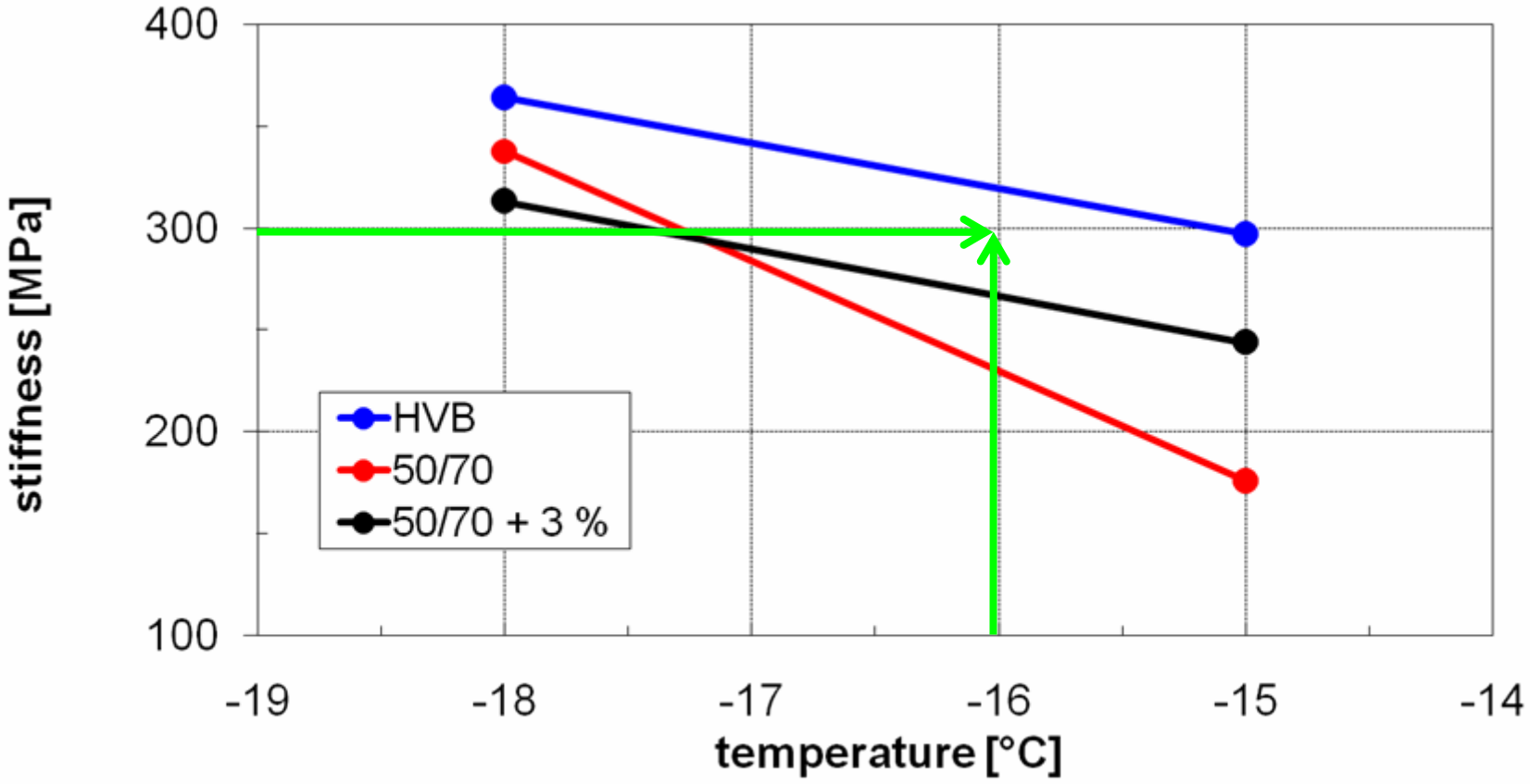


The German Experiences with Warm Mix Asphalt



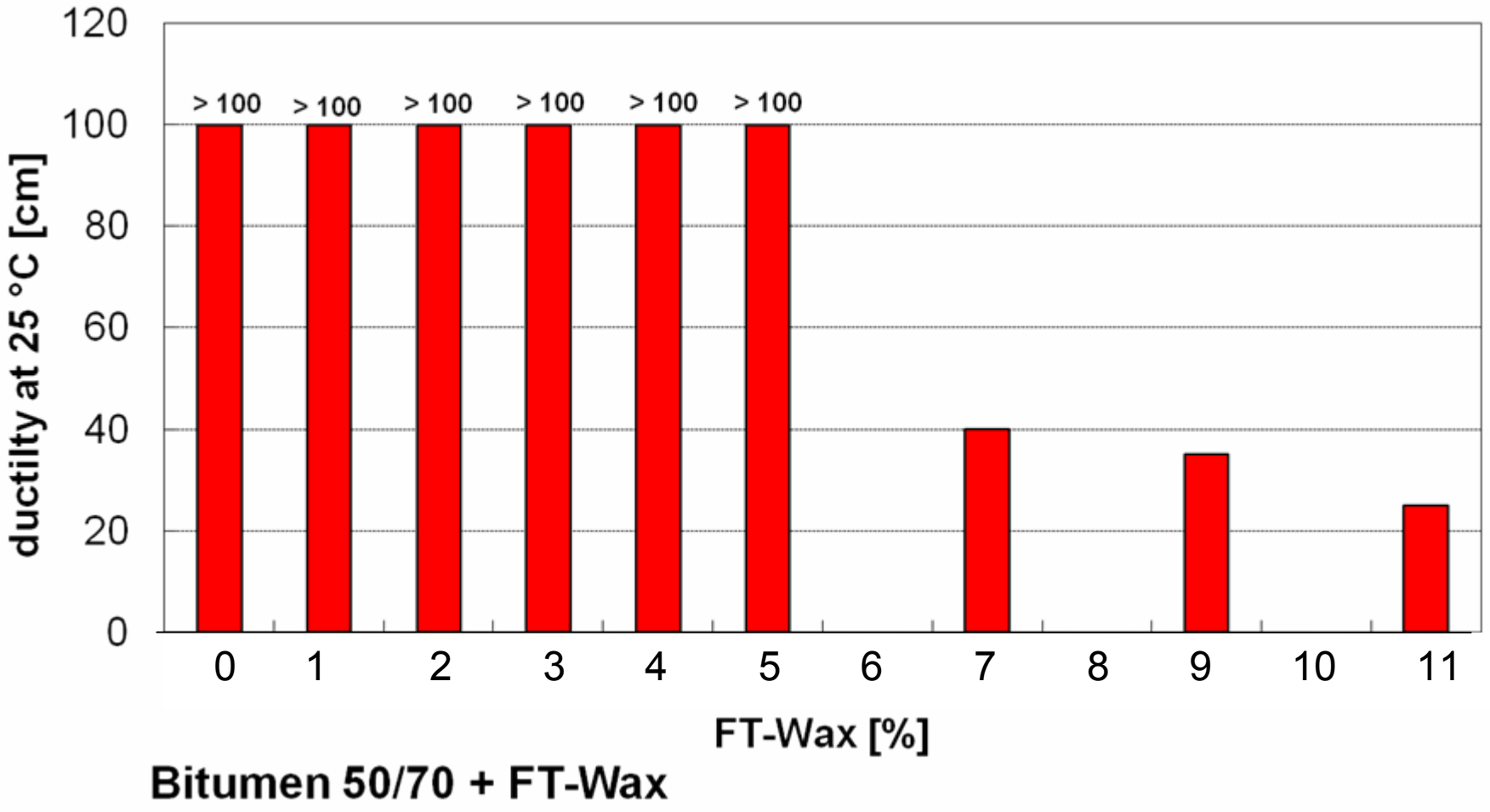
Bitumen 50/70 + FT-Wax

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

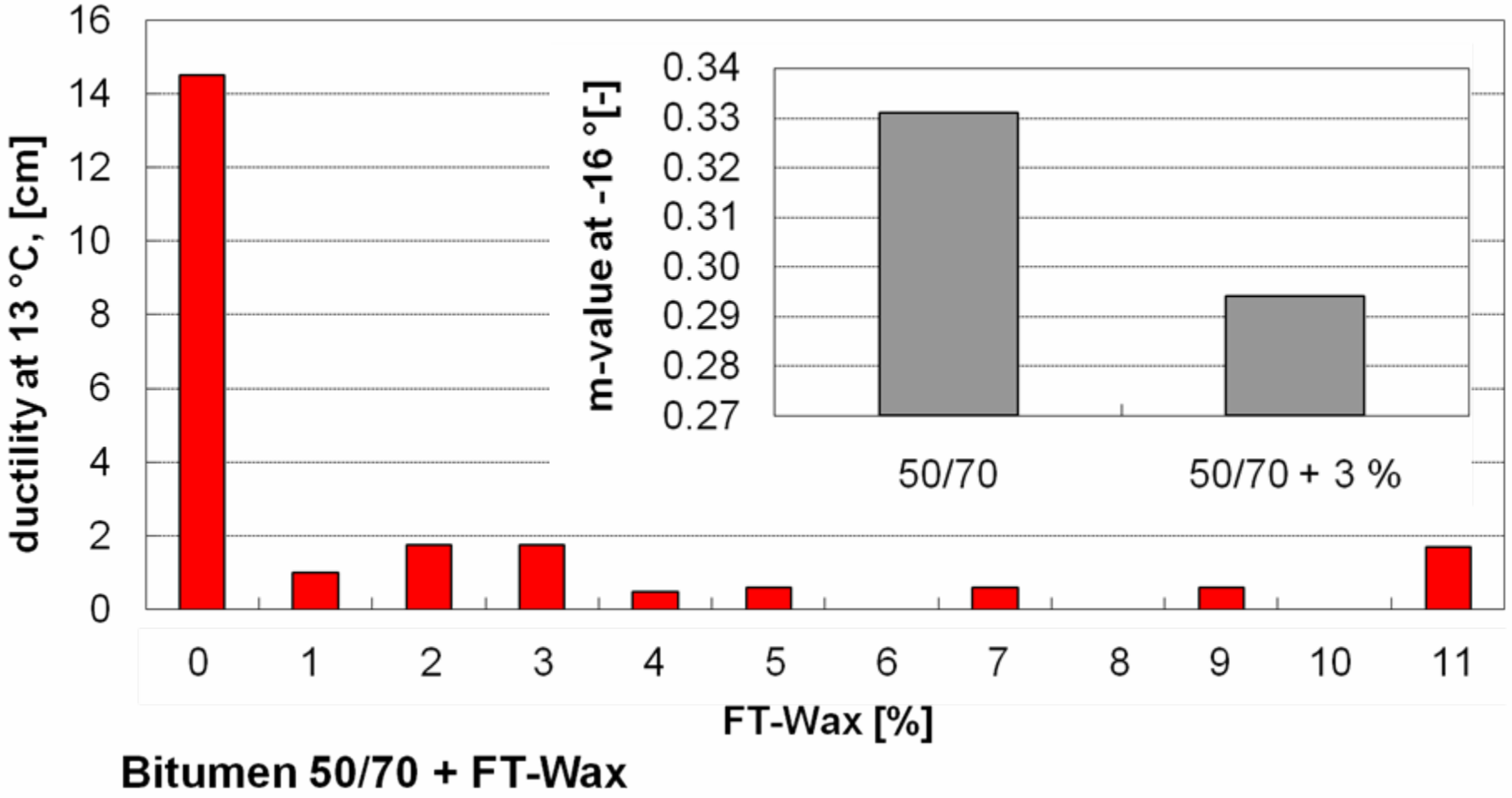


Bitumen and FT-Wax

The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

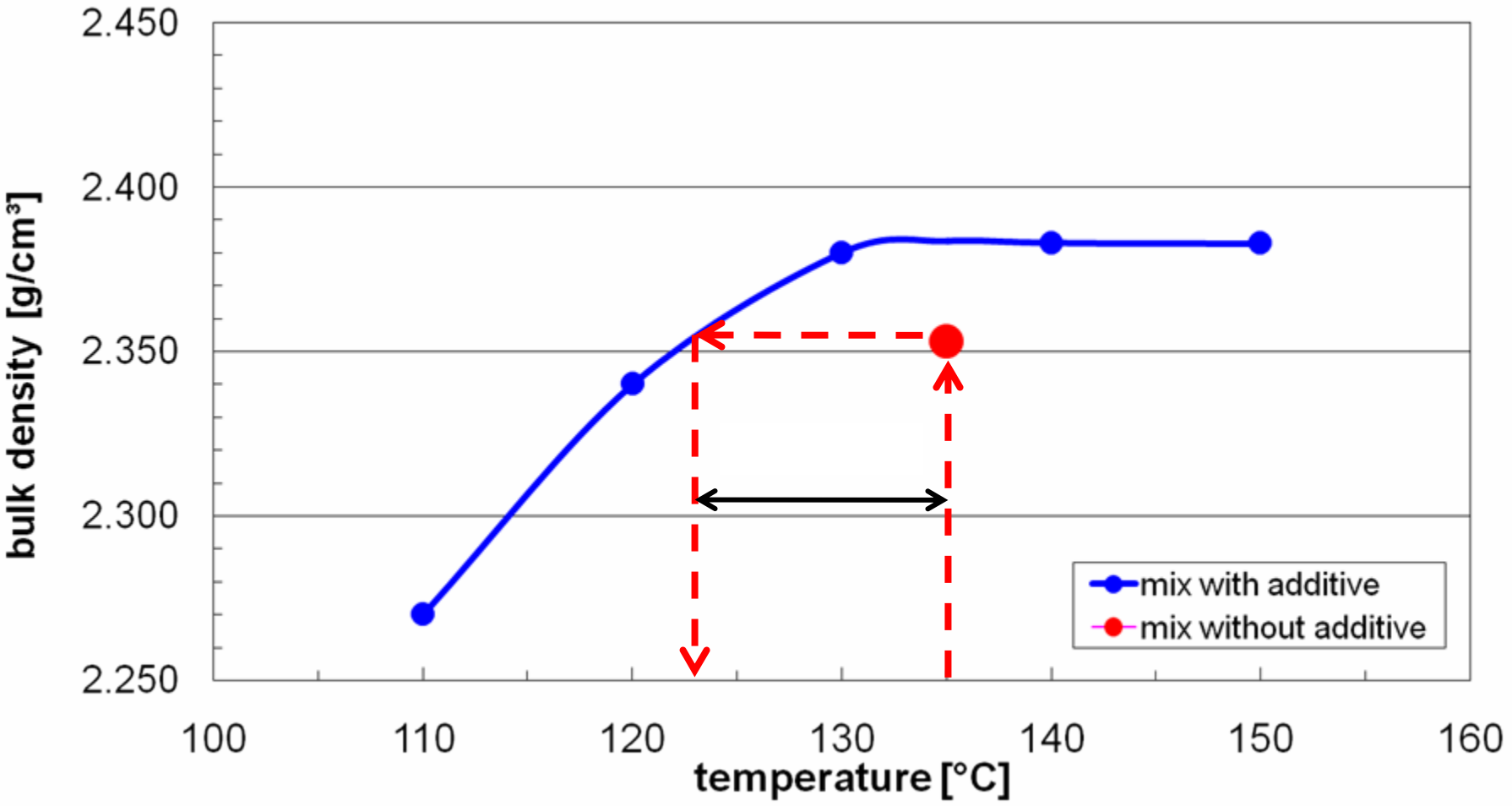
Mix design, procedure for rolled asphalt

1. step: Marshall bulk density of the mix without temperatur reducing additve
Marshall compaction temperatures:
135 °C or 145 °C (for PmB only)

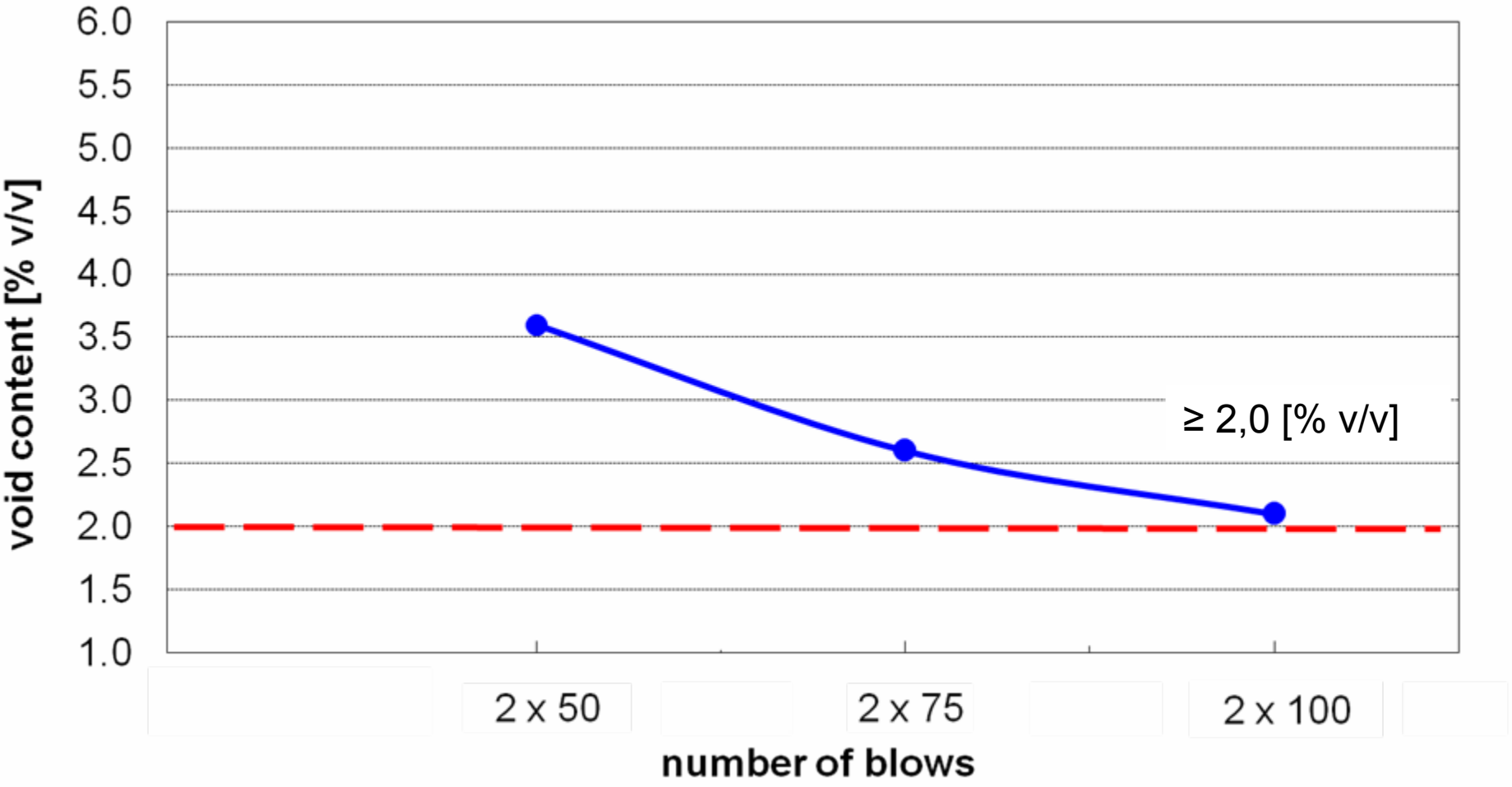
2. step: Marshall bulk density of the mix with temperature reducing additive,
Marshall compaction temperatures:
110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C and 150 °C

3. step: diagrammatic figure „Temperature versus bulk

The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

Mix design, procedure for mastic asphalt

1.step: special test device

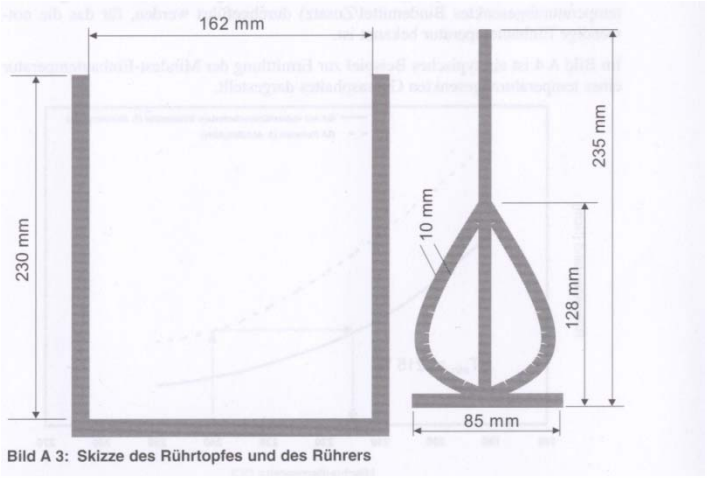
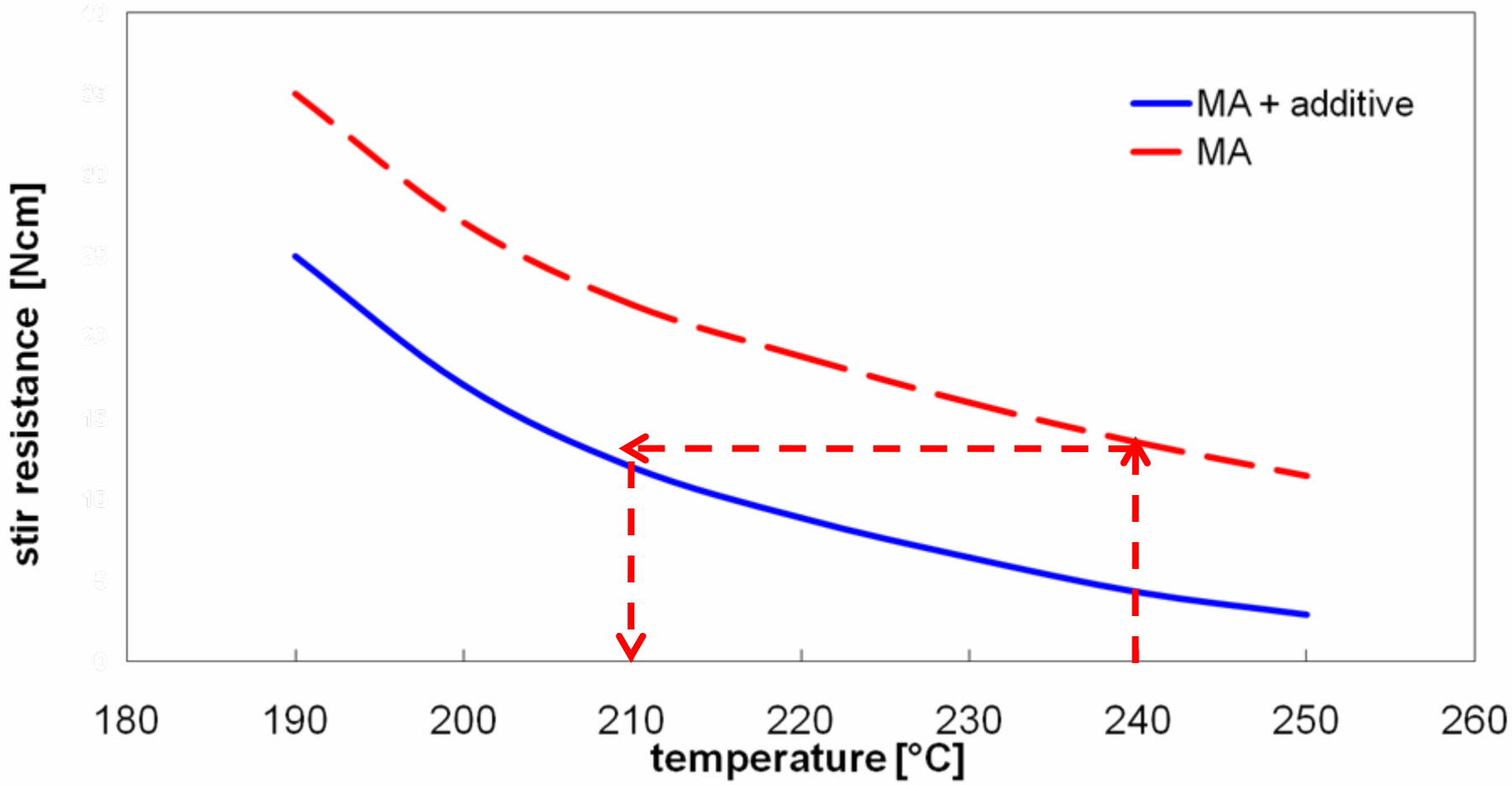


Bild A 3: Skizze des Rührtopfes und des Rührers

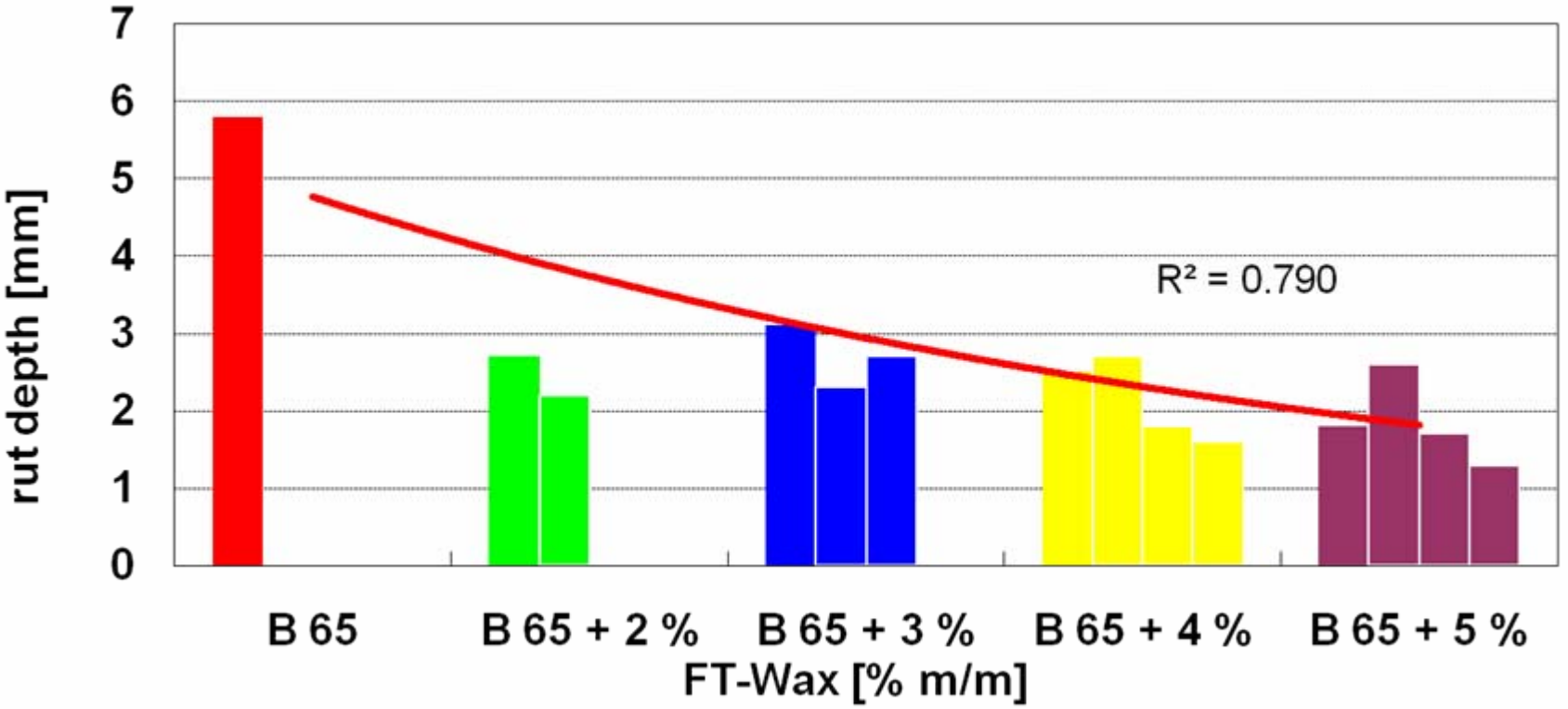
2. step: measuring stir resistance cooling from 240 °C to 190 °C

3. step: diagrammatic figure „Temperature versus stir resistance“

The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt



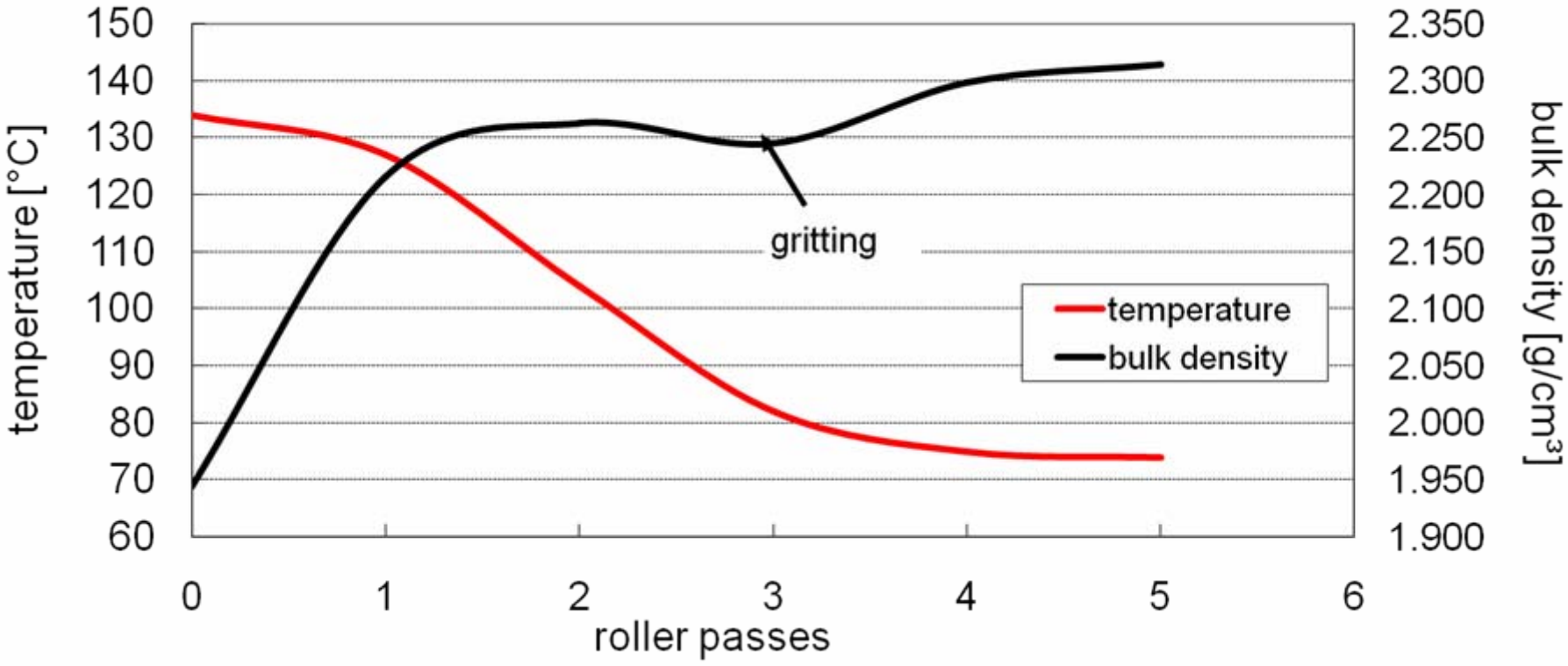
FT-Wax versus rut depth AC16 S

B65 = Bitumen 50/70

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

	binder	temperature [°C]	
		production	laying
rolled asphalt	70/100; 50/70	130 - 150	> 120
	30/45; 25/55-55 (PmB 45)	140 - 160	> 130
	10/40-65 (PmB 25)	150 - 170	> 140
mastic asphalt	20/30; 30/45; 25/55-55 (PmB 45)	200 - 230	> 200 < 230
	10/40-65 (PmB 25)	210 - 230	> 200 < 230

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

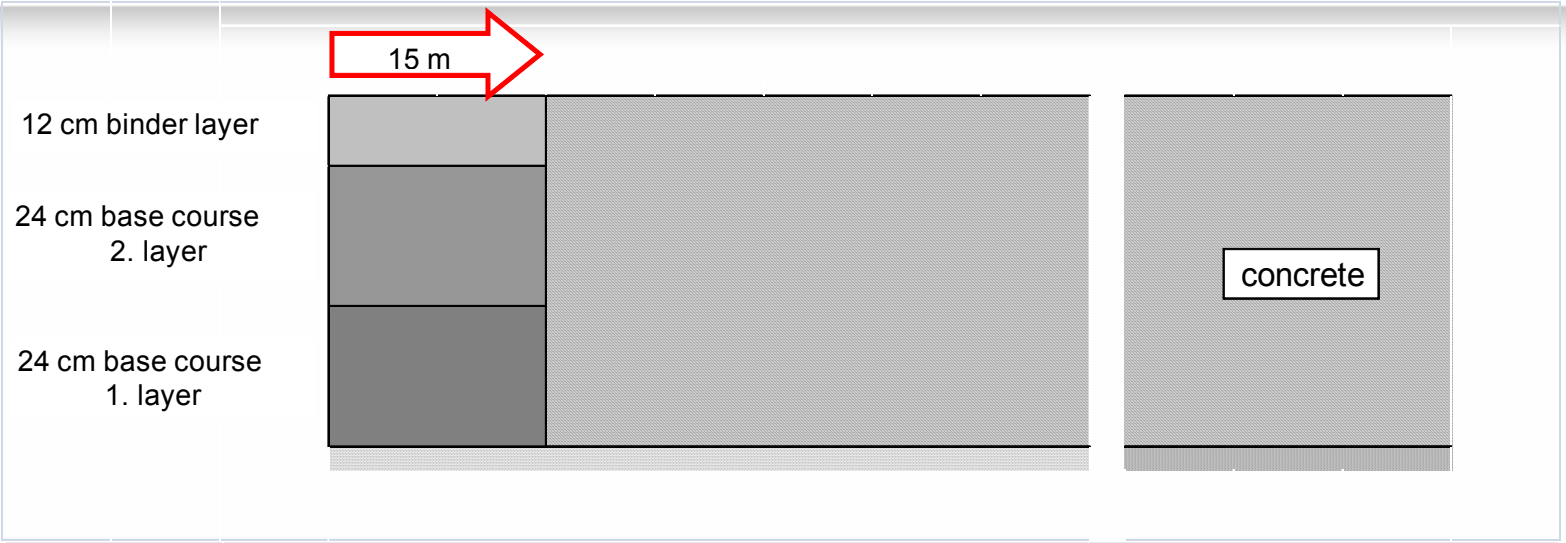


The German Experiences with Warm Mix Asphalt

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

1. step:

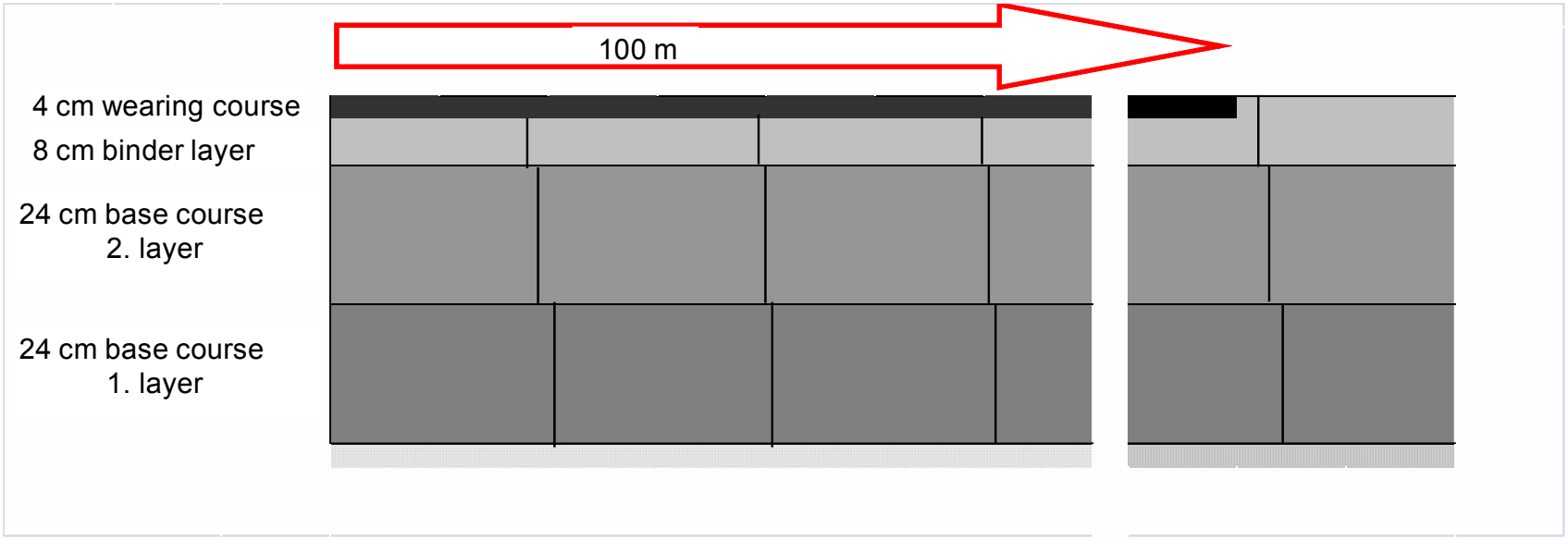


2. step:

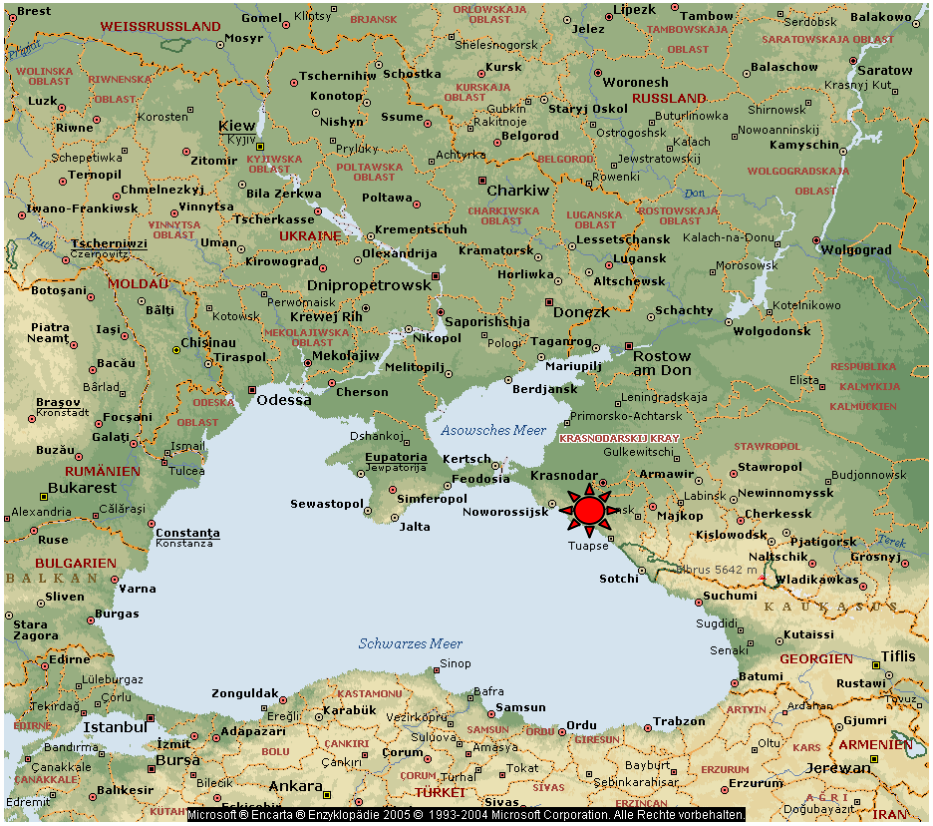
The German Experiences with Warm Mix Asphalt

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

3. step:



The German Experiences with Warm Mix Asphalt



The German Experiences with Warm Mix Asphalt

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

160 °C

120 °C

The German Experiences with Warm Mix Asphalt

5.1.3 **Dansk årsrapport**

Det danske udvalg
Belægninger

Miljø-tilpassede belægninger

Hovedemne 2009

Indholdsfortegnelse

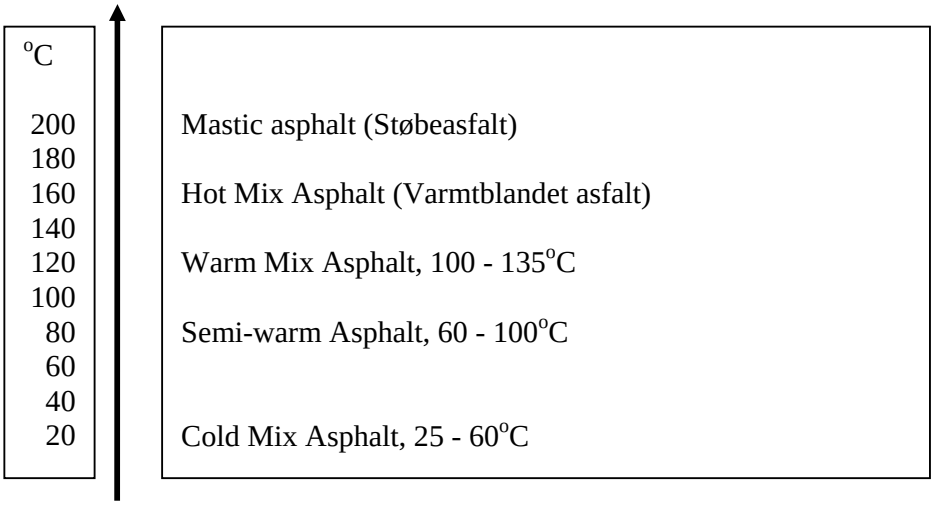
Indledning	side 3
Metoder til WMA	side 3
Erfaringer med WMA i DK	side 4
Har WMA samme kvalitet som Varmtblandet Asfalt	side 4
Hvad er miljøgenvinsten ved WMA contra Varmtblandet Asfalt	side 5
Omkostninger	side 5
Koldasfalt	side 6
Koldblandet asfalt	side 7
Overfladebehandling	side 7
Bilag 1	side 9

Indledning

I forbindelse med de forventede stigende energipriser samt den forøgede fokus på reduktion af udledning af drivhusgasser, er der også indenfor asfaltområdet søgt efter nye teknikker for at reducere energiforbruget.

Der findes nu flere forskellige metoder, som overordnet går ud på at sænke produktionstemperaturen for asfalten. Niveauet for temperatursænkningen variere for de forskellige metoder, og som hovedregel vil kvaliteten af asfalten falde jo mere temperaturen sænkes. Bl.a. derfor er der i dag størst fokus på teknikker der omhandler produktionstemperaturer over 100°C. Her sænkes temperaturen 30 – 45°C i forhold til tilsvarende traditionelt asfalt. Ved disse metoder er det i dag muligt at producere asfalt som har samme kvalitet som traditionelt produceret asfalt.

Produktionsmetoderne kan inddeles i følgende hovedgrupper:



De engelske (internationale) navne er ikke officielt oversat til dansk/nordisk.

I nærværende notat er det valgt at fokusere på WMA – teknikkerne, da der med disse kan opnås en kvalitet på højde med traditionel asfalt.

Metoder til WMA

De to mest anvendte metoder til fremstilling af WMA baserer sig enten på a) tilsætning af et organisk stof eller b) tilsætning af vand.

a) Der findes i dag flere forskellige organiske additiver som kan tilsættes bitumen for fremstilling af WMA. Én type er langkædede vokstyper med højt smeltepunkt, en anden type er amin- amidbaserede. De virker ved at ændre bindemidlets rheologiske egenskaber, oftest ved at nedsætte bindemidlets viskositet ved høje temperaturer (produktion og udlægning).
b) Tilsætning af vand, f.eks. ved fremstilling af skumbitumen, ved anvendelse af vandholdige skærver eller ved anvendelse af zeolit – materiale. Grundprincippet er, at vand udvider sig ca. 1600 gange når det går fra flydende form til dampform. Derved ”skummer” bitumen op til en meget stor overflade og viskositeten af bindemidlet bliver markant lavere.

Der findes også andre metoder som bl.a. omfatter modifikationer af blandeproceduren for asfalten.

Erfaringer med WMA i DK

Alle asfaltfirmaer i DK har gennemført forsøg med en eller anden form for WMA, og alle planlægger flere forsøg i 2009. I langt de fleste tilfælde, er der anvendt forskellige typer additiver, kun et enkelt firma angiver at have gennemført forsøg med en bindemiddelvolumen-forøgende teknik.

Der er i DK igennem de seneste år produceret store mængder asfalt med vokstyper, men med det formål at forøge sporkøringsresistensen samt at forbedre asfaltens komprimeringsegenskaber. Her har temperaturen typisk ikke været reduceret.

Disse vokstyper anvendes nu også til asfaltproduktion ved lavere temperaturer.

Der er gennemført en del forsøg med andre additiver, som tilsættes bindemidlet i meget små mængder. Mange af disse additiver virker ved at ændre bindemidlets overfladeegenskaber.

De fleste forsøg er gennemført i bære- og binderlag, enkelte også i slidlag. Den største effekt opnås i asfalttyper med hårde bindemidler, og her er behovet også størst.

Generelt må det konstateres at, alle firmaer i DK ser på WMA teknikkerne, og har gennemført forsøg i større eller mindre målestok. Det er dog stadigt kun på forsøgsbasis, og der planlægges flere forsøg til udførelse i nærmeste fremtid.

Har WMA samme kvalitet som Varmtblandet Asfalt

Lab. forsøg og udenlandske erfaringer indikerer samme kvalitet, men erfaring fra praksis i DK mangler. Vi skal nok have min. 5 års erfaring før vi kan vurdere holdbarheden mere sikkert.

Ingen asfaltfirmaer har indtil nu offentliggjort data som grundigt dokumenter kvaliteten af WMA – materialet.

Et firma i Danmark har udført laboratorieundersøgelser med 3 forskellige additiver til temperaturnedsættelse. De 3 additiver blev afprøvet i et almindeligt anvendt bærelagsmateriale, som blev blandet ved dels den normale blandingstemperatur (160 °C) og dels ved 20 °C og 40 °C lavere temperaturer.

Til vurdering af bearbejdelighed blev der udført komprimering i en gyrator, hvor det var muligt at følge udviklingen i densitet. Der blev også udført de normale asfalttests efter Marshall komprimering. Vedhæftningen blev undersøgt ved hjælp af spalte/trækstyrkeforsøg før og efter frost/tø påvirkninger.

Forsøgene viste, at det er muligt at producere og komprimere asfalt ved 30 – 40 °C lavere temperatur ved anvendelse af additiv. Asfaltkvaliteten er sammenlignelig med den, der opnås ved blanding ved ”normal” blandingstemperatur. Der var i forsøgene forskel på effekten af de forskellige additiver. Laboratorieforsøgene skal følges op med forsøg på vejen.

Hvad er miljøgevinsten ved WMA contra Varmtblandet Asfalt
Som nævnt er dokumentationen i DK omkring kvalitet og besparelser ved WMA teknikkerne endnu noget mangelfuld, men på basis af den nuværende viden og erfaring angives følgende:

- Produktions- og udlægningstemperaturen kan reduceres med 30 – 45°C
- Energiforbruget til selve asfaltproduktionen kan reduceres med 10 - 25 %
  Heri er ikke medregnet den energimængder der skal anvendes til fremstilling af det pågældende additiv.
- Udledningen af drivhusgasser kan reduceres med 10 – 25 %
  Afhængig af brændselstype
- Mindre "bitumenrøg" under udlægningen til gavn for udlægningsholdet og øvrige omgivelser
- Reduceret hærdning af bindemidlet
- Nemmere at holde udlægningsgrejet rent

Der er ikke rapporteret om direkte negative erfaringer.

Omkostninger
Det vurderes at de fleste WMA teknikker er "omkostningsneutrale", d.v.s. at den besparelse der opnås ved besparelse i energiforbruget opvejes af additiv tilsætningen. Heri er ikke medtaget eventuelt specialudstyr til tilsætning af additiv.

Cold mix asphalt
I Danmark skelnes mellem koldasfalt og koldblandet asfalt.

Koldasfalt
Koldasfalt, som er et vejregelprodukt, dækker over slurry seal eller micro surfacing. Stenmaterialer blandes til den ønskede kornkurve, åben eller tæt med en maksimal kornstørrelse på 6 eller 8 mm. På maskinen blandes stenmaterialerne med cement, vand, bitumenemulsion og evt. cellulosefibre. Herved fremkommer en tyktflydende brunlig blanding, som fordeles i en fordeler-slæde, som trækkes efter maskinen.
Efter kort tid (5 – 7 minutter) skifter materialet farve fra brun til sort, når emulsionen bryder. Efter cirka 20 minutter er materialet hærdet så meget, at trafikken kan ledes ind på belægningen og materialet komprimeres.

Koldasfalt blev introduceret som slidlag på det danske marked omkring 1988. Materialet blev udlagt i fuld bredde i en tykkelse på 22 kg/m2, ofte i 2 lag. Første lag er typisk på 8 – 10 kg/m2, afhængig af evt. sporkøring, mens andet lag er på 12 – 14 kg/m2. De næste par år blev der udført tusindvis af kvadratmeter med koldasfalt, men der var mange fejlslag (afskalninger, rivninger, stentab, finish, osv.). Fejlslagene skyldtes primært, at produktet blev oversolgt (solgt til de forkerte veje eller i forkert lagtykkelse). Materialet fik et dårligt ry, og de fleste danske asfaltfirmaer afviklede deres koldasfaltaktiviteter. Herefter blev koldasfalt kun i begrænset omfang anvendt som slidlag i fuld bredde.

Koldasfalt er også anvendt til sporopretning, og her har produktet fundet en niche i den nuværende konkurrencesituation. Denne anvendelse har været meget succesfuld, og mange kilometer spor er oprettet på denne måde. Der er også løbende sket en udvikling af produktet, så holdbarheden er blevet væsentlig bedre.
Der er en række fordele anvendelse af koldasfalt til sporopretning:

- Der anvendes kun den til opretningen nødvendige mængde materiale
- Sporet kan udlægges med overhøjde, således at der tages hensyn til efterkomprimering.
- God struktur
- Hurtig genåbning af vejen for trafik

Generelt holder materialet fint i sporene, men det slides hurtigt af, hvor belægningen er konstant fugtig, f.eks. under broer. Der er også visse steder problemer med afslid eller afskalninger hvor udlægningen er stoppet eller startet. Der er i de seneste år udført udvikling på disse specifikke problemer, således at holdbarheden og finishen er væsentlig forbedret.

Miljømæssigt, arbejdsmiljømæssigt og klimamæssigt er koldasfalt en af de bedste belægninger, idet der ikke sker opvarmning af materialerne og dermed er der en meget begrænset CO_2 udledning.

Koldblandet asfalt
Koldblandet asfalt indeholder typisk en vis mænge genbrugsasfalt. Det kan blandes in-situ eller på et blandeværk. Genbrugsasfaltens kornkurve justeres ved brug af nye stenmaterialer og ny bitumen tilsættes i form af skumbitumen eller emulsion. Der tilsættes som regel en vis mænge rejuvinator for at blødgøre den gamle bitumen.

Der er udført forskellige strækninger med in-situ remix, både som bærelag og som slidlag, men endnu kun på forsøgsbasis.

Der er udlagt flere tusinde kvadratmeter med værksblandet koldblandet asfalt med emulsion som bindemiddel, både som bærelag og som slidlag. I Danmark fungerer modtagelsessystemet for genbrugsasfalt på den måde, at der sker der en sammenblanding af alle typer asfalt fra alle typer asfaltlag. Derfor er der en del kalksten og andre svage sten i genbrugsmaterialet, hvilket gør, at asfalt med store mængder genbrugsasfalt egner sig bedst til bærelag. Der er gode erfaringer ved anvendelse af koldblandet asfalt som bærelag, mens erfaringerne fra slidlag er noget blandede. Indtil videre har materialet vist sig at være velegnet til meget let trafikerede veje som f.eks. skovveje, veje i sommerhusområder, redningsveje og lignende.

Koldblandet asfalt udlægges med almindelig asfaltudlægger, men skal tromles med en meget tung gummihjulstromle, som kan masere vandet ud af materialet.

Ved anvendelse af koldblandet asfalt eller koldasfalt i stedet for varm mix asfalt eller semivarm mix asfalt opnås store besparelser på energiforbruget og på CO_2 udledningen. Der er foretaget mange beregninger med forskellige forudsætninger, så derfor er det svært at give et eksakt mål for besparelsen.

Overfladebehandling
Overfladebehandling er gennem mange år udført med cutbackbitumen med varierende indhold af relativt let fordampelige opløsningsmidler som f.eks. terpentin. Indholdet varierer fra 4 – 8 % af bitumenmængden. Opløsningsmidlerne giver anledning til luftforurening, når de fordamper. Desuden har de stor betydning for arbejdsmiljøet for de folk, der udlægger overfladebehandlingen. Om efteråret anvendes cutbackbitumen med op til 8 %. Ikke hele denne mængde fordamper under udsprøjtningen, og den første varme dag om foråret kan den resterende mængde give anledning til svedninger.

I mange år har det været muligt at anvende emulsion i stedet for cutback bitumen, og teknisk set giver emulsionen i langt de fleste tilfælde en bedre belægning end cutbackbitumen. Der er mindre risiko for stentab og svedninger, især på højere trafikerede veje. Emulsion til OB har typisk et bitumenindhold på 67 - 75 %, og der kan anvendes både standard bitumen og modificeret bitumen. Emulsion har ikke vundet indpas på det danske marked, primært på grund af prisen. OB med emulsion er dyrere end OB med cutback, dels fordi der skal bruges mere emulsion end cutback for at få samme bindemiddelmængde, og dels fordi der skal bruges flere stenmaterialer til afdækningen. Desuden er råmateriale- og håndteringsomkostningerne på emulsion højere end på cutbackbitumen. I de seneste år er anvendelsen af emulsion steget, især til anvendelse i ydersæsonen. Begrænsningen i denne anvendelse er at få en styring af brydningen, således at der opnås en tilfredsstillende binding af stenmaterialerne umiddelbart efter udlægningen.

Emulsion opvarmes typisk til 60 – 80°C, og er dermed det miljø- og arbejdsmiljømæssig bedste bindemiddel til overfladebehandling. Desuden vil CO_2 udledningen være relativ lille. Cutback bitumen udsprøjtes ved 150 – 170°C og er dermed er udsprøjtning af cutback mere energikrævende end udsprøjtning af emulsion.

Indenfor de sidste par år er der kommet bindemidler på markedet til OB, som er fluxet med vegetabilsk olie. Olien fordamper ikke, men hærder op og forbliver i bindemidlet. Med disse bindemidler er der opnået gode resultater, og de vinder mere og mere indpas i branchen. Der er helt klart miljømæssige fordele ved, at der ikke sker nogen fordampning af opløsningsmidler. Desuden er den øjeblikkelige vedhæftning til stenene meget god.
Ved korrekt dosering af bindemiddel er der færre problemer med svedninger og stentab end ved cutback OB.
Det er erfaret, at disse bindemidler ikke virker så godt i ydersæsonen, idet de ikke fastholder stenene så godt som cutback. Derfor anvendes cutback fortsat i ydersæsonen, eller som tidligere nævnt er anvendelse af emulsion steget i ydersæsonen.
Det skal også bemærkes, at de bio-fluxede bindemidler kræver opvarmning til en meget høj temperatur, ca. 170 – 180°C. Dette bidrager til CO_2 udledningen.

Bygherrerne vælger primært cutback bitumen set i lyset af den relative store prisforskel til emulsion og biofluxet bitumen.

Alle ovennævnte typer leveres med differentieret indhold af modificeringsmidler. Da der i de danske vejregler ikke stilles krav til kvaliteten af de modificerede bindemidler, kan dette bruges som konkurrenceparameter. Det er muligt kun at tilsætte en meget lille mængde modificeringsmiddel og tilbyde dette bindemiddel som et modificeret bindemiddel til en meget favorabel pris.

Bilag 1

De enkelte asfaltfirmaers oplysninger om status for og erfaringer med WMA.

Colas Danmark A/S

Indenfor Colas – Gruppen findes forskellige teknikker til fremstilling af WMA. Disse hører ind under hovednavnet 3E asfalt, Economical, Environmentally-friendly and Energy-saving. Disse teknikker er anvendt og dokumenteret i flere lande.
I DK har Colas gennemført forsøg i efteråret 2008 i samarbejde med Københavns Kommune. Her anvendtes en metode, hvor der tilsættes meget små mængder af et additiv til bitumenen. Additivet er udviklet på Colas' Udviklingslaboratorium i Paris og produceret på Colas emulgatorfabrik i Irland.
Forsøget forløb helt som planlagt og de forventede fordele blev opnået. Bl.a. blev temperaturen reduceret med 35°C helt uden problemer. Udlægningsholdet udtrykte stor tilfredshed med produktet. Vi er for tiden i gang med at dokumentere WMA - asfaltens egenskaber i sammenligning med referencen.

LMK Vej A/S

I Lemminkainen koncernen er afprøvet flere teknikker til fremstilling af WMA.
I Danmark har LMK VEJ sidst i efteråret 2008 udført forsøg med produktion af et bærelagsmateriale (GAB 0), hvor temperaturen er sænket med 40° C i forhold til normal produktionstemperatur.
Dette er muliggjort gennem tilsætning af et additiv direkte i bitumentanken. Additivet, der tilsættes i en meget lille mængde, bevirker at bitumenen selv ved lavere temperaturer er i stand til at omhylle stenene så tilstrækkeligt at kvaliteten af asfalten ikke reduceres.
De første analyser af de producerede asfaltmaterialer bekræfter dette, ligesom der heller ikke var problemer med at udlægge asfalten.
Yderligere forsøg er planlagt for at underbygge dette og her vil også energibesparelser m.v. blive dokumenteret.

NCC Roads A/S

NCC Roads har på nordisk plan fremstillet WMA efter forskellige metoder. I Danmark har NCC på nogle mindre asfaltarbejder afprøvet et additiv til nedsættelse af produktions- og udlægningstemperaturen. Additivet, som tilsættes bitumen i meget lille mængde, gør, at asfaltmaterialet er bearbejdeligt ved en udlægningstemperatur, der er ca. 35 °C lavere end normalt. Desuden var det nemmere at holde udlægninggrejet rent.
I laboratoriet er der udført en større undersøgelse af forskellige additivers indflydelse på bearbejdeligheden, og de mest lovende additiver vil blive afprøvet i foråret 2009.

Munck Asfalt A/S

Munck Asfalt a/s har gennem en lang årrække anvendt additiver af vokstypen. Der har i den forbindelse ikke været specielt fokus på reduktion af produktionstemperaturen, idet fordelen i stedet er blevet udnyttet til at opnå forbedret sporkøringsstabilitet og forbedrede komprimeringsegenskaber i forbindelse med udlægningen. I forhold til den alternative modificering med elastomermodificeret bindemiddel har der dog været tale om en reel temperaturreduktion. I 2008 er der blevet udført prøvestrækninger med additiver, som har muliggjort produktion og udlægning af asfaltbeton ved 125°C mod normalt 160-165°C. Der undersøges en række forskellige alternativer med forskellige teknologiske udfordringer.

Skanska Asfalt A/S

Skanska Asfalt har igennem det seneste årti arbejdet med bl.a. viskositetsændrende bindemiddeladditiver, hvorved der er opnået forøget bearbejdelighed og større sikkerhed for et optimalt komprimeringsniveau ved samme eller let reduceret asfalttemperatur, set i forhold til "traditionelle" bindemidler. Konceptet er primært egnet til anvendelse sammen med hårdere bindemiddeltyper – hvor behovet også er størst. Der er desuden foretaget forsøg med andre additiver og principper, herunder bl.a. bindemiddelvolumenforøgende additiver. Der pågår fortsat en videreudvikling og afprøvning på dette miljømæssigt vigtige område, ligesom der i Skanska-koncernen på internationalt plan pågår en række forskellige aktiviteter.

Pankas A/S

Pankas har gennem en periode arbejdet med Warm-Mix-Asphalt. En række vejbelægninger er lavet med Warm-Mix og alle med et godt resultat. Typisk har blandetemperaturen været reduceret med 25-40C.

"Warm-Mix egenskaber" er opnået ved at modificere en traditionel varmblandet asfaltrecept med en række overfladeaktive stoffer gjort det muligt at blande bitumen og tilslag ved lavere temperaturer end normalt uden at blandingskvalitet og bearbejdelighed forringes.

Under normale forhold vil blanding af bitumen og tilslag ved eksempelvis 125°C umuliggøres på grund af komponenter i bitumen, som migrerer ud til overfladen og nedsætter den smørende effekt af bitumen.

De overfladeaktive stoffer i Pankas Warm-Mix-Asphalt medvirker til at disse komponenter i bitumen ikke får denne forringende effekt på bitumens smøre-evne, hvormed det bliver muligt at lave en fuldstændig blanding af bitumen og tilslag selv ved 125°C

Viskositeten af bitumen i Pankas Warm-Mix-Asphalt er uændret i forhold til traditionelle bitumener, da der udelukkende er tale om en modificering af bitumens overfladeegenskaber.

Fordele:

Med hensyn til reduceret emission af CO_2 har Pankas' arbejde hidtil med Warm-Mix-Asphalt vist at det er muligt at opnå en reduktion på ca. 25%.

Den mindre hærdning af bitumen under blanding, transport og udlægning er endnu ikke eftervist, men lyder sandsynlig da varmepåvirkningen af bitumen alt andet lige er mindre i Warm-Mix-Asphalt.

Hvad angår mindre bitumen røg under udlægningen har de formænd for asfaltudlægningshold i Pankas som indtil videre har arbejdet med Pankas Warm-Mix-Asphalt udtalt at udlægnings- og komprimerings-mæssigt fungerer det på samme måde som traditionelt asfalt blandet ved normale temperaturer, men at den markant mindre udvikling af bitumen røg under udlægningen er en stor arbejdsmiljømæssig forbedring for alle medarbejderne på asfaltholdet.

Arkil A/S

Arkil A/S asfalt har gennem en årrække anvendt additiv i form af vokstypen. Voksen er dog primært anvendt for at opnå en bedre modstand mod sporkøring. Der er lavet enkelte forsøg med at reducere temperaturen, men kun i det små, da voksen typisk har været anvendt i ABB'er med skærpede krav til komprimeringen. På laboratoriet er Arkil i gang med at afprøve forskellige additiver til produktion af lav temperatur asfalt. Der vil senere på året blive gennemført prøveproduktion og udlægning med udvalgte additiver.

5.1.4 **Dansk indlæg på møde**

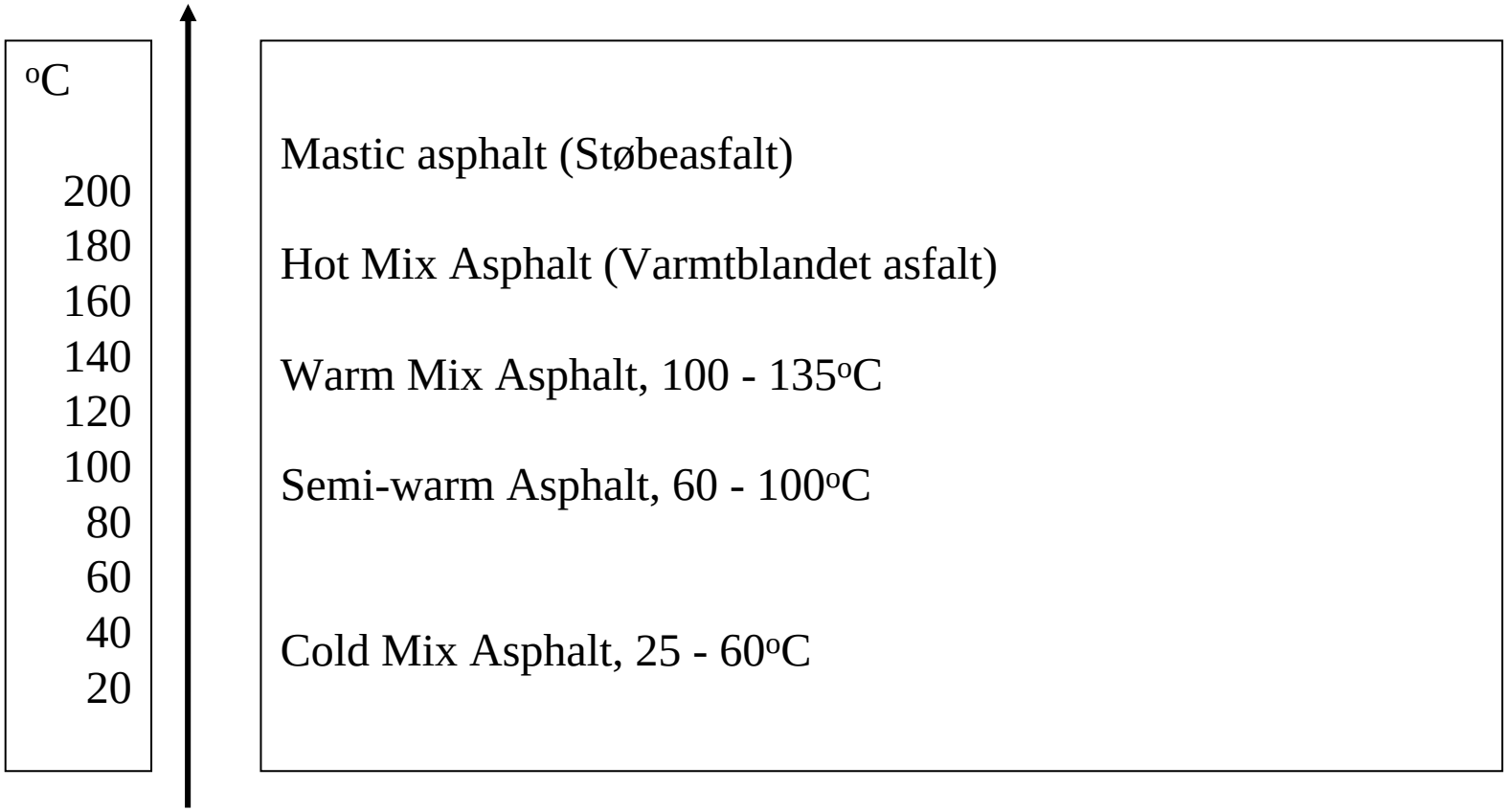
Belægninger
Det Danske Udvalg

8. Juni 2009 i Sønderborg

Miljøtilpassede belægninger

Hovedpunkter:

- **WMA, erfaringer, kvalitet og miljøgevinst**
- **Koldasfalt**
- **Koldblandet asfalt**
- **Overfladebehandling**



> 100 °C tilstræbe samme kvalitet som varmtblandet asfalt

Metoder til WMA

- tilsætning af et organisk stof
    - langkædede vokstyper
    - amin- amider

- tilsætning af vand
    -skumbitumen, vandholdige skærver eller zeolit – materialer

- modifikationer af blandeproceduren

Erfaringer med WMA i DK

- alle asfaltfirmaer har gennemført forsøg og alle planlægger flere forsøg i 2009

- forskellige typer additiver

- vokstyper tidligere anvendt til forbedring af sporkøringsresistensen samt komprimeringsegenskaber

- andre additiver, meget små mængder, bindemidlets overfladeegenskaber

- hårde bindemidler

Har WMA samme kvalitet som Varmtblandet Asfalt?

- lab. forsøg og udenlandske erfaringer indikerer samme kvalitet

- erfaring fra praksis i DK mangler, min. 5 års erfaring

- et firma i Danmark har udført laboratorieundersøgelser.
  - -asfaltkvaliteten er sammenlignelig med VBA
  - -der var forskel på effekten af de forskellige additiver

Hvad er miljøgevinsten ved WMA contra Varmtblandet Asfalt?

-dokumentationen er endnu noget mangelfuld

-nuværende viden og erfaring angiver følgende:

- Produktions- og udlægningstemperaturen kan reduceres med 30 – 45 ^{o}C
- Energiforbruget til selve asfaltproduktionen kan reduceres med 10 - 25 %
- Udledningen af drivhusgasser kan reduceres med 10 – 25 %
- Mindre ”bitumenrøg” under udlægningen til gavn for udlægningsholdet og øvrige omgivelser
- Reduceret hærdning af bindemidlet
- Der er ikke rapporteret om direkte negative erfaringer.

Omkostninger

-Vurderes generelt som ”omkostningsneutrale”

Problemområder

-Reel dokumentation af reduktion, samlet set
-Standardiseret dokumentation
-Kvalitet i praksis, herunder restvand
-O.s.v.

Cold mix asphalt
koldasfalt og koldblandet asfalt.

Koldasfalt

-Slurry Seal Micro Surfacing

-Stenmaterialer, cement, vand, bitumenemulsion og evt. cellulosefibre blandes koldt i udlægningsmaskinen

-Slidlag 1988

-Oversolgt, solgt til de forkerte veje eller i forkert lagtykkelse

-Sporopretning
- -Der anvendes kun den til opretningen nødvendige mængde materiale
- -Sporet kan udlægges med overhøjde, således at der tages hensyn til efterkomprimering
- -God struktur
- -Hurtig genåbning
- -Miljømæssigt og arbejdsmiljømæssigt en god teknik

Koldblandet asfalt

-in-situ eller på et blandeværk. Genbrug, nye stenmaterialer og bitumen

-skumbitumen eller emulsion.

-Der er udført in situ blanding både som bærelag og slidlag, på forsøgsbasis

-Der er udlagt flere tusinde kvadratmeter med værksblandet koldblandet asfalt med emulsion, både som bærelag og som slidlag

-Anvendelsesområder meget let trafikerede veje som f.eks. skovveje, veje i sommerhusområder, redningsveje og lignende.

-Cold mix asphalt,

- -besparelser på energiforbruget og på CO2 udledningen
- -endnu ikke eksakte tal
- -godt arbejdsmiljø

Overfladebehandling

-cutbackbitumen, 4 – 8 % let fordampelige opløsningsmidler

-teknisk rimelig og velafprøvet
-luftforurening
-brandfare
-dårligt arbejdsmiljøet, 150 – 170°C

-emulsionen,

-teknisk god, afprøvet
-miljømæssigt god, 60 – 80°C
-lidt højere pris, dog stigende anvendelse

-bitumen tilsat vegetabilsk olier

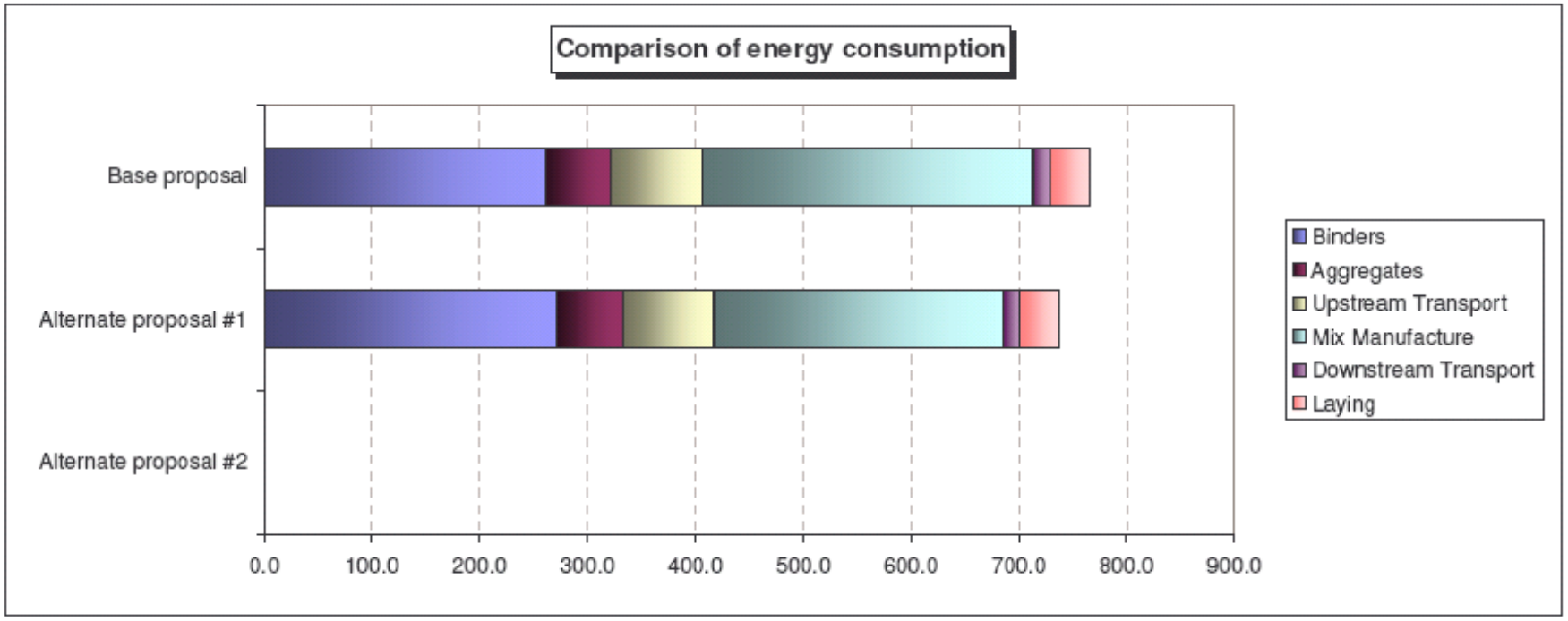
-hærdner, afprøvet seneste 3 år
-miljømæssigt bedre end CB, 170 – 180°C
-kræver yderlige udvikling, ydersæson m.m.

Danske udvalg, rapport 2009

Comparison of energy consumption

in GJ (Giga Joule)

Structure	Binders	Aggregates	Upstream Transport	Mix Manufacture	Downstream Transport	Laying	Total	Comparison / Base
Base proposal	260.4	61.1	84.7	307.1	16.2	36.5	**766.0**	
Alternate proposal #1	271.9	61.1	84.7	267.6	16.2	36.5	**738.0**	**-3.7%**
Alternate proposal #2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**	



5.1.5 **Finsk årsrapport**

NVF, Beläggningsutskottet
det finska utskottet

Huvudämne 2009

MILJÖANPASSADE BELÄGGNINGAR

Arbetsgrupp:

Timo Blomberg
Katri Eskola
Lars Forstén
Jarkko Valtonen

Huvudämne 2009

”MILJÖANPASSADE BELÄGGNINGAR”

ALLMÄNT

Det här är det finska utskottets ”State of the Art” rapport över huvudämnet ”Miljöanpassade beläggningar”. Begreppet ”miljöanpassade beläggningar” är diffust och kan behandlas mycket brett. I den här rapporten läggs fokus på de åtgärder som gjorts i Finland för att reducera asfaltbeläggningars temperatur och för att minska utsläppen från asfaltproduktionen. I någon mån har också övriga aspekter, som har anknytning till miljön, behandlats.

NVF´s beläggningsutskott (NVF 33) har rekommenderat att vi i denna rapport använder EAPA´s benämningar och temperaturdefinitioner, som visas i bild 1 nedan.

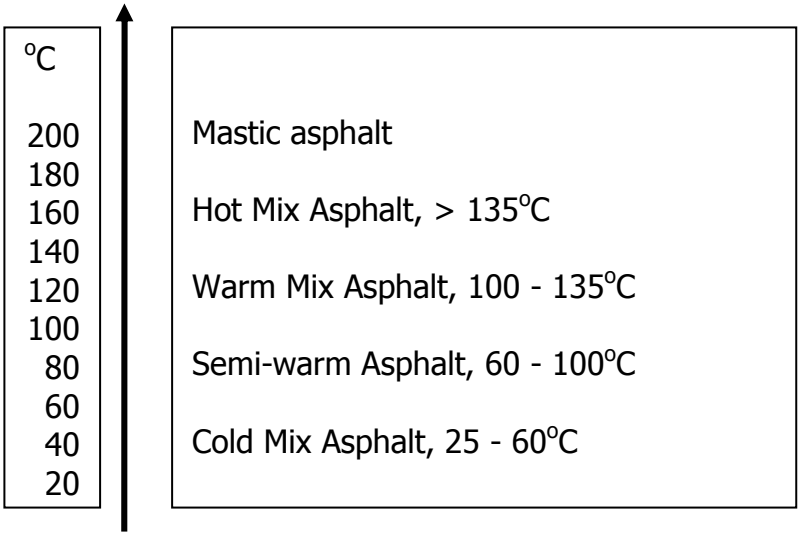


Bild 1. EAPA´s (European Asphalt Pavement Association) rekommendationer för klassificering av produktionsmetoder enligt blandningstemperatur

I Finland producerade man år 2008 cirka 6,2 Mton asfalt. Av denna produktion var största delen (5,4 Mton) så kallad ”Hot mix” produktion. Mjukasfalt, som efterträtt oljegruset, producerades 0,76 Mton. Mjukasfalt produceras både som ”Semi-warm Asphalt” och som ”Warm Mix Asphalt”.

Att man i dag talar så mycket om att minska asfaltmassans temperatur och minska CO_2-utsläppen från produktionen av asfaltmassa, beror på flera orsaker. Dels vill man sträva till att göra produktionen mera säker för både arbetare och miljön. Dels försöker det politiska etablissemanget minska energiåtgång och utsläpp, i synnerhet CO_2. Och naturligtvis har asfaltproducenterna intresse av att minska energiåtgången och få en bättre ekonomi. Generellt kan man säga att Finland inte har problem med ”Hot mix” produktionens temperaturer och utsläpp. I Finland upplever vi att vår ”hot mix” process är en ren och säker process. Till och med i gjutasfaltproduktionen har de uppmätta expositionsvärdena varit rätt låga. Utsläppsmängder och handel med utsläppsrätter kan mycket väl komma att beröra den finländska asfaltbranschen i framtiden, men idag är det inte ett problem. Asfaltproducenterna har ännu inte satt stor fokus på att minska sitt energiförbruk.

Vid produktionen av ”hot mix” massor är det normalt att man använder de temperaturer, som föreskrivs av de finska asfaltnormerna (Asfalttinormit 2008). Dessa temperaturer ges i tabellen nedan.

Tabell 1. Temperaturgränser för asfaltmassa, som levereras från verk. /1/

Bitumen typ	Temperatur °C *)
KB (PMB)	170 – 200
35/50	160 – 200
50/70	150 – 190
70/100	140 – 180
100/150, 160/220	130 – 170
250/330, 330/430	120 -160
500/650	110 – 150
650/900	110 (70) ** - 140
V1500	(40) ** - 120
V3000	(50) ** - 120

*) SMA-massor blandas i 20°C högre temperatur än vad tabellen föreskriver. Maximitemperatur för gjutasfalt är 230°C om vanligt bitumen används och 200°C om PMB används. Kortvarig upphettning av gjutasfaltmassan (≤ 1 h) direkt före utläggning tillåtes. I dessa fall är den maximala utläggnings-temperaturen 240°C respektive 210°C.

**) Upphettning med ånga (”Turbo-verk”). Lägre blandningstemperaturer kan användas om man med förhandsprovning kan påvisa att blandningen och vidhäftningen är god.

Vid normal ”hot mix” produktion är bränsleförbrukningen 5,5 – 7,5 liter olja per producerat ton asfalt. På verk, där många olika massor produceras, kan förbrukningen vara 8 – 9 l/ton. Till detta kan man tillägga elektricitetsförbrukningen, som ofta är 5-7 kWh/ton. Vid produktionen av mjukasfalt med viskositetsgraderade bindemedel i ”Turbo-verk” är bränsleförbrukningen 2,5-3,5 l/ton.

LÄGRE TEMPERATUR OCH REDUCERING AV CO_2-UTSLÄPP

Ett av de mest aktuella teman inom asfaltbranschen idag är att reducera asfaltmassornas temperaturer och sålunda minska utsläpp och förbättra arbetarnas yrkeshygien. Många nya metoder har introducerats i både Europa och Amerika. Asfaltbranschen talar mycket om både ”Warm Asphalt” eller ”Low Temperature Asphalt”, som en lösning på både hälso- och miljöproblem. Diskussionen handlar om goda målsättningar, om ny teknik samt i synnerhet om en god inställning till HSE-frågor.

Diskussionen präglas av många motstridiga målsättningar. Sänkt temperatur på asfaltmassan brukar medföra kvalitetsproblem. Asfaltbranschens normala ”hot mix”-process är som sådan en rätt ren process med hyfsat låga utsläpp och goda hälso- och säkerhetsaspekter. Därför kan man förundra sig över den vurm som branschens centralorganisationer (EAPA och NAPA) har uppviglat, då de propagerar för reducerade temperaturer. Vissa argument, som framförs till förmån för temperaturreducering, verkar vara överdrivna. Med dessa påståenden vill vi inte motsätta oss den i och för sig goda målsättningen att förbättra asfaltbranschens HSE-klimat, utan bara diskutera objektivt vad som pågår.

I Finland har man inte gjort så mycket för att minska asfaltmassornas temperaturer. Man har inte sett det, som ett stort behov. Asfaltbranschen i Finland anser att diskussionen om att sänka temperaturen i någon mån har förvrängts. Diskussionen borde kanske mera vara inriktad på att minska utsläpp i stället för att reducera temperaturen. Mera fokus borde läggas på beläggningarnas beständighet och livscykelkostnader. Här nedan ges en ”state of the art” genomgång på vad som gjorts.

Reducering av massatemperaturer utan tillsatsmedel eller ny teknik

Vid de flesta asfaltverk används onödigt höga temperaturer på den levererade asfaltmassan. Detta gäller i synnerhet de verk som producerar olika massatyper och massor för många olika utläggarlag. Asfaltverk i tätorter, som producerar massor för både kommuner och den privata marknaden, lockas lätt att använda onödigt höga temperaturer. Dels bör olika massor produceras i olika temperaturer och dels ges det god service åt de lag som gör handutläggning. Eftersom samma stenmaterial ofta används i olika massor, så blir det lätt varmare massor än vad som är behövligt. Detta gäller speciellt produktionen på sommaren, då svalare massor kan användas.

Generellt kan man påstå att man på de flesta asfaltverk inte lagt fokus på energibesparing, utan varit mera inriktad på att ge utläggarlagen massa enligt deras önskan. Inställningen till energibesparing har inte varit den bästa! Skolningen som getts asfaltverkens personal har inte heller varit inriktad på lägre temperaturer och minskade utsläpp.

Det finns enkla räkneformler, med vilka man lätt kan optimera asfaltmassans temperatur. Genom att mäta utetemperatur och vindhastighet samt genom att beakta beläggningens tjocklek kan man lätt bestämma rätt temperatur för massan. Eventuellt kan också transportsträckan beaktas. Med temperaturoptimering kan man i de flesta fall sänka asfaltmassans temperatur med 10-20°C. Temperaturoptimering lämpar sig bäst på verk som producerar massa till en eller få kunder. På de verk, som dagligen producerar 10-20 st. olika massor, kan det vara svårare att optimera temperaturen på alla massor.

Temperaturoptimering kräver inga investeringar – bara rätt inställning och kanske lite skolning, motivering och uppföljning!

En sänkning av asfaltmassans temperatur med 10°C minskar bränsleförbrukningen med 0,3 l/ton. Med dagens bränslepris ger det en inbesparing på 0,12 €/ton. En 10°C lägre temperatur reducerar mängden CO_2 utsläpp med 1 kg CO_2/ton producerad asfalt. En genomgående temperaturreducering på 10°C ger alltså rätt stora inbesparingar på årsnivå för producenten. Denna inbesparing kommer direkt ned på resultaträkningens sista rad!

WAM

WAM (Warm Asphalt Mix), som tagits fram av KoLo-Veidekke i Norge och Shell, har inte prövats i Finland. Licenspriset, som begärts har varit så högt att hela energi-inbesparingen, som kan erhållas med WAM-processen skulle ha gått till licensgivaren. WAM-processen kräver investeringar i skumutrustning, men dessa är inte oöverkomligt dyra. WAM-marknadsföringen påstår att WAM-asfalt kan läggas i temperaturer på ca 90-110°C. En sådan energi-inbesparing skulle vara ekonomiskt mycket lönsam.
Vi i Finland förundrar oss därför över att inte WAM slagit igenom i Norge heller! Är det så att överord framförts och att man inte i dessa temperaturer kommer upp till den kvalitetsnivå som krävs av asfaltbranschens beställare?

Skumbitumen (Warm Mix Asphalt med skum)

I Finland har Lemminkäinen Infra Oy gjort försök med skumasfalt. De första försöken med skumasfalt i ”hot mix” produktionen gjordes redan år 1983. Då prövades skumning för att kunna minska bindemedelshalten i asfaltbeläggningar. Under de senaste åren (2003 – 2008) har Lemminkäinen gjort flere försök med skum för att reducera massans temperatur. Enligt försöken ser det ut som om man kan reducera temperaturen med ca 10-30°C genom att använda skumbitumen. Olika asfaltbeläggningar har producerats med skum. Det verkar som om goda AB-beläggningar kan göras vid ännu vid 125-130°C:s temperatur. Då man beaktar de övertemperaturer som ofta används, så blir skumningens temperaturreducerande effekt ca 20°C, vilket gör skumning ekonomiskt intressant. En investering i skumutrustning är överkomlig. Det saknas ännu erfarenhet av långvarig varm skumasfaltsproduktion, trots att många försök och provsträckor gjorts under de senaste 5 åren.

Rätt mycket skum har använts i stabiliseringsmassor. Bitumenstabilisering görs med kalla massor (”Cold Mix Asphalt”)!

Torrt stenmaterial

En stor del av energibehovet vid asfaltproduktionen kan gå åt till att torka fuktigt stenmaterial. Av praktiska skäl är det ofta omöjligt att upphandla torrt stenmaterial. Ofta måste säsongens stenmaterial upphandlas redan långt före asfaltsäsongen sätter igång, beroende på när stenmaterial krossas på orten. I Finland används ofta mobila krossverk, som ambulerar från ort till ort! I Finland används mycket ”kontinuerligt” stenmaterial, t.ex. 0/16, i asfaltproduktionen.

Entreprenörerna som krossar sten och berg är ofta tvingade att fukta materialet, så att inte stenmaterialet dammar så mycket. Upphandling av stenmaterial sker på viktbasis. Det betyder att asfaltproducenten ofta betalar för stenmaterialets fukt. Dubbelbetalning blir det eftersom stenmaterialet skall torkas i torktrumman. Upphettning och förångning av vatten kräver mycket energi. I tabell 2 visas en turkisk uträkning på energibehovet vid upphettning och torkning av fuktigt stenmaterial. I uträkningen visas också hur stor energi-inbesparingen blir vid produktionen av asfalt i lägre temperatur.

Det är ju vida känt att de fina stenfraktionerna kan uppta mycket fukt medan de grova fraktionerna inte blir så fuktiga. Gammal krossad asfalt har ofta hög fukthalt.

Tabell 2. Energiförbrukningen beroende av stenmaterialets fukthalt och asfaltmassans temperatur. / Malkoç 2/

•Energy savings due to low moisture content

ENERGY REQUIREMENT CONVENTIONAL SYSTEM		Aggregate Moisture Content					
		HMA			WMA		
		5%	2,5%	0,5%	5%	2,5%	0,5%
Mineral temperature	ºC	155			120		
**Heating aggregate	Kw	33	33	33	25	25	25
Water Heating		5	2	0	5	3	0
* Water Evaporation		30	16	3	30	15	3
Emission losses		5	5	3	5	4	3
Radiation losses		2	2	2	2	2	2
Total		75Kw	58Kw	41Kw	67Kw	49Kw	33Kw

Eftersom upphettning av fuktigt stenmaterial kräver mycket energi och således pengar, kan det vara värt att skydda de fina stenmaterialfraktionerna och den gamla asfalten från att bli fuktigt under lagringen. Olika skydd, såsom silon, tak, presenningar eller annan täckning kan komma i fråga. Om dessa är lönsamma eller ej, kan bara bestämmas genom vanliga investerings- och lönsamhetsberäkningar. I dag är det mycket ovanligt att stenmaterialet skyddas mot regn och fukt i Finland.

Om stenmaterialet innehåller 1 % fukt så finns det 10 kg vatten i 1 ton stenmaterial. För att hetta upp och avdunsta 1 % fukt krävs det 26,4 MJ. Brännoljans värmevärde är 40,7 MJ/kg. Det krävs 0,65 kg brännolja extra per varje % fukt i stenmaterialet. Med dagens oljepris betyder det att varje % fukt som finns i stenmaterialet kostar cirka 0,26 €/ton extra i en ”hot mix produktion”.

En annan miljö- och energiaspekt, som man bör beakta vid stenmaterialupphandlingen, är att stenmaterialet har önskad kornkurva. Om stenmaterialet innehåller för mycket finmaterial går det åt energi att uppvärma och torka sådant överskottsmaterial, som sedan avskiljs vid verkets siktar (varm proportionering).

Det gäller att ha koll på sitt stenmaterial – både på kornkurvor och på fukthalter!

Tillsatsmedel

En uppsjö av nya tillsatsmedel har blivit aktuella nu, då det talas mycket om temperaturreducering och minskning av utsläpp. I andra länder rapporteras det att man använder olika vaxprodukter, vidhäftningsmedel och fillers med kristallvatten för att reducera massans temperatur. I marknadsföringen av dessa påstås det allmänt att man kan reducera temperaturen med 20-40°C. Dessa påståenden är ofta överdrivna!

Olika vaxprodukter används rätt ofta i Europa. Vaxproducenterna påstår att vax reducerar temperaturen med ca 30°C. Detta stämmer inte! Om man jämför bitumen med eller utan vax, så märker man, då man jämför dem i ekviviskositet, att vaxinblandning kan reducera temperaturen med 5-10°C – inte mera!

Produkterna som innehåller vidhäftningsmedel, ger ej direkt temperaturreduktion, men indirekt kan de vara nyttiga då massa framställs i lägre temperatur. Ju kallare massa desto mera vidhäftningsmedel behövs det!

Det verkar som om producenter och försäljare av ”temperaturreducerande” tillsatsmedel gladeligen tar med asfaltproducenternas ”övertemperaturer”(10-20°C) i sina egna produkters egenskaper!

Att sedan t.ex. vax ger beläggningen andra goda egenskaper är en sak för sig. Vax förbättrar i många fall deformationsegenskaperna hos beläggningen. Därför kanske vax mera borde behandlas som ett modifieringsmedel än som ett temperaturnedsättande tillsatsmedel.

I Finland har dessa tillsatsmedel inte kommit i något större bruk. Temperaturreducerande tillsatsmedel har bara använts i några objekt eller tester. Följande försök har rapporterats:

Vax; Sasobit
Destia Oy har använt Sasobit i gjutasfalt, för att förbättra utläggningsegenskaperna, minska temperaturen och minska gjutasfaltens rinning på sluttande ytor.

Skummande filler, Aspha-Min
Några små försök har gjorts i Finland!

Produktionsteknik

Rätt mycket har gjorts under de senaste årtiondena för att förbättra produktionstekniken ur energisynpunkt. Ett modernt asfaltverk är i dag mera inkapslat än för 20-30 år sedan. Det ger inbesparingar och mindre utsläpp, i synnerhet mindre dammbildning.
Energihushållningen har blivit mycket bättre. Bättre brännare gör att energiförbrukningen är mindre i dag än tidigare. Renare bränslen har tagits i bruk, vilket har minskat utsläppen. Användningen av naturgas har ökat i de områden där naturgas finns tillgänglig. Förutom att

gas har ett bättre värmevärde så ger gasen, som är renare än olja, också lägre servicekostnader och mindre utsläpp.

Asfaltverken kan reducera sina utsläpp genom att ha en jämn produktion samt genom att optimera brännarens funktion. Verket kan förbättras med mera inkapsling och isolering. Rökgasernas värme kan delvis utnyttjas!

Mjukasfalt

Mjukasfalt utvecklades i tiden dels som en ersättning för oljegruset och dels som en beständigare beläggning än oljegruset. Oljegrusvolymen var i tiden mycket stor och man kan säga att Finlands vägnät byggdes upp med hjälp av oljegruset. Oljegrusets bindemedel, vägoljan, innehöll betydande mängder flyktiga komponenter (oljor, VOC). Stora VOC-utsläpp kom från oljegruset. På grund av dessa gavs restriktioner på oljegrusanvändningen och mjukasfalt (PAB-beläggningarna) utvecklades och ersatte oljegruset.

Av Finlands vägnät (50.800 km), som det finska Vägverket ansvarar för, är mer än hälften, 31.700 km, belagt med mjukasfalt. I Finland var asfaltproduktionen år 2008 6,2 Mton. Av dessa var cirka 12 % (0,76 Mton) mjukasfalt.

Mjukasfalt – i Finland PAB (eng SAC) – produceras antingen med viskositetsgraderat bindemedel och kallas då PAB-V, eller med mjuka vägbitumen och kallas då PAB-B. PAB-V produceras mest i mobila verk av s.k. Turbo-typ. I ”Turbo-verken” sker upphettningen med hjälp av upphettad ånga. Produktionstemperaturen är 40 – 80°C. PAB-V kan alltså klassificeras som ”semi warm asphalt mix”. Bindemedlen V1500 och V3000 används i mjukasfalt, som produceras som ”semi-warm asphalt mix”. Vidhäftningsmedel används alltid i V1500 och V3000.

PAB-B produceras huvudsakligen i normala asfaltverk i 110 - 140°C temperatur. PAB-B är således en ”Warm Mix Asphalt”-produkt. Mest används bindemedlet 650/900 i PAB-B, men också något hårdare bitumen används.

För produktionen av PAB-V är bränsleförbrukningen ca 3 l/ton och för PAB-B ca 5 l/ton.

Användningen av mjuka bindemedel är ett sätt att reducera temperatur och utsläpp. Mjukasfalten är dock enbart lämplig på vägar med låg trafikmängd.

I bild 2 visas hur användningen av mjuka bindemedel, viskositetsgraderade bitumen, vägoljor och bitumenlösningar, har utvecklats i Finland under de senaste 15 åren. Som man kan se har den totala volymen mjuka bindemedel minskat betydligt sedan början av 90-talet, då över 7 Mton asfalt producerades i Finland. Användning av vägoljor (BiÖ2, BiÖ4 och BiÖ6) har nästan upphört helt. Vägolja BiÖ2 används i någon mån ännu för reparaturmassor under beteckningen BL2K (bitumenlösning). BiÖ6 har ersatts av bitumen 650/900.

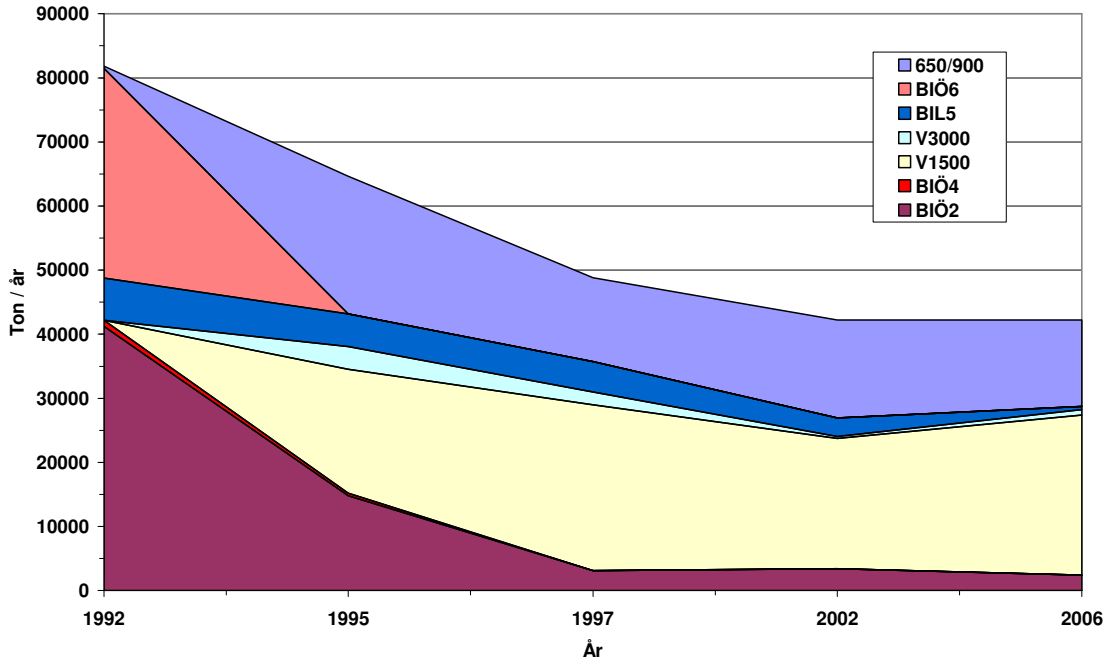


Bild 2. Vägoljors (BiÖ), bitumenlösningars (BIL), viskositetsgraderade vägbitumens (V1500 och V3000) och bitumen 650/900´s volymutveckling under de senaste 15 åren.

Emulsioner och emulsionsbeläggningar

I Finland är produktionen och användningen av emulsioner rätt liten. Så kallade kalla beläggningar, ”Cold Mix Asphalt”, har en mycket liten marknadsandel. Reparationsmassor, av typ oljegrus, produceras. Mjuk-asfalt (PAB / SAB eng), som framställs halv-varm, görs i rätt stor volym. Kalla emulsionsmassor eller kalla RC-massor används icke i Finland. Bitumenstabilisering görs i någon mån.

I början av 1990-talet (1992-1995) gjordes omfattande försök med olika mjuka bindemedel, mjukasfalt och emulsionsbeläggningar. I samband med dessa försök gjordes allt som allt 104 provsträckor med emulsionsmassor. Vid kartering som gjordes 2007-2008, så fanns 62 av dessa provsträckor kvar. Av de vid samma tidpunkt gjorda 42 mjukasfaltprovsträckorna fanns 35 kvar. Emulsionsmassor, liksom mjukasfalt i allmänhet, har klarat sig bra om vägkroppen är väl dränerad. Man kunde också konstatera att emulsionsmassor med tillräckligt hög bindemedelshalt och de emulsionsmassor, som hade framställts i högre temperatur, hade klarat sig bäst. Om produktionstemperaturen var 50-60°C var resultatet gott, medan problem uppstod då temperaturen var 30-40°C. Trots dessa hyfsade resultat har inte de kalla emulsionsmassorna slagit igenom. Dels anses emulsionstekniken vara mycket krävande och dels är mjukasfalttekniken enklare, säkrare och billigare.

I bilderna 3 och 4 visas emulsionsmängderna, som producerats i Finland under de senaste åren.

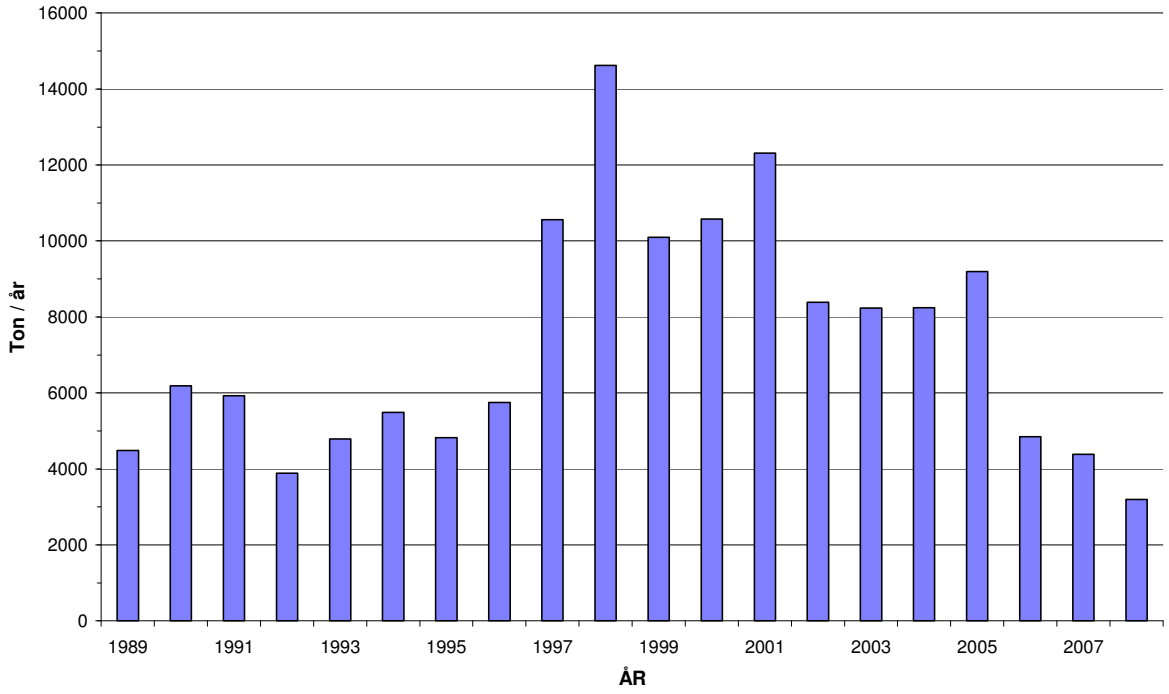


Bild 3. Produktionen av emulsioner i Finland under åren 1989- 2008.

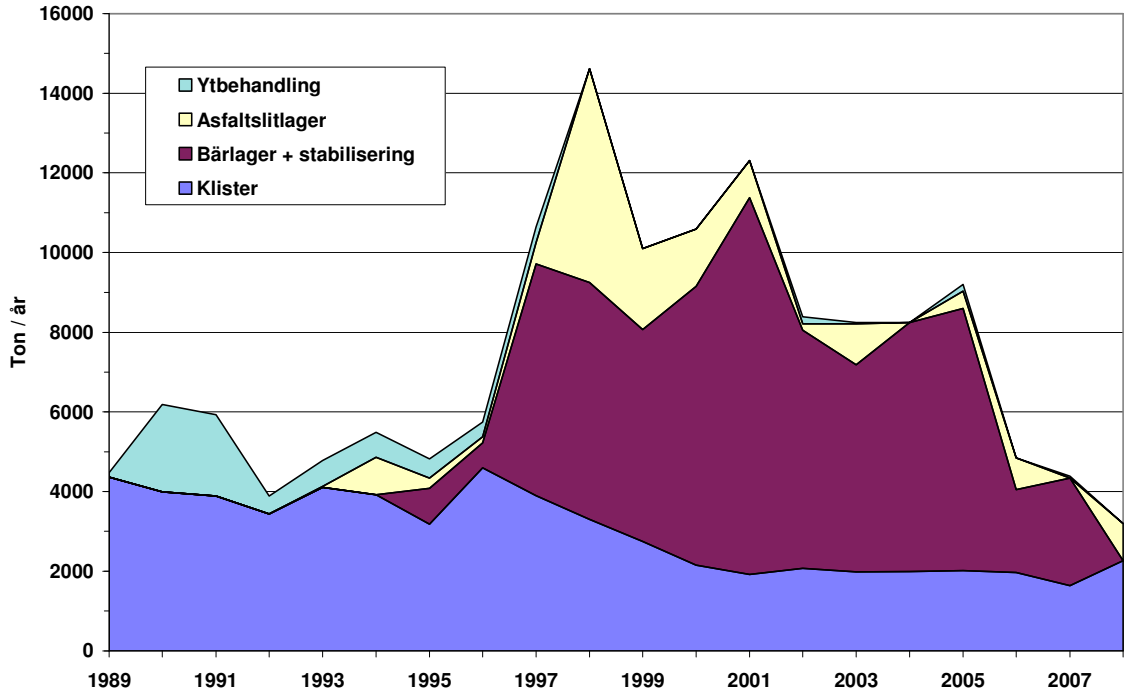


Bild 4. Användningen av olika typers emulsioner i Finland.

I dag produceras i praktiken enbart klisteremulsion i Finland. Under tidigare år har ”slurry-seal” emulsioner, emulsioner för stabiliseringar och emulsioner för emulsionsbeläggningar gjorts i Finland. Alla dessa applikationer har minskat drastiskt under de senaste åren. Ytbehandlingar med emulsioner har utförts i liten mängd. Ytbehandlingarna håller på att dö ut i Finland! Bild 5 visar hur mängden ytbehandlingar har minskat i Finland under de senaste åren från att ha varit betydande i början av 1990-talet. Man uppskattar att enbart ca 700.000 m² ytbehandlingar utfördes år 2008. År 1996 var 3874 km av Vägförvaltningens vägar belagda med ytbehandling SOP (Y1G). År 2008 var enbart 1883 km väg belagd med SOP. Ytbehandlingarna har under de senaste dryga 10 åren till stor del uppgraderats och belagts med mjukasfalt, medan en liten del av de ytbehandlade vägarna ”förbättrats till grusvägar”, i enlighet med Vägförvaltningens något förvirrande strategi för lågt trafikerade vägar!

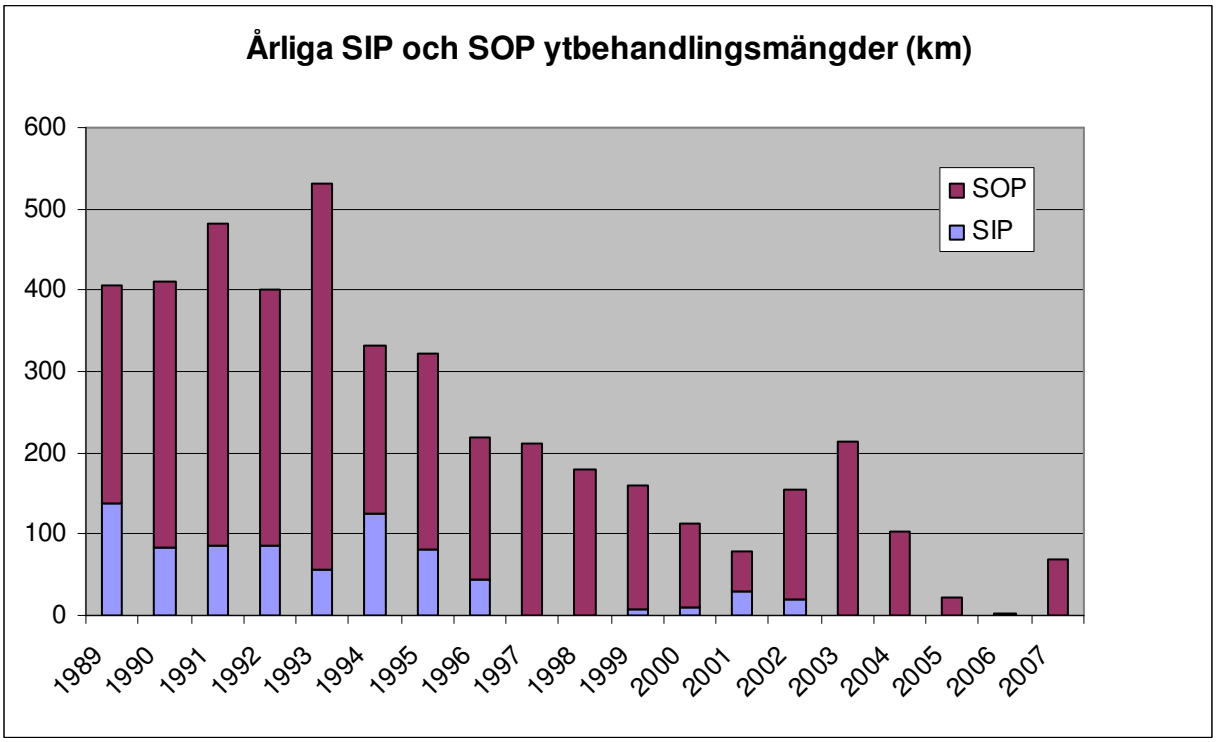


Bild 5. Ytbehandlingsmängderna för Vägförvaltningen i Finland 1989 – 2007. SIP motsvarar Y1B och SOP Y1G. Vägförvaltningens statistik

Rätt mycket bitumenstabilisering har gjorts i Finland. Också stabiliseringsmängderna går nedåt, fastän erfarenheterna av stabiliseringar är goda. Orsaken till nedgången är att Vägförvaltningen inte får de resurser som behövs för att underhålla det lågtrafikerade vägnätet. Bitumenstabilisering är ju en åtgärd som är synnerligen lämpad för att förbättra vägar med svag och vattenkänslig vägkropp. Bitumenstabilisering har gjorts med både emulsion och skum. Skumstabilisering har varit vanligare. Också stabilisering med cement och stabilisering med masugnsslagg görs. En nyare stabiliseringsvariant är så kallad kompositstabilisering, där både bitumen och cement används som bindemedel.

I bilderna 6 och 7 visas hur stabiliseringsmängderna har utvecklats i Finland under de senaste åren. Det är överraskande, att så kallad ”homogeniserande stabilisering” av bärlager, utan någon tillsats av bindemedel, ökat så starkt. Bristen på resurser är orsaken till att detta synnerligen underliga förfarande har ökat på bekostnad av de riktiga stabiliseringarna. I bild 7 har homogeniserande fräsning och tillsättning av mera grus (pågrus) registrerats tillsammans. År 2008 gjordes det 410 km homogeniserande fräsning och 251 km bärlagerförbättring med pågrus på Vägförvaltningens vägar.

Bitumenstabilisering, antingen med skum eller med emulsion, kan anses vara “cold mix asphalt”.

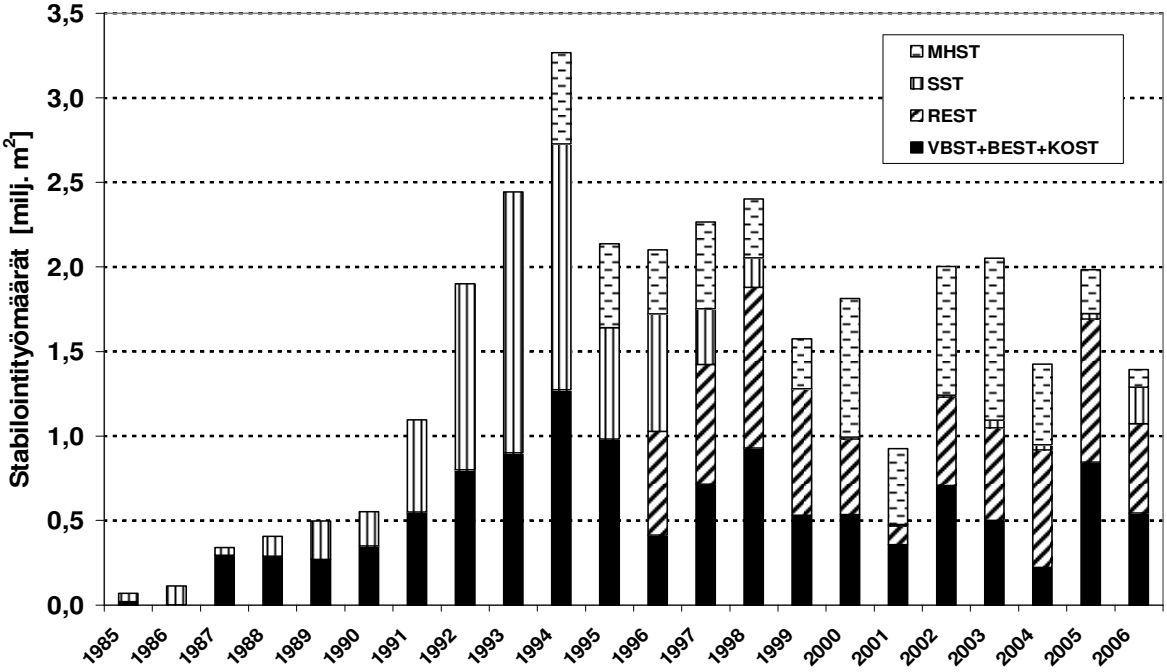


Bild 6. Stabiliseringsmängder i Finland 1985 – 2006. MHST är stabilisering med masugnsslagg, SST är cementstabilisering, REST är Remixer-stabilisering (varm), VBST skumstabilisering, BEST emulsionstabilisering, KOST kompositstabilisering. /3/

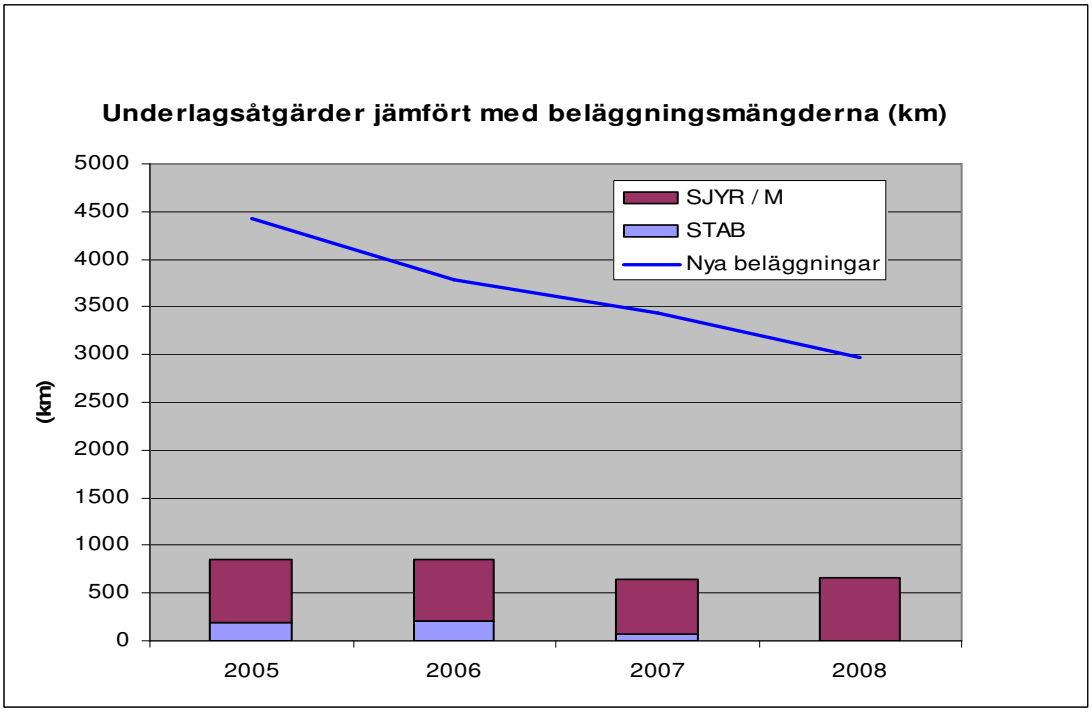


Bild 7. Mängderna homogeniseringsfräsning (SJYR), pågrus (M) och stabilisering (STAB) jämfört med beläggningsmängderna (km), som utförts för Vägförvaltningen; Vägförvaltningens statistik

BIOBINDEMEDEL

Rypsolja och övriga vegetabiliska oljor, som i övriga länder har prövats eller använts i ytbehandlingar, har inte provats i Finland.

Talloljebeck har i någon mån använts som tillsats i bitumen under 1980- och 1990-talet. Tillsatsmängden har varit 10-20 % av bindemedlet. Talloljebeck är mjukt och gav bindemedlet en kännspak becklukt. Talloljebeck påstods förbättra vidhäftningen. Talloljebecket salufördes något tvivelaktigt till ett pris som var bundet till bitumenpriset (ca. 90-95 % av bitumenpriset).
Talloljebecket användes främst som ”rejuvenator” i t.ex. Remixer- och recyclingmassor. Talloljebeck prövades också tillsammans med ”avfallsplast”. I denna applikation ansågs talloljebecket ha en upplösande effekt på plasten.
Användningen av talloljebeck har upphört, närmast på grund av luktproblemen. Inblandning av talloljebeck gav också vissa kvalitetsproblem.

Bioflux, som huvudsakligen har producerats av palmolja i biodieselproduktionen, har prövats som ersättning till bitumenoljans (vägoljans) flyktiga destillat.
Trots att oljegrus inte mera används som verklig beläggning i Finland, har ännu ca. 3000 ton bindemedel för oljegrusliknande massor producerats i Finland årligen. Det är frågan om reparationsmassor, som kan lagras i hög, som ännu framställs med ”bitumenolja”. Bindemedlet, som ersatt vägoljan, kallas i dag bitumenlösning BL2K.
Från och med 2008 har man prövat bioflux i stället för de dieselliknande ”lösningsmedel” som använts i BL2K. Erfarenheterna med den nya ”biovägoljan” är huvudsakligen positiva. Mera försök kommer att göras.

Produktionsteknik vid utläggning

I detta huvudämne har man inte för avsikt att behandla energifrågor relaterade till utläggning och transporter. Det är klart att också på detta område kan man spara energi och minska utsläpp. I Finlands vinnande FoU-rapport från år 2008 påvisade Tuomas Vasama hur man kan greppa tag på dessa problem /4/.

Recycling

Finland har varit ett föregångsland då det gäller recycling. Recycling-verksamhet påbörjades redan under mitten av 1970-talet. I slutet av 1970-talet gjordes omfattande recyclingförsök med trumblandningsverk. Höga halter av asfaltgranulat (50 – 100 %) användes då. På 80-talet gick man över från trumblandningsverk till recycling på vanliga satsblandningsverk. I dag finns det mer än 30 asfaltverk i Finland, som är utrustade att göra varm recycling. Man uppskattar att cirka 500.000 ton gammal asfalt (asfaltgranulat) återvinns på de finska asfaltverken i dag (bristfällig statistik). Enligt de finska asfaltnormerna och EN-standarderna får maximalt 10 % asfaltgranulat tillsättas i asfaltmassor för ytskikt och 20 % i massor för bärlager, utan att man behöver deklarera det.

Recycling på väg är mycket vanlig i Finland. De totala volymen av olika in-situ RC-metoder torde vara cirka 15 Mm² per år (bristfällig statistik). Olika Remixing- och Repaving-metoder används. Nedan ses de in-situ RC-metoder som utfördes åt den finska Vägförvaltningen under år 2008.

Remixing och REMO*	854 km	
MPKJ**/MPK***	415 km	
Spår-Remixing och spår-REMO	410 km	
”in-situ” RC - totalt		1679 km
Lager (ny vanlig beläggning)		1291 km
	Totalt	2970 km

*	REMO =	Remixing av mjukasfalt och oljegrus
**	MPKJ =	Repaving/Remixing inkl. varmfräsning (”Remixing plus”)
***	MPK =	Repaving utan varmfräsning.

Man kan alltså konstatera att det gjordes flera kilometer beläggning med in-situ RC-metoder än vad det gjordes ny beläggning, som traditionellt lager. Det är naturligtvis priset för de tunna in-situ RC-beläggningarna, som gör att mängderna är så stora. Ur miljösynpunkt är det naturligtvis bra att kunna återvinna asfaltmassor.

LCA

Vid produktionen av asfaltbeläggningar, förorsakar bränsleåtgången, elektricitetsförbrukningen, produktionen av bitumen samt logistiken de största energiförbrukningarna och utsläpp. En lägre temperatur på asfaltmassan och kortare transporter kan ge goda sparmöjligheter. En temperaturreducering på 10°C ger cirka 0,3 liter mindre bränsleåtgång per producerat massaton, vilket ger en 5 % reduktion i CO_2-utsläpp. En motsvarande reducering av CO_2-utsläpp fås om transporten av stenmaterial eller asfaltmassa, kan förkortas med 15 km. Att minska stenmaterialets fukt är det viktigaste sättet att minska asfaltproduktionens utsläpp. I bild 8 ges en bild av asfaltproduktionens utsläpp

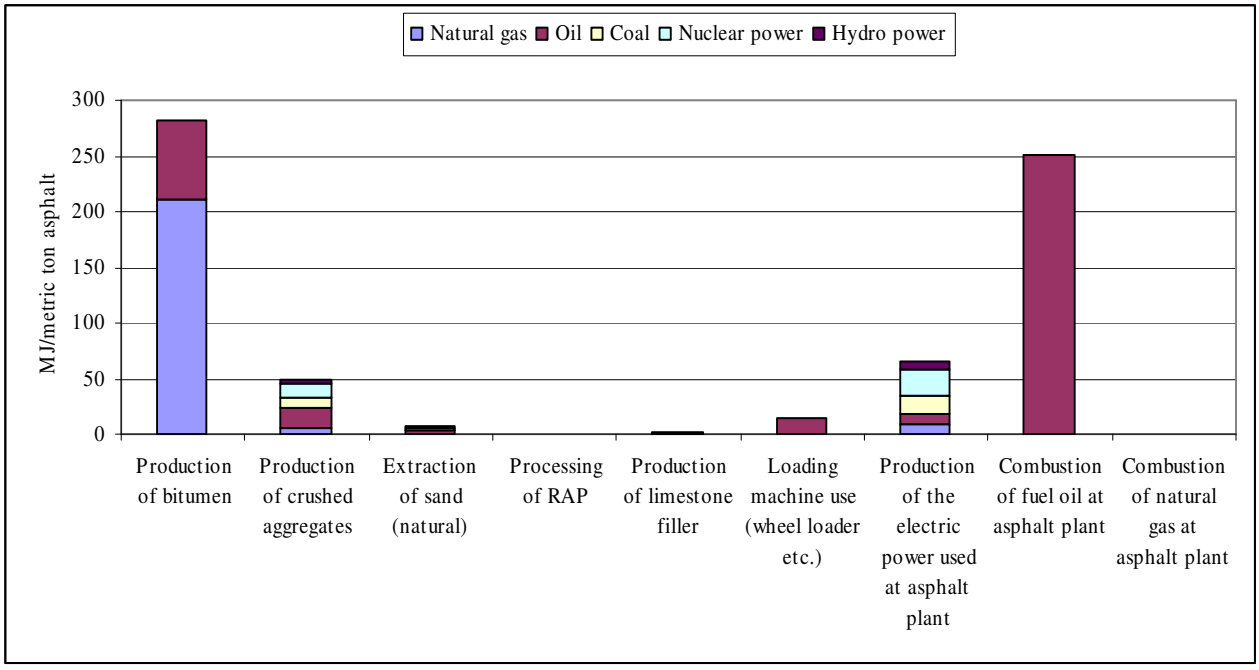


Bild 8. Energiresurser som krävs för produktion av slitlagerbeläggningar.
IVL-report, Life Cycle Assessment of Ashalt Pavement, 2000. /5/

Om de utsläpp, som produktionen av asfalt eller bitumen förorsakar, jämförs med de utsläpp som sker under vägens användning, så kan man konstatera att byggskedet inte har någon större roll i helhetsutsläppen. I tabell 3 visas hur trafikens och belysningens energiförbrukning och CO_2-utsläpp är jämförbara med asfaltproduktionens energiförbrukning och utsläpp. I tabell 4 visas asfaltproduktionens olika utsläpp i förhållande till hela vägens och trafikens (ÅDT 20.000) utsläpp under 50 år.

Tabell 3. Jämförelse av energiförbrukning och utsläpp från beläggning, trafik och belysning på en väg (ÅDT 20.000) under 50 år.
VTT, Environmental adaptation of concrete and asphalt pavements, 1996 /6/

	Energi GJ/km	**CO_2** Ton/km
Trafik	1 450 000	100 000
Belysning	14 000	400
Asfalt	3 300	190
Bitumen	1 100	60

Tabell 4. Asfaltproduktionens utsläpp jämfört med en livligt trafikerad vägs (ÅDT 20.000) totala utsläpp under 50 år. /6/

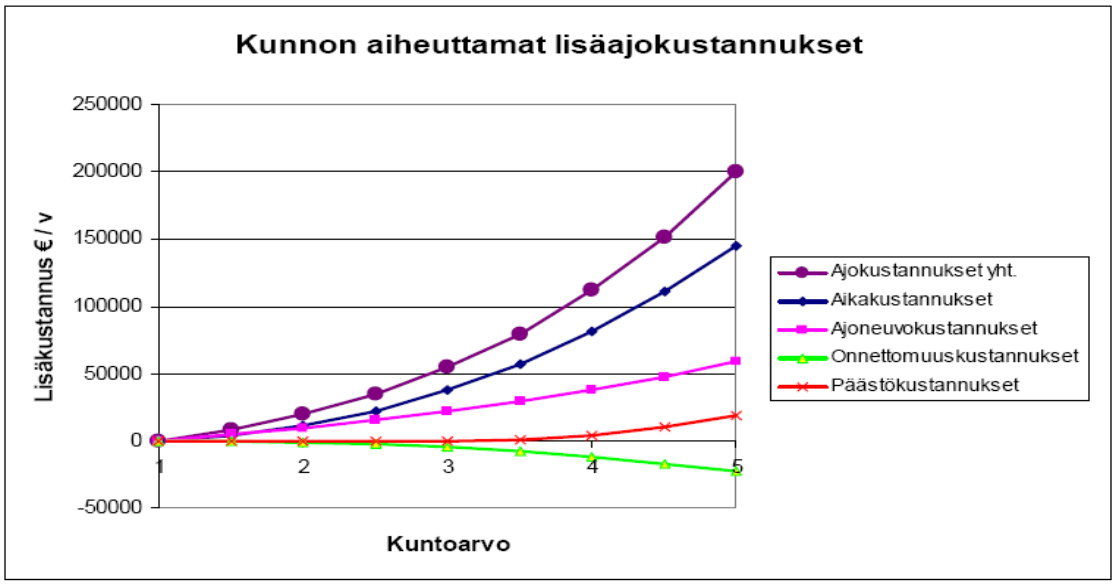
Miljöbelastning	**Asfaltproduktionens andel**
CO_2	0,2 %
SO_2	0,6 %
NO_x	0,06 %
CO	0,04 %
HC + VOC	0,3 %
Damm	0,02 %
Energi	0,2 %

Det saknas omfattande kunskap om beläggningars, beläggningsarbetens och beläggningsunderhållets miljöpåverkan. Man vet att beläggningsarbetenas ekoeffektivitet kan ha betydelse på miljöpåverkan. Med ekoeffektivitet förstår man förhållandet mellan ett objekts miljönytta och dess belastning på miljön. I beläggningsarbeten uppnås god ekoeffektivitet om återvinning av gammal asfalt görs. Ur miljösynpunkt är det bra att göra beständiga beläggningar. Ju längre tid beläggningen håller, desto mindre störs trafiken och desto mindre belastas miljön och naturtillgångar sparas.

Beläggningstillståndets inverkan på miljön

En ojämn beläggning ökar fordonens rullmotstånd, bränsleförbrukning samt utsläpp. Man har undersökt hur beläggningarnas jämnhet påverkar rullmotståndet i en simuleringsundersökning. /7/. Man kunde konstatera att en dålig och ojämn beläggning ger ett större rullmotstånd, men exakta numeriska värden kunde inte ges. Beläggningens mikro-, makro- och megastruktur samt ojämnhet påverkar rullmotståndet.

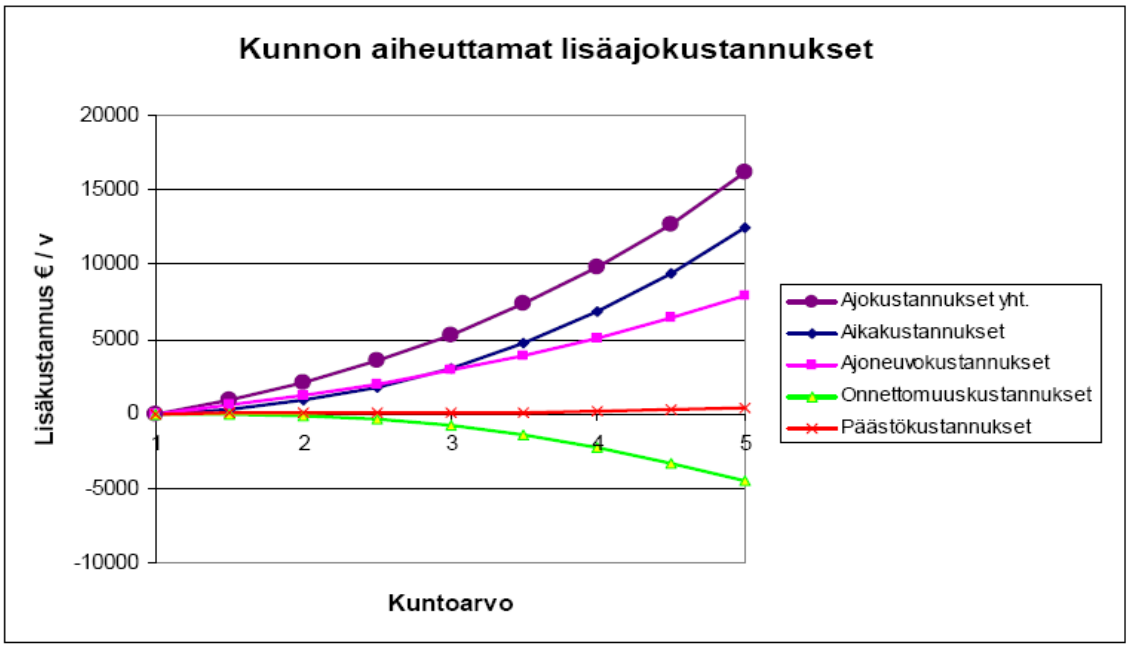
I bilderna 9 och 10 visas hur vägens kondition påverkar körkostnader, dels på en motorväg och dels på en landsväg. Ur bilderna ses att körkostnaderna ökar rätt kraftigt då vägens eller beläggningens kondition blir dålig.



Kuva 4.1. Moottoritie 120 km/h, hyvä geometria, liikennemäärä 20 000 ajon/vrk.

Bild 9. Beläggningens konditions inverkan på körkostnader på en motorväg med god geometri, hastighetsbegränsning 120 km/h och ÅDT 20.000. /8/

Ajokustannukset yht. = Körkostnader totalt; Aikakustannukset = Tidskostnader; Ajoneuvokustannukset = Fordonskostnader; Onnettomuuskustannukset = Olyckskostnader; Päästökustannukset = Utsläppskostnader



Kuva 4.3. Seudullinen tie 80 km/h, poikkileikkaus 8/7, keskinkertainen geometria, liikennemäärä 3 000 ajon/vrk.

Bild 10. Beläggningens konditions inverkan på körkostnader på en landsväg med medelgod geometri, hastighetsbegränsning 80 km/h och ÅDT 3.000. /8/

Ajokustannukset yht. = Körkostnader totalt; Aikakustannukset = Tidskostnader; Ajoneuvokustannukset = Fordonskostnader; Onnettomuuskustannukset = Olyckskostnader; Päästökustannukset = Utsläppskostnader

I Finland har olika utredningar gjorts angående vägytans inverkan på trafikens utsläpp. I tabell 5 påvisas att då rullmotståndet ökar med 10 % så ökar bränsleförbrukningen betydligt. Det är skäl att hålla vägar och beläggningar i gott skick.

Tabell 5. Ökning av bränsleförbrukningen, då rullmotståndet ökar med 10 %. /7/

Biltyp	**Bränsleökning, %**
Personbil	1,8 – 3,8
Fordonskombination	
- full lastad, massa 60 ton	5,8 – 6,6
- delvis lastad, massa 40 ton	4,8 – 6,6
- utan last, massa 20 ton	3,1 – 5,0

Man kunde önska att NVF, kanske beläggningsutskottet, kunde utreda mera om hur beläggningarnas tillstånd inverkar på trafikantkostnader, miljöutsläpp och övrig miljöpåverkan!

Sammanfattning / Hot-mix teknikens fördelar

Produktionen av asfalt (hot mix) har låga utsläpp. Detta gäller i synnerhet den normala produktionen av AB och SMA under förutsättning att produktionen görs med rekommenderade temperaturer.

I de stora undersökningar som görs inom asfaltbranschen i dag påvisas att produktionen av ”Hot Mix Asphalt” har låga expositionsvärden. Som en generell kemisk regel (Arrhenius lag) gäller att kemiska reaktioner och materials avdunstning, alltså också utsläpp och expositioner, ökar med det dubbla för varje 10-15°C. Enligt flera gjorda mätningar, fördubblas dock mängderna ”bitumenrök” då temperaturen ökar med 20-30°C. Upp till 170-180°C är arbetarnas expositionsvärden låga vid normalt asfaltarbete utomhus!

Vid produktionen av gjutasfalt används rätt höga temperaturer. I Finland görs gjutasfalt huvudsakligen med PMB-bindemedel. Vid produktionen av PMB-gjutasfalt är temperaturen 190 – 210°C. Det är möjligt att asfaltbranschen får nya temperaturrestriktioner under de närmaste åren. Maximala säkra temperaturer (Maximum Safe Handling Temperature) har föreslagits för bitumen och bitumenprodukter. Max 200°C har föreslagits för vägbitumen, medan ologiskt nog, 230°C har föreslagits för oxiderat bitumen! Detta innebär att gjutasfaltproduktionen kan få svårigheter. Temperaturen kanske bör sänkas vid produktionen av gjutasfalt. Här kanske temperaturnedsättande tillsatsmedel, t.ex. vax, kan bli nödvändiga.

Att ge temperaturgränser är kanske inte det riktiga förfarandet. Expositionsgränser för arbetarna skulle vara ett bättre sätt att förbättra arbetsmiljön. Branschen diskuterar detta som ett alternativ till maximala säkra temperaturer. Expositionsmätningar är dyra!

En generell regel inom asfaltproduktionen är att högre temperatur ger bättre vidhäftning! Ju kallare asfaltmassorna är, desto större vikt måste man lägga på vidhäftningen. Vidhäftningsmedel behövs vid produktionen av kalla, halv-varma massor.

Därför kan en reducering av massans temperatur lätt förorsaka sämre vidhäftning och kortare livslängd, som i sin tur gör att beläggningen blir dyrare ekonomiskt och ekologiskt.

Litteratur

1. ”De finska Asfaltnormerna 2008”; Asfalttinormit 2008, PANK ry.
2. Gülay Malkoç, pp-presentation at EAPA TC-meeting in Vienna 2008
3. INFRA-STABIL projektets rapport, ”Bituminösa lagerstabiliseringars nordiska testmetoder”; Vägförvaltningens utredningar 43/2007 (Bitumia sisältävien kerrosstabilointien pohjoismaiset testausmenetelmät – nykytilaselvitys; TIEH:n selvityksiä 43/2007; Markku Pienimäki, Kyösti Laukkanen)
4. Tuomas Vasama; Förbättring av beläggningsarbetens produktionsstyrning med hjälp av Lean-tänkande och automation, Finlands vinnande FoU-bidrag 2008, NVF 33
5. IVL-report, Life Cycle Assessment of Ashalt Pavement, 2000
6: VTT, Environmental adaptation of concrete and asphalt pavements, 1996
7. ”Beläggningens jämnhets inverkan på fordonens rullmotstånd och fordonskostnader; Vägförvaltningens utredning 27/2005. (Tien päällysteen epätasaisuuden vaikutus ajoneuvojen vierintävastukseen ja ajoneuvokustannuksiin. Tiehallinnon selvityksiä 27/2005.)
8. ”Vägtillståndets inverkan på körkostnader på belagda vägar och på grusvägar”; Vägförvaltningens utredning 53/2005 (Ajokustannusten kuntoriippuvuus päällystetyillä teillä ja sorateillä, Tiehallinnon selvityksiä 53/2005; Jukka Ristikartano, Harri Spoof, Jukka Räsänen, Mikko Malmivuo)

5.1.6 **Finsk indlæg på møde**

NVF, Beläggningsutskottet

det finska utskottet

Huvudämne 2009

MILJÖANPASSADE BELÄGGNINGAR

Arbetsgrupp:

Timo Blomberg

Katri Eskola

Lars Forstén

Jarkko Valtonen

I Finland anser vi, att man mera borde vara inriktad på att minska utsläpp i stället för att reducera temperaturen.

Mera fokus borde läggas på beläggningarnas beständighet och livscykelkostnader.

Med temperaturoptimering kan man i de flesta fall sänka asfaltmassans temperatur med 10…20 °C.

Sådan sänkning minskar bränsleförbrukningen med 0,3…0,6 l/ton och reducerar mängden CO_2 utsläpp med 1…2 kg CO_2/ton producerad asfalt.

WAM har inte prövats i Finland.

Enligt Lemminkäinen Infra Oy:s försök kan goda AB-beläggningar göras vid 125…130 °C:s temperatur med skum.

Man sparar mycket bränsle,
om man inte behöver
torka stenmaterialet.

1 % fukt i 1 ton stenmaterial
kräver 0,65 kg brännolja.

Vax (Sasobit) och
skummande filler (Aspha-Min)
har prövats, men inte tagits
i bruk i Finland.

6,2 Mton asfalt år 2008

5,4 Mton ”Hot mix ” produktion

-bränsleförbrukning 5,5…9,0 l/ton

0,76 Mton mjukasfalt

-bränsleförbrukning 2,5…3,5 l/ton med V1500 och V3000

och 5 l/ton med B 650/900

PAB-V produceras mest i mobila Turbo-verk där upphettningen sker med hjälp av upphettad ånga.

Produktionstemperaturen är 40…80 ^{o}C.

Bindemedlet är vanligtvis V1500 och sällan V3000.

Turbo-verk

PAB-B produceras huvudsakligen i normala asfaltverk i 110…140 °C temperatur.

Bindemedlet är normalt 650/900.

Emulsionsbeläggningar testades mycket under åren 1992-95.
T.o.m. 14 000 ton emulsioner användes år 1998, men sedan dess har mängderna sjunkit och år 2008 användes endast 3 000 ton.

Mjukasfalttekniken är ju enklare, säkrare och billigare!

Ytbehandlingarna håller på att dö ut i Finland!

År 2008 stabiliserades endast 5 km väg i hela landet,
men det gjordes 410 km homogeniserande fräsning!

Erfarenheterna av ”biooljegrus”,
som innehåller Bioflux
som lösningsmedel, är rätt positiva.

Rypsolja m.fl. har inte använts i Finland.

Talloljebeck användes främst

som rejuvenator i recyclingmassor

på 1980- och 1990-talet.

Nu har användningen upphört,

närmast på grund av luktproblemen.

Kalla och halv-varma massor behöver vidhäftningsmedel! Reducering av massans temperatur kan lätt förorsaka sämre vidhäftning och kortare livslängd!

5.1.7 **Islandsk årsrapport**

Miljø-tilpassede belægninger - ISLAND

Type	**Beskrivelse**	**Produktions-temperatur**	**Erfaring (Island)**	**Sammenligning med traditionel Hotmix**
Asfalttyper				
Warm Mix Asphalt	Varme tilslag blandes på traditionel vis i blander. Blødgøringsmiddel (f.eks) voks tilsættes i blander eller i bitumen.	120 – 130°C (tilslagstemp)	Ingen erfaring. Forsøg planlagt til sommer 2009	Kræver tørre tilslag Bedre HMS Samme udlægningstid.
Semiwarm Mix Asphalt	Samme som for Warm Mix, men ved lavere tilslagstemperatur. Betyder at "vindue" til udlægning reduceres.	80 – 100°C (tilslagstemp)	Ingen erfaring. Kan være problematisk at tørre tilslag ved lavere temp pga højt vandindhold	Kræver tørre tilslag Bedre HMS Kortere udlægningstid
Cold Mix Asphalt	Tilslag blandes i kold process (f.eks fritfaldsblander www.ncc.no eller nr 198 http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker) med f.eks emulsion eller skumbitumen (180°C)	Tilslag ved "rumtemperatur".	Erfaring med in-situ stabilisering af bærelag	Kan gemmes under korrekte forhold. Logistikfordele

Type	Beskrivelse	Produktionstemp	Erfaring (Island)	Sammenligning med Cut-back bitumen
Overfladebeklædning				
Emulsioner i OB	Bitumenemulsion 70 (opnået ca 62 – 67). Stærkt svingende, overvejende mislykkede resultater med emulsionsbelægninger. Normal højeste lufttemeratur 10 til 15°C. Uvasket stenmateriale. Stor aggregatstørrelse 11-16 mm sten. Fejlslag sjældnere i de få tilfælde hvor der er brugt 8-11 mm stenstørrelse.	Kolde tilslag. Emulsion 60°C ved udsprøjtning.	Strækninger med emulsion er få. Ingen kontinuitet i produ-ktion.	Mislykkes så der er ikke sammenligningsgrundlag. HMS bedre
Biobitumen i OB	**Biobitumen:** Bitumen 180 pen. 93 % vol. Canola (rapsolie) 7% vol. Bitumen 180 pen. 94,5 % vol. Rapsolie (renset) 5,5% vol. Bitumen 180 pen 93 % vol. Rapsolie urenset direkte fra bondens oliepresse 7% Bitumen 180 pen. 80 % vol. Rapsolie renset 20% vol. ved et uheld. Eminent god belægning uden skader. Stenmateriale 11-16 mm koldt og vådt. Brug af diamin 0,8 % vægt.	Kolde og våde tilslagsmaterialer. Bindemidlet spredt ud ved ca. 140 – 145 °C Temperatur når sten rammer bindemiddel 40 – 45 °C Komprimerings-temperatur derunder.	Gode erfaringer i 3 år.	Ingen skader p.g.a.blødninger. Ingen brand / eksplosionsfare. Mindre stentab v/snerydning. Cutback svømmer længe så sten har „ube-grænset" tid til at vædes. Prisforskel svingende afh. af valutakurs og interresse for biodiesel. HMS bedre.

5.1.8 **Islandsk indlæg på møde**

ISLAND

Lavenergibelægninger

=

Miljø-tilpassede belægninger

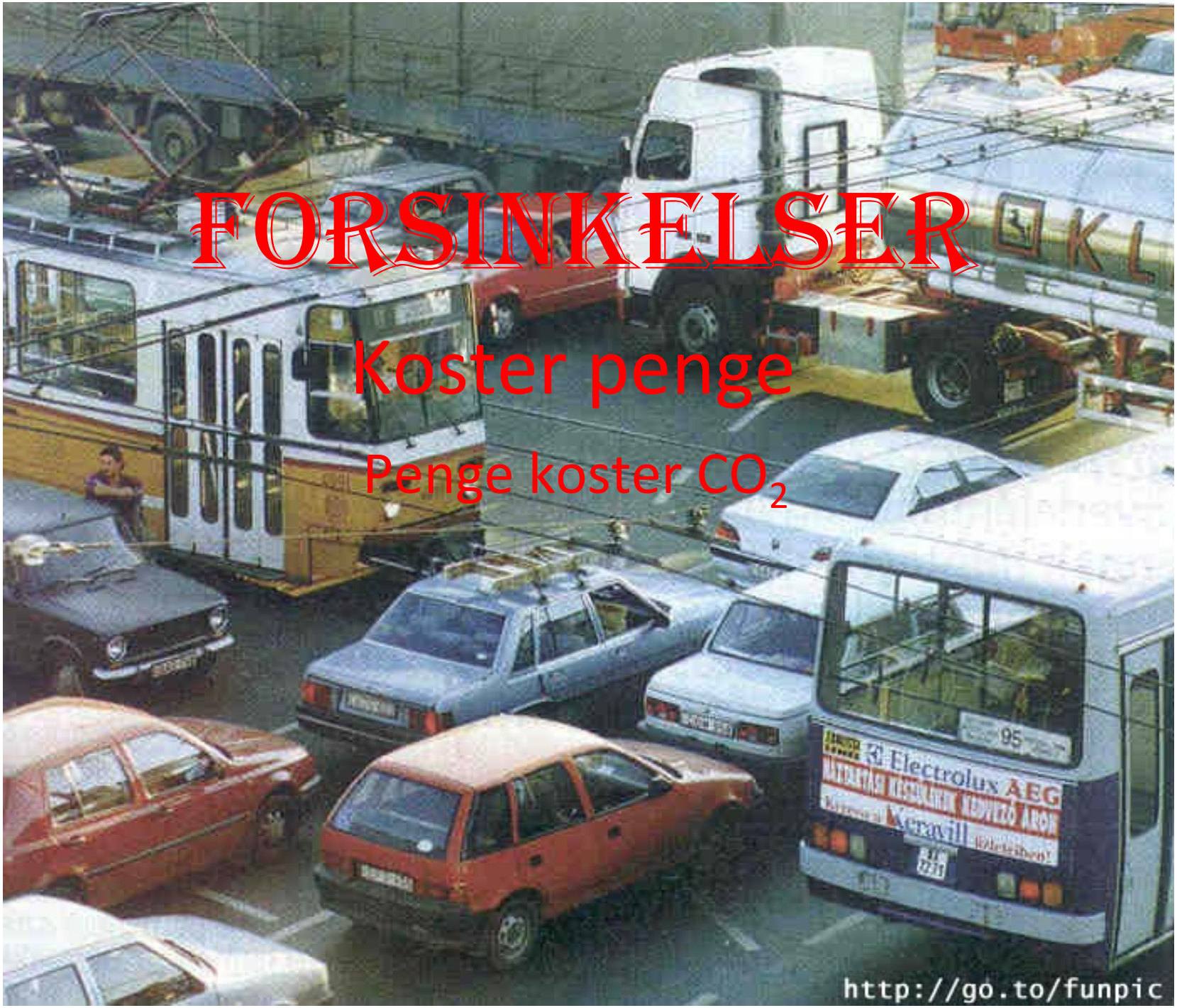
Asfaltfabrikker
Ísafjörður
Húsavík
Sauðárkrókur
Mobile anlæg
Akureyri
298 km
Egilsstaðir
389 km
Ólafsvík
Norðfjörður
Borgarnes
Akranes
688 km
Höfn
Reykjavík
Hafnarfjörður
Keflavík
Selfoss
Vestmannaeyjar

ISLAND

Lavenergibelægninger

?

Miljø-tilpassede belægninger


FORSINKELSER
Koster penge
Penge koster CO_2
Electrolux AEG
Keravill
http://go.to/funpic

Warm Mix Asphalt

Varme tilslag blandes på traditionel vis i blander.
Blødgøringsmiddel (f.eks) voks tilsættes i blander eller i bitumen.

120 – 130°C (tilslagstemp)

Kræver tørre tilslag

Ingen erfaring
Forsøg planlagt til sommer 2009

Kræver tørre tilslag
Bedre HMS
Samme udlægningstid

Semiwarm Mix Asphalt

Samme som for Warm Mix, men ved lavere tilslagstemperatur.
Betyder at "vindue" til udlægning reduceres.

80 – 100°C (tilslagstemp)

Kræver tørre tilslag

Ingen erfaring.
Kan være problematisk at tørre tilslag ved lavere temp. på grund af højt vandindhold

Kræver tørre tilslag
Bedre HMS
Kortere udlægningstid

Cold Mix Asphalt

Tilslag blandes i kold process (f.eks fritfaldsblander www.ncc.no eller nr 198 http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker) med f.eks emulsion eller skumbitumen (180°C)

Tilslag ved "rumtemperatur".

Erfaring med insitu stabilisering af bærelag

Kan lagres under korrekte forhold.
Logistikfordele

Emulsioner i OB

Bitumenemulsion 70 (opnået ca 62 – 67). Stærkt svingende, overvejende mislykkede resultater med emulsionsbelægninger. Normal højeste lufttemeratur 10 til 15°C. Uvasket stenmateriale. Stor aggregat-størrelse 11-16 mm sten. Fejlslag sjældnere i de få tilfælde hvor der er brugt 8-11 mm stenstørrelse.

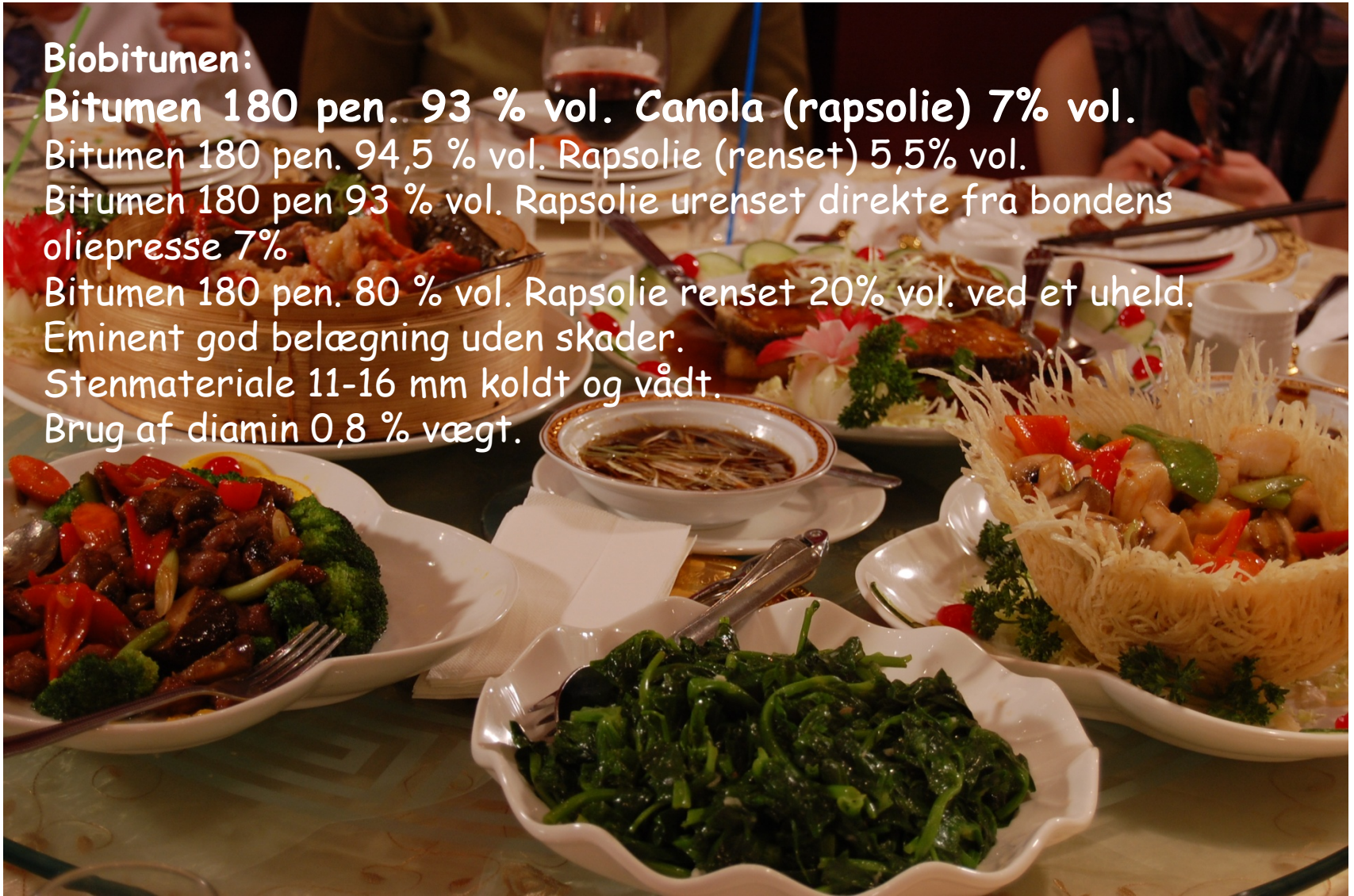
Kolde tilslag. Emulsion 60°C ved udsprøjtning.

Strækninger med emulsion er få.
Ingen kontinuitet i produktion

Mislykkes så der er ikke sammenligningsgrundlag.
HMS bedre

Bio-bitumen

Canola – den er lige til at spise



Biobitumen i OB

Biobitumen:
Bitumen 180 pen. 93 % vol. Canola (rapsolie) 7% vol.
Bitumen 180 pen. 94,5 % vol. Rapsolie (renset) 5,5% vol.
Bitumen 180 pen 93 % vol. Rapsolie urenset direkte fra bondens oliepresse 7%
Bitumen 180 pen. 80 % vol. Rapsolie renset 20% vol. ved et uheld. Eminent god belægning uden skader.
Stenmateriale 11-16 mm koldt og vådt.
Brug af diamin 0,8 % vægt.

Kolde og våde tilslagsmaterialer. Bindemidlet spredt ud ved ca. 140 – 145 °C
Temperatur når sten rammer bindemiddel 40 – 45 °C
Komprimerings-temperatur derunder.

Biobitumen i OB

Gode erfaringer i 3 år.

Ingen skader p.g.a.blødninger.
Ingen brand / eksplosionsfare.
Mindre stentab v/snerydning.
Cutback svømmer længe så sten har „ubegrænset" tid til at vædes.
Prisforskel svingende afh. af valutakurs og interresse for biodiesel.
HMS bedre.

BIO-BITUMEN - RAPSOLIE

VELKOMMEN TIL

5.1.9 **Norsk årsrapport**

BELEGNINGER, NORSK UTVALG

Hovedemne 2009

Miljøtilpassede belegninger

State of the art rapport fra Norge

1. INNHOLD

2. Holdninger/strategi fra myndighetene 3

2.1 Overordnede føringer 3

2.2 Statens vegvesen 4

2.3 Kommuner 4

3. Miljøgevinst ved WMA kontra HMA 6

4. WMA teknologi anvendt i Norge 11

5. Erfaringer med WAM-Foam, eksempler 11

5.1 Kvalitet 11

5.2 Kostnader 16

6. Miljøgevinst ved bruk av emulsjoner i overflatebelegninger kontra cutback bitumen 17

7. Generelt om bruk av overflatebelegninger i Norge 20

8. Forsøk med biobitumen 23

9. Oppsummering. Hvilken vei går utviklingen? 23

2. HOLDNINGER/STRATEGI FRA MYNDIGHETENE

Det offentlige kjøper varer og tjenester for 250-300 mrd. kr hvert år i Norge. Regjeringen ønsker å medvirke til at det offentlige går foran som ansvarlig forbruker og etterspør miljøvennlige varer og tjenester. Det er derfor utarbeidet en 3-årig handlingsplan 2007-2010 for miljø- og samfunnsansvar i offentlige innkjøp. Overordnet målsetning er å bidra til at miljøbelastninger knyttet til offentlige innkjøp skal minimeres. Det skal fokuseres på tiltak rettet mot klima og energi, helse- og miljøfarlige kjemikalier og biologisk mangfold.

2.1 OVERORDNEDE FØRINGER

Regjeringen har vedtatt en egen miljøpolitikk for statlige innkjøp som skal gjelde f.o.m. 1. januar 2008. Den enkelte statlige virksomhet må sørge for å følge opp miljøpolitikken, og den skal inngå i det interne styringssystemet til den enkelte virksomhet.

Formål:

- Minimere den totale miljøbelastningen fra statens innkjøp av varer og tjenester
- Effektiv utnyttelse av statens ressurser
- Bidra til et konkurransedyktig næringsliv ved å medvirke til et marked som fremmer innovasjon og utvikling av miljøteknologi og miljøvennlige produkter

Overordnede prinsipper:

- Varer og tjenester velges på bakgrunn av livsløpskostnader, kvalitet og miljøegenskaper
- Varer og tjenester som er energieffektive, har lavt innhold av helse- og miljøfarlige kjemikalier, gir lave forurensende utslipp og lavt ressursforbruk skal prioriteres
- For varer hvor det er utviklet miljømerkingskriterier i regi av Svanen eller EU-blomsten skal disse kriteriene så langt som mulig legges til grunn
- For tjenester skal leverandører med rutiner og kompetanse som sikrer lav miljøbelastning prioriteres, f.eks. leverandører som kan dokumentere dette ved å ha innført ISO 14001 eller Miljøfyrtårn

I 2005 ble Panelet for miljøbevisste innkjøp i offentlig sektor, ”Innkjøpspanelet”, opprettet av Miljøverndepartementet for å gi råd og anbefalinger om hvordan offentlige innkjøp kan gjøres mer miljøbevisst. Innkjøpspanelet har utviklet kriterier for spesielle produktgrupper, blant annet for planlegging, prosjektering og oppføring av bygg. Foreslåtte kriterier viser at dette er komplisert. Det er mange uklare formuleringer og vanskelig å dokumentere effekten. Det er derfor grunn til å sette spørsmålstegn ved om metoder for måling av miljøeffekt (for eksempel LCA) fortsatt er for usikre til å kunne brukes i en innkjøpsprosess.

2.2 STATENS VEGVESEN

Statens vegvesen har et sektoransvar for miljøet ved planlegging, bygging og drift av alle europa- og riksveger. Statens vegvesens miljøvisjon er: ”Transport skal ikke gi alvorlig skade på mennesker eller miljø”. Det er utarbeidet retningslinjer og veiledere som beskriver hvordan hensyn til miljøet skal ivaretas ved planlegging, bygging og daglig drift av vegnettet. En policygruppe med deltakelse fra entreprenører ble opprettet i 2008. Denne skal inkludere alle innkjøp, ikke bare vegdekker og energi.

Spesielle miljøhensyn er ikke inkludert i konkurransegrunnlag for dekkekontrakter per i dag, men det oppfordres generelt til gjenbruk i produksjon av nye asfaltmasser. Generelt kan det sies at miljømålsetninger kan være vanskelig å tilfredsstille uten at det går på bekostning av andre krav og målsetninger.

De aller fleste norske dekkekontrakter blir inngått på tradisjonell måte ved at Statens vegvesen spesifiserer en løsning og tilbyder med lavest pris får kontrakten. Det er imidlertid et voksende antall funksjonskontrakter hvor løsning med lavest årskostnad (basert på sporutvikling) velges. En ønsker også å utfordre entreprenørene til å komme med egne forslag til innovative løsninger gjennom FoU-kontrakter. OPS-prosjekter er eksempler på dette.

Dekkekontraktene setter ingen formelle hindringer for å ta i bruk alternative produksjonsmetoder. I Håndbok 018 står det blant annet at ”krav til minimumstemperaturer kan fravikes ved alternative produksjonsmetoder”. Når det gjelder WMA så er kanskje hovedutfordringen å få samlet nok kunnskap og erfaring til at metoden blir brukt riktig og på de stedene den er egnet. Det må alltid påses at viktige funksjonskrav er oppfylt og at totalkostnaden sett i et livsløpsperspektiv blir lavest mulig.

2.3 KOMMUNER

Vi har i Norge 430 kommuner med til dels ganske forskjellig miljøpolitikk. Det er politiske retningslinjer og vedtak som ligger til grunn for hvordan hver enkelt kommune tar miljøhensyn i sine innkjøp og ved valg av leverandør. Enkelte kommuner kan også mangle kompetanse og ressurser på dette området.

Generelt er det stor vilje hos kommunene til å ta miljøansvar. Noen kommuner er også villig til å betale ekstra for det. Det finnes mange eksempler på kvalifikasjonskrav med fokus på det ytre miljø, og at miljø blir tatt inn som et tildelingskriterium. Utfordringen vil være å vurdere tilbudene og veie disse opp mot hverandre med tanke på miljøet. Her mangler vi fortsatt gode retningslinjer.

Det er de største kommunene som er kommet lengst i å definere sine miljømål og til å vise vilje ved kjøp av varer og tjenester. Når det gjelder asfalt har vi tatt Oslo og Trondheim kommune som eksempler på hvordan de ivaretar hensyn til miljøet i sin anskaffelsesprosess.

Utvalg 33 Belegninger

Trondheim

Når det gjelder miljø, har politikerne i Trondheim kommune vedtatt at:

"Trondheim kommune skal bidra til å påvirke leverandør- og produktutvikling i en miljøriktig retning. Kontraktspartnere og leverandører påvirker i vesentlig grad Trondheim kommunes mulighet til å oppnå sine miljømål og styre sine viktige miljøpåvirkninger. Derfor skal kommunen – i tillegg til å styre sine egne aktiviteter – ved innkjøp stille krav og bidra til å utvikle våre kontraktspartnere og leverandørers miljøprestasjoner. Anskaffelsens art og innkjøpende enhets miljømål er førende for hvilke miljøkrav som stilles."

Firma som ønsker entreprenør- og håndtverkeroppdrag for Trondheim kommune må dokumentere prioritering og fokus på ytre miljø ved å fylle ut kommunens "Miljøerklæring". Miljøerklæringen er et kvalifikasjonskrav i forhold til miljø og dokumentasjonen blir vurdert av kommunen. Det er videre et mål at miljø skal vektes 20 % ved tildeling av oppdrag.

For å ha miljø som et tildelingskriterium har kommunen i konkurransegrunnlaget for asfaltarbeider, lagt vekt på alternative løsninger på dekketyper/produksjonsprosesser med fokus på det ytre miljø. I 2008 sto det følgende i konkurransegrunnlaget:

Alternative løsninger

Det oppfordres til å komme med tilbud på alternative løsninger på dekketyper/ produksjonsprosesser med spesielt fokus på det ytre miljø. Alternative løsninger må beskrives, være entydig og prissettes i tilbudsbrevet. Se også ***Tildeling****.*

Som et ledd i utvikling av miljøvennlige dekker/produksjonsprosesser, vil byggherren i samarbeid med entreprenør, i 2008 legge ca. 2000 tonn miljøvennlige dekker.

Tildeling

Tildeling skjer på basis av hvilket tilbud som er det mest økonomisk fordelaktige for Trondheim kommune.

Tildelingskriterier: Pris 90%, Miljø 10%

Vedrørende miljø: For miljøkriteriet (10%) vil entreprenørens tilbudte alternative løsninger med fokus på det ytre miljø, gi grunnlag for vekting.

Oslo

I Oslo har alle byrådsavdelinger, etater og virksomheter et ansvar for å bidra til et bedre miljø. Kommunes miljøvisjon er:

"Vi skal overlevere Oslo i en bedre miljøtilstand til neste generasjon enn vi selv overtok den."

Oslo kommune krever gjennom konkurransegrunnlaget at det skal tilsettes 15% varmt gjenbruk i alle asfaltmasser. For øvrig har de ingen spesifikke kvalifikasjonskrav knyttet til miljø.

Ved tildeling blir miljøkriteriet ivaretatt på følgende måte:

Tildelingen skjer på basis av hvilket tilbud som er det økonomisk mest fordelaktige, basert på følgende kriterier:

Kriterium	***Vekt***	***Dokumentasjonskrav***
Oppgitte priser og kostnader for denne leveransen	*80 %*	*Utfylt prisskjema*
Arbeidsopplegg og kapasitet	*10 %*	*Leverandøren skal fremlegge hvor mange utleggerlag som tilbys benyttet på dette oppdraget, og hvilke maskinelle enheter lagene har, herunder lagenes sammensetning og arbeidsledere.*
Miljøkompetanse, miljøvennlig driftsutstyr og driftsmetoder	*10 %*	*Leverandøren må redegjøre for hvordan hensynet til miljø blir ivaretatt gjennom vareleveranser til asfaltfabrikk og ved utførelse av kontraktsarbeidene.*

Tilbudene vil bli evaluert på følgende måte:

På hvert kriterium blir tilbyderne gitt poeng etter en skala fra 1 til 10 der 10 er best. Poengene vil bli multiplisert med angitt vekttall i %. Tilbyder med lavest pris får 10 poeng for pris. Øvrige tilbydere får poeng beregnet etter en formel der 10 poeng multipliseres med lavest pris og deles på tilbyders pris. Det innebærer for eksempel at en tilbyder med pris 2 ganger laveste får 5 poeng. Poeng multipliseres med angitt vekttall for pris. Tilbyder som har flest vektede poeng for pris og andre kriterier vinner konkurransen.

3. MILJØGEVINST VED WMA KONTRA HMA

Som en generell regel halveres mengden ”bitumenrøyk” for hver 10-12˚C reduksjon i temperatur ved asfaltarbeider. Dette gjelder både for vanlig varmproduksjon og for alle de etter hvert mange WMA-teknikkene som finnes tilgjengelig. Størrelsen på temperaturreduksjonen varierer mellom de ulike WMA-teknikkene, av de som er benyttet eller utprøvd i Norge varierer reduksjonen i temperatur på mellom ca. 30-60˚C.

Dette betyr en betydelig miljøgevinst i form av reduserte CO_2-utslipp og andre organiske utslipp, en helsegevinst for først og fremst asfaltarbeidere og verkspersonell, men også for omgivelser/naboer i form av redusert lukt, røykt og støv.

Figur 1: Illustrasjon av forskjellene i utslipp når varmasfalt (155˚C) og WAM-Foam (110˚C) lastes side om side

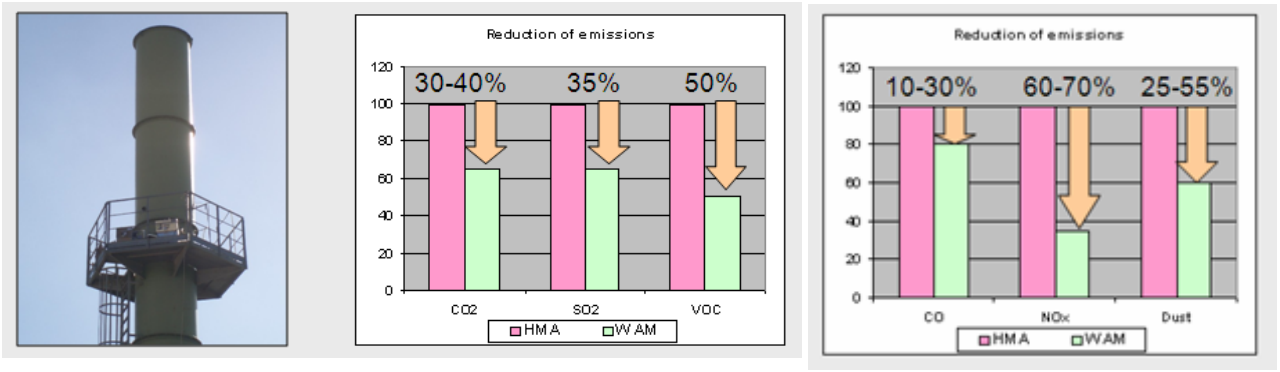
Når det gjelder utslippsmålinger og WMA i Norge, er erfaringene begrenset til WAM Foam. Utslippsmålinger er gjennomført i Norge og Italia av Det Norske Veritas på vegne av Shell Bitumen og KoLo Veidekke. De nyeste målingene ble gjennomført i Italia i 2006, er de mest omfattende og gjengis her. De tidligere målingene som ble utført i Norge i 2002 viste imidlertid svært sammenlignbare resultater.

Målingene ble gjennomført for å se på mengde utslipp ved produksjon og eksponeringsnivå for asfaltarbeidere.

Figur 2: Utslipps- og eksponeringsmålinger for WAM Foam 2006

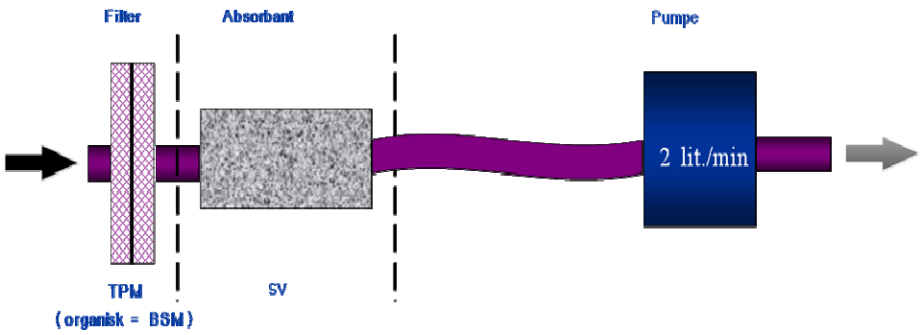
Når det gjelder utslipp ved skorstein, ble det målt:

- 30-40 % reduksjon i CO_2-utslipp
- 35 % reduksjon i SO_2-utslipp
- 50 % reduksjon i flyktige organiske komponenter (VOC)
- 10-30 % reduksjon i CO-utslipp
- 60-70 % reduksjon i forbrenningspartikler, NO_x
- 25-55 % reduksjon i støvutslipp



Figur 3: Utslippsmålinger ved skorstein

Ved målingene utført ved blandekammer og lagersiloer ble det benyttet en standardisert prosedyre som benyttes ved røyk/eksponeringsmålinger. Dette systemet består av et filter og en absorbent koblet til en pumpe (sug).

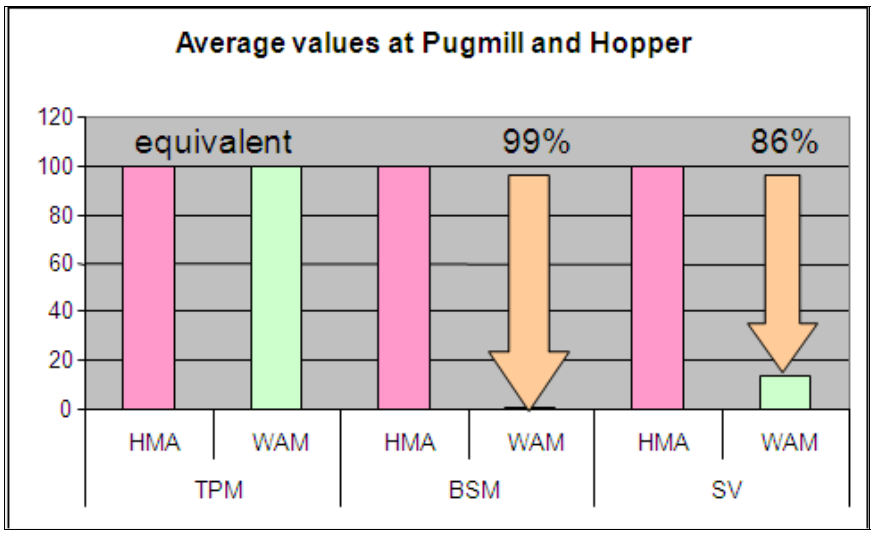


Figur 4: Utstyr for røyk/eksponeringsmålinger

Filteret fanger opp partikler og de tyngste organiske fraksjonene. Totalen av disse to benevnes TPM – Total Particulate Matter. Den organiske fraksjonen av TPM isoleres og kvantifiseres ved oppløsning i Benzen og blir derav kalt BSM – Benzene Soluable Matter. Absorbenten fanger opp de noe mer lettflyktige organiske komponentene som benevnes SV – Semi Volatiles. De mest lettflyktige organiske komponentene VOC (Volatile Organic Compounds) CO, CO_2 fanges ikke opp i dette systemet og kan ikke kvantifiseres.

Utslippsmålingene ved blandekammer og lagersiloer gav følgende resultat:

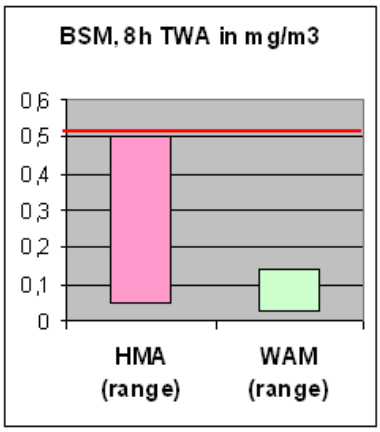
- Ingen målbar forskjell i den totale partikkelmengden – TPM
- 99% reduksjon i BSM – den organiske komponenten av TPM.
- 86% reduksjon i de noe mer lettflyktige organiske komponentene – SV



Figur 5: Utslippsmålinger foretatt ved blandekammer og lagersiloer

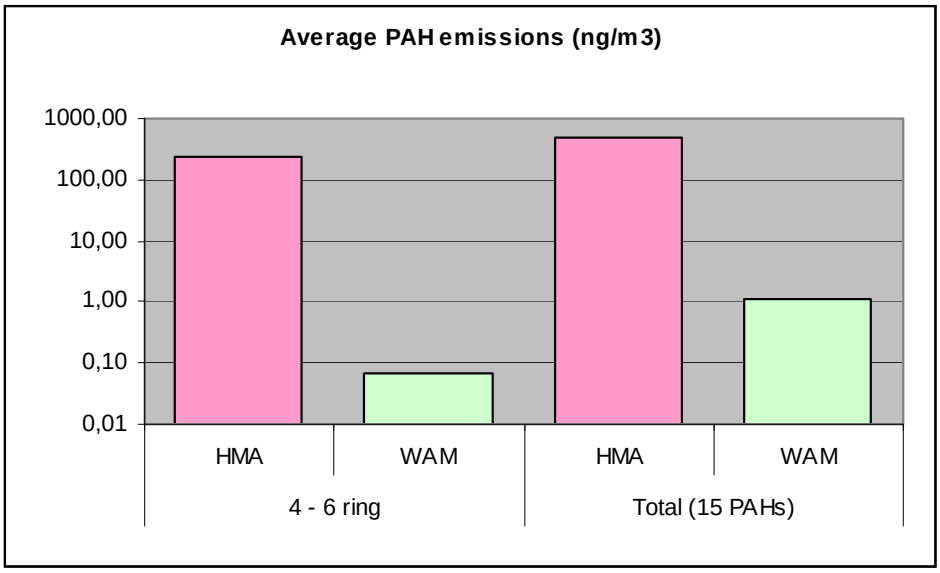
Videre ble det foretatt eksponeringsmålinger ved hjelp av utstyr montert på utleggingspersonell. I dette tilfellet ble det ikke foretatt tilsvarende eksponeringsmålinger fra varmasfalt, tallene som er oppgitt er erfaringstall fra Shell Bitumen.

Figur 6 og 7 viser en betydelig reduksjon i de utslippskomponentene som i lang tid har vært i fokus når det gjelder helserisiko ved asfaltarbeider. Selv om man nå internasjonalt synes å være enige om at utslippsnivået av disse komponentene ligger på et forsvarlig nivå også for arbeider med varmasfalt, kan det ikke være annet enn ønskelig å få redusert nivået ytterligere.



Country	Limit [mg/m³]	Unit	Other information
Belgium	5	TPM (Total Particle Matter)	TWA (Time Weight Average)
Greece	5	TPM	TWA
Netherlands	5	TPM	TWA
Norway	5	TPM	TWA
UK	5	TPM	TWA
	10	TPM	10 min STEL
Finland	5	TPM	TWA
Spain	0.5	BEIP (Benzene Extractable Inhalable Particulate)	TWA
Ireland	0.5	BEIP	TWA
Italy	0.5	BEIP	TWA
Germany	10	THC (Total Hydro Carbon)*	TWA
Switzerland	10	THC	TWA
Denmark	1	Defined as Cyclohexane Soluble Fraction of TPM	TWA

Figur 6: Målt mengde BSM og nasjonale grenseverdier for eksponering



Figur 7: PAH-utslipp målt på den totale organiske fraksjon (BSM+SV)

Som vist gjennom utslipps- og eksponeringsmålingene foretatt med WAM Foam prosessen, er det en betydelig gevinst ved å senke temperaturen både for det eksterne miljøet og for arbeidsmiljøet til asfaltarbeidere. Utover dette, vil temperaturreduksjon også være positivt med tanke på:

- Trivsel i et renere og bedre arbeidsmiljø
- Redusert bekymring for egen helse
- Omgivelser/naboforhold

4. WMA TEKNOLOGI ANVENDT I NORGE

De norske asfaltentreprenørene har blitt bedt om å oppgi hvilke WMA-teknikker som er anvendt i Norge, erfaringer og tonnasjer.

På grunnlag av de opplysninger som har kommet inn, ser det ut til at det dreier seg om kun 2 entreprenører som samlet har erfaring med eller har testet 3 ulike WMA-teknikker i Norge. Voks-additiver som Sasobit er ikke tatt med i betraktningen av 2 grunner;

1) Temperaturreduksjonen som kan oppnås er ikke stor nok til at det faller inn under NVF's definisjon av WMA.

2) Voksadditiver, selv om det har blitt anvendt til dels betydelige mengder i Norge, er ikke blitt anvendt med tanke på temperaturreduksjon, men som et modifiseringsmiddel.

Tabell 1: Oversikt over WMA-bruk i Norge

Entreprenør	WMA-teknikk	Tonnasje	Kommentar
Lemminkainen	LEA-Low Energy Asphalt	30-50 t	2007 og 2008
Lemminkainen	Cecabase RT945		2008
KoLo Veidekke	Redicote WMX	30 t	2008
KoLo Veidekke	WAM Foam	60.000 t	1999-2009

5. ERFARINGER MED WAM-FOAM, EKSEMPLER

5.1 KVALITET

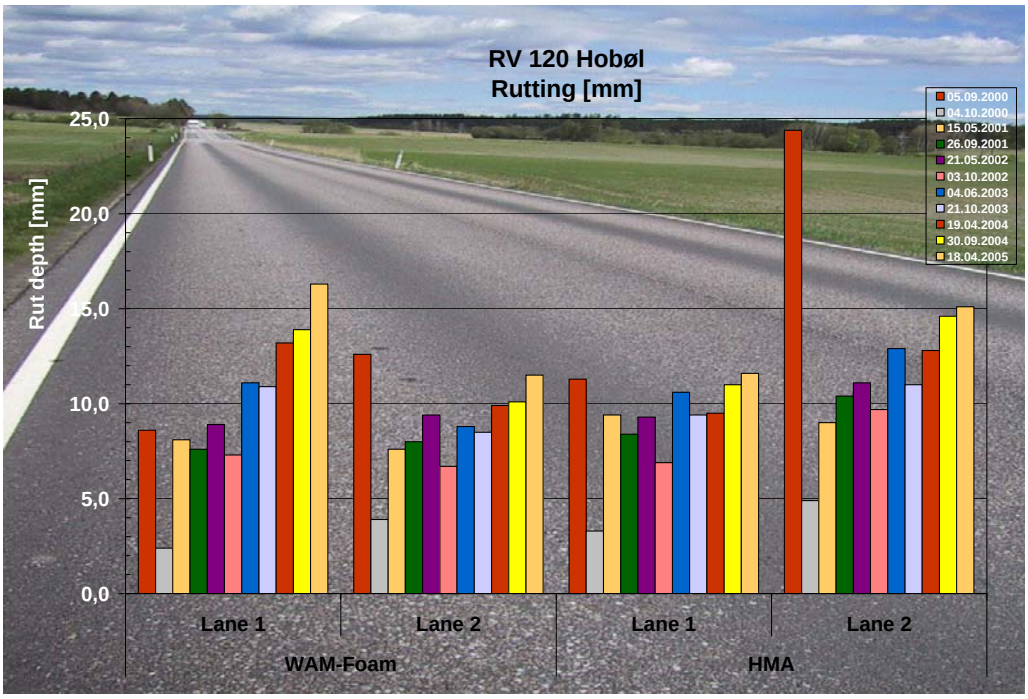
En stor mengde laboratorie- og feltarbeid er utført for å sjekke kvaliteten av WAM Foam asfalt sammenlignet med tradisjonell varmasfalt. Målsetningen med utviklingen av WAM Foam fra starten var å oppnå en kvalitet som er sammenlignbar med varmasfalt. Egenskaper som utmatting, lavtemperaturegenskaper, deformasjon, stivhetsmodul og vedheftning er undersøkt nøye.

Når det gjelder deformasjonsegenskaper og stivhetsmodul, ser man en liten, men systematisk nedgang i disse parametrene når WAM Foam anvendes. Gjenvinning av bitumen bekrefter det logiske; aldringen av bitumen er betydelig redusert i WAM Foam prosessen sammenlignet med varmproduksjon på grunn av lavere temperatur. Differansen er såpass markert at det gir seg utslag i

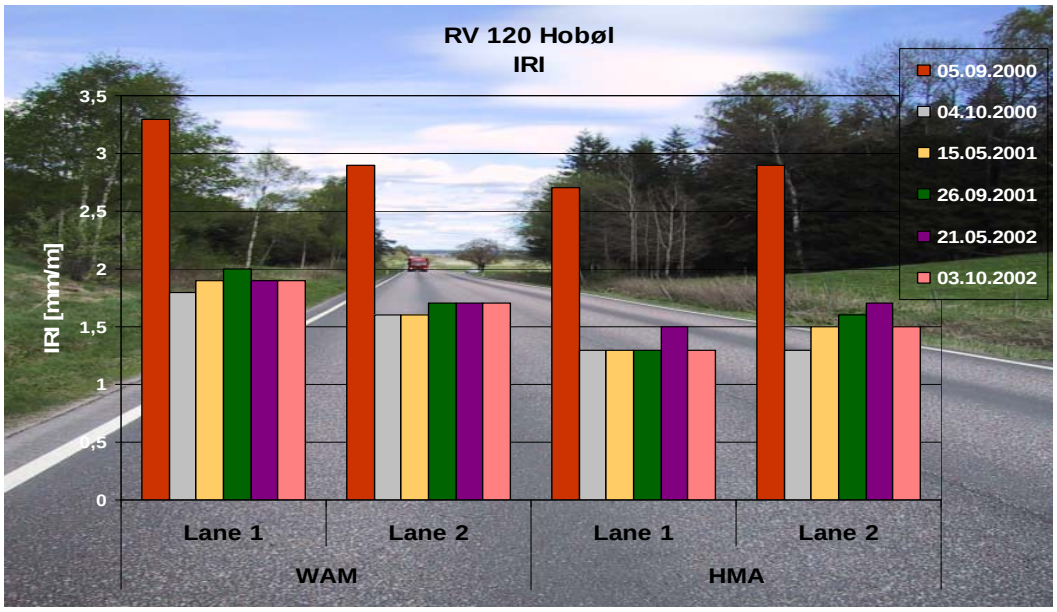
noe reduserte stivhetsmoduler og deformasjonsegenskaper. Dette er imidlertid noe man kan ta hensyn til. Ved å velge en hardere bitumen (blandingen av myk og hard komponent) i WAM Foam prosessen enn for varmasfalt, kan man oppnå den samme bitumenhardheten i ferdig utlagt dekke. I de tilfellene hvor dette er gjort, er det ikke lenger noen målbar forskjell i utmattings- og deformasjonsegenskapene til WAM Foam asfalt og varmasfalt. Denne problemstillingen vil være den samme for alle WMA-teknikker, med mindre teknologien medfører en modifisering av bindemidlet (som tilfellet er med voks-additiver).

Når det gjelder egenskapene lavtemperatur, utmatting og vedheftning, har det ikke vært mulig å skille mellom WAM Foam asfalt og varmasfalt i de undersøkelsene som er utført av KoLo Veidekke og Shell Bitumen.

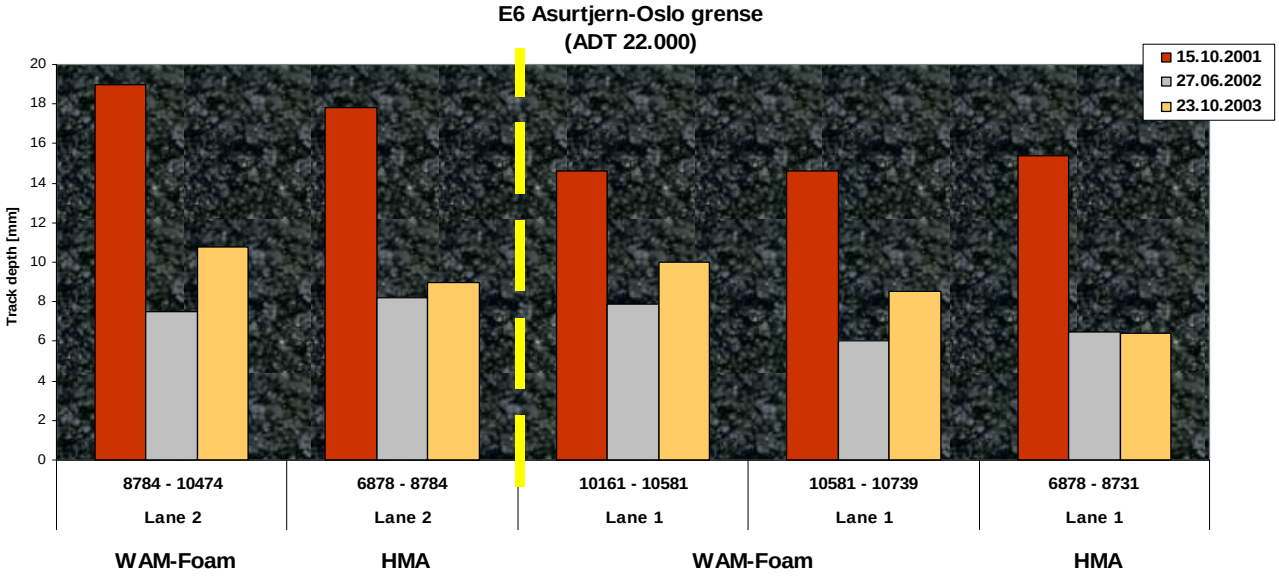
Den endelige bekreftelsen av suksess med nye teknikker fås kun ved fullskala produksjon og bruk i felt. En rekke feltforsøk med WAM Foam er utført i Norge hvor man har sammenlignet WAM Foam og tilsvarende varmasfalt side om side. Figurene 8-12 viser IRI- og spormålinger utført ved 4 slike feltforsøk.



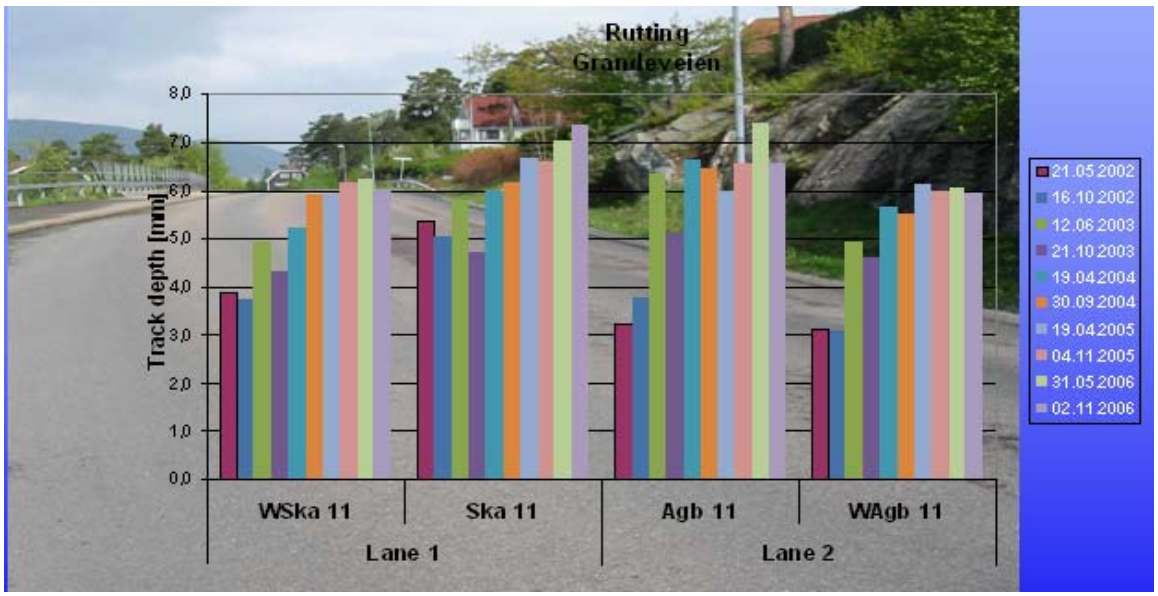
Figur 8: Spormålinger på RV120 ved Hobøl, perioden 2000-2006



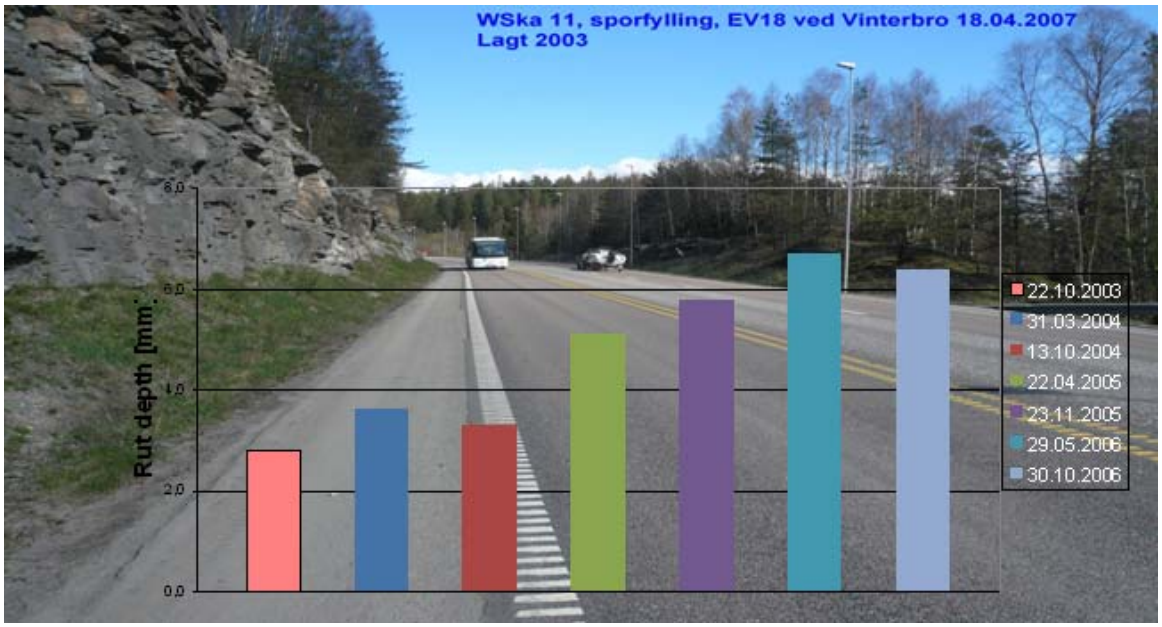
Figur 9: IRI-målinger på RV120 ved Hobøl, perioden 2000-2002



Figur 10: Spormålinger på E6 Asurtjern – Oslo grense, perioden 2001-2003. ÅDT 22000



Figur 11: Spormålinger på Grandeveien Drøbak, ÅDT 3700. Forsøk med bruk av hard bitumen, Penetrasjon = 35 mm

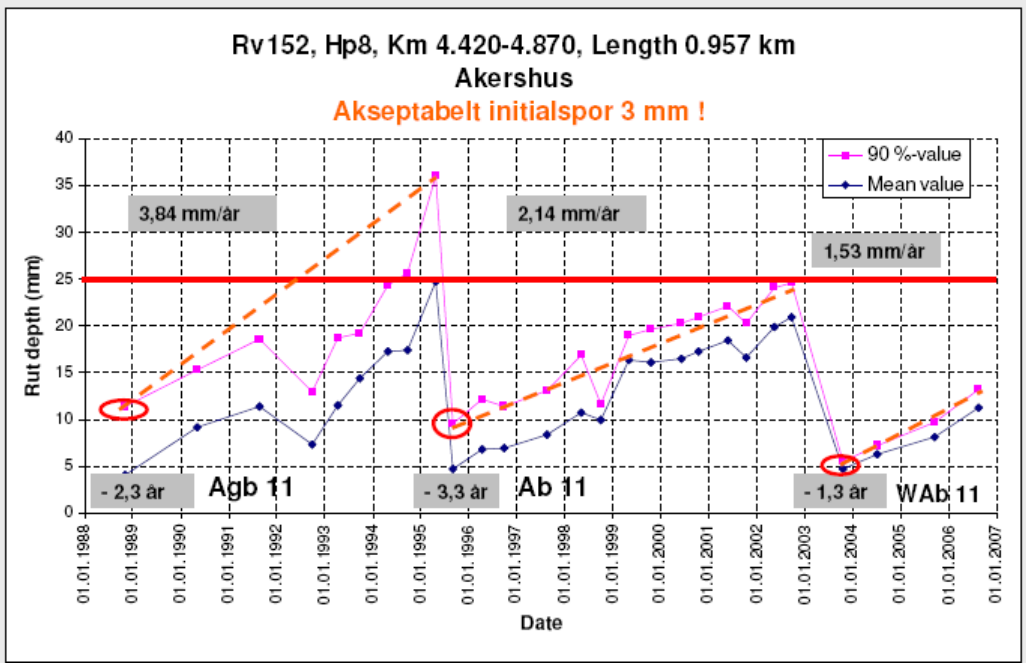


Figur 12: Spormålinger på WAM Ska11 utført som sporfylling, perioden 2003-2006. E18 ved Vinterbro, ÅDT 25000. Gjennomsnittlig sporutvikling 1,3 mm/år.

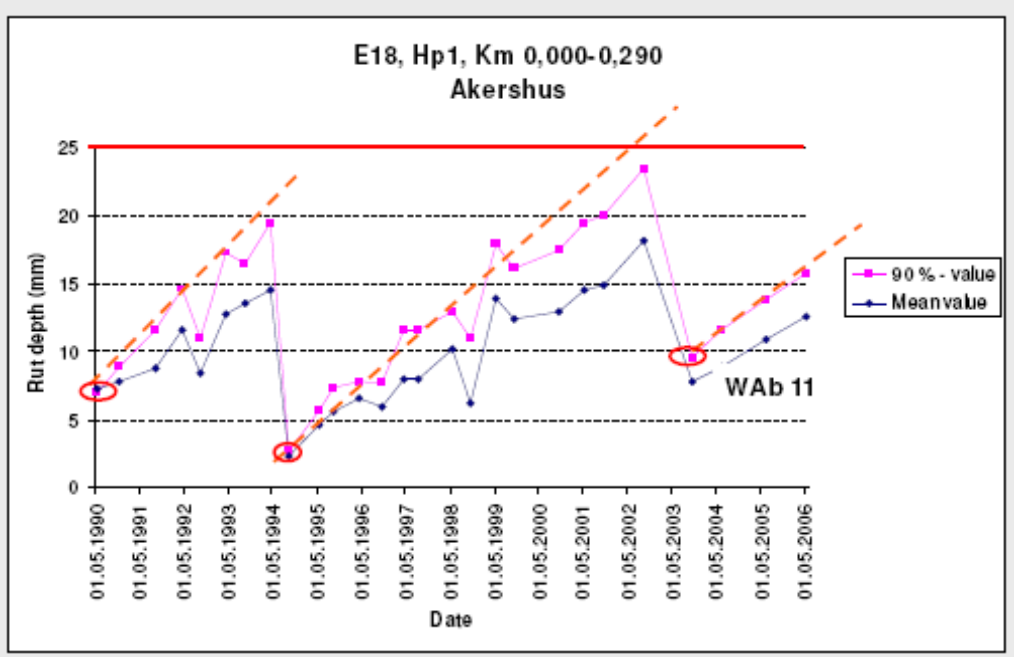
Statens vegvesen gjennomførte i 2007 en undersøkelse av sporutvikling på WAM Foam dekker. Dataene ble hentet fra Vegdatabanken, og samtidig ble også spordata for tidligere dekker av varmasfalt på de samme strekningene analysert.

I denne undersøkelsen bekrefter alle strekninger at WAM Foam har sporutvikling mer eller mindre identisk med varmasfalt. Eksempler på dette er vist i figur 13 og 14. Samtidig fant man i denne undersøkelsen flere WAM Foam dekker med høye initialspor, som vist i figur 14. Statens vegvesen mener at antallet dette gjelder er høyere enn hva som kan forventes med varmasfalt, og stiller derfor spørsmålstegn ved deformasjonsegenskapene til WAM Foam rett etter dekkelegging.

I denne sammenhengen må det nevnes at i de feltforsøkene hvor WAM Foam og varmasfalt er lagt side om side av KoLo Veidekke, er problemer med initialspor aldri blitt observert/målt. KoLo Veidekke anser problemstillingen med initialspor som helt normalt for all dekkelegging som foregår, og ikke spesifikt for WAM Foam. Høye initialspor er generelt sett et stort problem på norske veger, uavhengig av produksjonsmetode.



Figur 13: Eksempel på normal sporutvikling og lavt initialspor for WAM Foam-dekke



Figur 14: Eksempel på normal sporutvikling, men høyt initialspor for WAM Foam-dekke

5.2 KOSTNADER

Kostnaden for å produsere med WAM Foam prosessen avhenger av flere forhold. For det første eies patentet i dag av Shell Bitumen, som normalt sett vil kreve at det kjøpes en lisens for teknologien. Kostnaden for dette kan kun besvares av Shell Bitumen, og kan sannsynligvis også variere.

Videre avhenger WAM Foam prosessen at det gjennomføres modifikasjoner av asfaltfabrikken. Kostnaden for dette vil variere, avhengig av verkstype, om man velger å gjennomføre modifikasjonene selv eller kjøpe ferdig fra produsenten Amman som leverer WAM Foam installasjoner. Kostnadene for de ulike alternativene forventes å ligge i størrelsesorden 6-700.000 til 1,5 mill.

Videre krever WAM Foam at det finnes myke bitumenkomponenter som V1500 – V12000 tilgjengelig og at det finnes en egen tank på anlegget for lagring av den myke komponenten. I de fleste Nordiske land, kanskje med unntak av Danmark, finnes disse komponentene tilgjengelig og er regelmessig i bruk. I tilfellet Norge, brukes V1500 også i ordinær produksjon av varmasfalt og utgjør ingen merkostnad. I andre land kan nødvendigheten av en myk komponent medføre en økt kostnad.

I Norge importeres det normalt sett ikke hardere bitumenkvaliteter enn 70/100 bitumen. Ved produksjon av asfaltdekker med 70/100 bitumen som bindemiddel, vil WAM Foam prosessen kreve en hard komponent som 50/70 bitumen for å fungere. Dette kan medføre en økt kostnad.

Flere målinger av fuelforbruk med WAM Foam prosessen i både inn- og utland viser systematisk en nedgang på 30% sammenlignet med forbruket for varmasfalt. Dette utgjør besparelsen i prosessen.

Summen av alle disse kostnadselementene vil variere betydelig i hvert enkelt tilfelle, og det er derfor umulig å sette opp ett enkelt regnestykke som viser lønnsomheten i WAM Foam.

6. MILJØGEVINST VED BRUK AV EMULSJONER I OVERFLATEBELEGNINGER KONTRA CUTBACK BITUMEN

Det er åpenbare miljøgevinster ved å benytte emulsjoner i stedet for bitumenløsning i overflatebehandlings metoder:

- **Lite ingen løsemidler**
- **Ingen brannfare**
- **Lav brukstemperatur**
- **Liten fare for brannskader**

I tabellen under er det i tillegg vist hvilke forskjeller som vi må ta høyde for ved bruk av de ulike metodene:

	Bitumenløsning	**Bitumenemulsjon**
Klima	Lengre sesong	Kjennslig høy fuktighet, og lav temperatur
Underlag	Litt fuktighet tolereres vann + løsemiddeldamp	Kan være fuktig
Fuktige steinmater	Lite toleranse	Ja
Støv på materialer	Nei	Nei
Avhengig av bindem. type, basis opprinnelse	Mindre	Krever mer kunnskap og undersøkelser
Vedheftsmiddel	Brytes ned i varmt bindemiddel	Alltid aktivt

Innhold vedheftsmiddel	0,8 -1,2%	0,16 – 0,4% (emulgator)
Produksjonskostnad	Lavere ?	Høyere ?
Transportkostnad	Lavere	Høyere (30% vann)
Håndtering	Fare for brannskade (150°C)	Ingen
Arbeidsmiljø	- Brannfare - Brennskader - Løsemiddeldamp - Dårlig sikt vanndamp (fra underlag)	- Ingen
Sprøytetemperatur	120-160 ^{o}C	60-80°C (emmisjon halveres for hver 10°C temperatur reduksjon)
Ytre miljø	Løsemiddel fordamper	Lite/ingen løsemiddel Avrenning ved feil viskositet/applisering
Lagring	Lagres varmt 150 ^{o}C	Lagres varmt 75 ^{o}C
Feiing - overskudd material	Sitter noe raskere	Kan justeres avhengig av klima forhold PMB modifisering tillater raskere feiing
Vedheft - steinsprut	Bra	Bra, formulering vs steinmaterial- testes
Herding/Kohesjon	- Kan pågå 1 år. Vær avhengig	Kan oppnå full herding etter 2-3dg. Vær avhengig
Bindemiddelforbruk	Bitumenemulsjon x 0,70	

Pre-coated shipping	Kreves iblant	Nei
Blødning	Større risiko	Mindre risiko
Polymer	Nei, ikke normalt Bør være mulig med pre-mixed polymer og biologisk løsemiddel	Kan tilsettes Bedre kohesjon " vedheft Mindre fare for blødning Tillater økt trafikk
Høy trafikk	Blødningsrisk	Mindre med lite eller ingen løsemiddel
Løsemiddel	bindemidler er miljømessig ugunstig	Lite (0,5) eller ingen

Dette underbygges av at SVV (Regon øst) har tatt in følgende krav i sine beskrivelser for anbudene i 2009:

"Entreprenøren velger type bindemiddel, men det skal ikke brukes bitumenløsning BL som er laget av flyktige petroleumsprodukter som for eksempel white spirit eller parafin. Det skal brukes basisbindemiddel som er tilstrekkelig modifisert med en egnet type elastomer slik at blødning ikke skjer. Bindemiddelet skal dokumenteres med hensyn på disse egenskapene".

Det er altså en klar trend i Norge å kutte ut bruk av bitumenløsning til overflatebehandling selv om bruken av overflatebehandling i seg selv er begrenset i forhold til i for eksempel Sverige.

Bitumenløsning (med avdampning)

Bitumenemulsjon (Ingen avdampning)

7. GENERELT OM BRUK AV OVERFLATEBELEGNINGER I NORGE

Hva er overflatebehandling?

I flg. Statens vegvesens håndbok 018,"Vegbygging" er overflatebehandling et vegdekke hvor vegbanen først sprøytes med bindemiddel og deretter avstrøs med steinmaterialer. Vi skiller gjerne mellom:

1. Enkel eller dobbel overflatebehandling med finpukk: Eo eller Do
2. Enkel eller dobbel overflatebehandling med grus: Eog eller Dog

Doble overflatebehandlinger kan i forskjellige varianter fungere som selvstendige vegdekker. For eks. er et "Ottadekke" en dobbel overflatebehandling. Det samme er "Surphalt", en dekketype som er lagt en del de siste årene. Med selvstendig dekke, menes et vegdekke som kan legges direkte på grusveg eller mekanisk stabiliserte bærelag. Ved doble eller tredoble lag med bindemiddel og stein vil man bygge opp vegdekker som kan sammenlignes med verksblandete typer. Fordelen med disse dekketypene er at de er billige! Kjørekomfort og lastfordelingsevne vil være dårligere. På steder hvor det er langt til asfaltverk/kaldasfaltverk, vil en direkte uttransport fra nærmeste materialtak og bindemiddeldepot til der det skal benyttes bli billig. Man sparer kostnadene til selve blandeverket og ekstrahåndteringer av materialer. Do og Dog benyttes først og fremst på mindre trafikkerte veger. Fordelen i tillegg til pris, er at de vanligvis tåler store bevegelser i vegkroppen da det benyttes myke bindemidler. Grus, knust grus eller pukk kan benyttes. Dekkene er i prinsippet de samme.

Enkle overflatebehandlinger kan også fungere som selvstendige dekker, men dersom ikke underlaget har en fasthet lik eller tilnærmet lik et vanlig asfaltdekke, vil det enkle overflatebehandlingsdekket fort få slaghull og gå i oppløsning. Enkel overflatebehandling med ensgradert pukk skal først og fremst benyttes som et slitelag på toppen av eksisterende vegdekker. En Eo kan sammenlignes med et "varetrekk" eller et teppe som legges utenpå en for øvrig brukbar overflate. Det benyttes ensgradert pukk i størrelse 8 - 11 mm eller 11 - 16 mm. Valsing rett etter utlegging er aktuelt for å "orientere" steinen. Steinmaterialene blir etter hvert som en mosaikk og er et ypperlig slitedekke. En variant av dette er de såkalte forseglinger. Dette er overflatebehandlinger hvor den primære hensikt er å få bindemiddel på det gamle dekket for å reparere og begrense forvitring og åpne partier. Avstrøingen med finpukk 2 - 6 mm eller 4 - 8 mm foretas for å hindre trafikken i å kjøre i bindemiddelet mer enn at pukken skal virke som slitebelegg. Ofte utføres dette arbeid med såkalte kombispredere. Dette er et enkelt utstyr montert på en lastebil som kan betjenes av 1 - 2 mann alene. Ingen valsing. En ny variant av Eo er s.k. "Novachip". Her legges en oppvarmet asfaltert pukk i kontrollert tykkelse ned i en utsprøytet bitumenemulsjon (BE). Steinen fester momentant. Det benyttes helt spesielt utleggerutstyr. Denne "varme" overflatebehandlingen ligner mer på et tynt asfaltdekke enn en tradisjonell EO og vil være 30 - 50% dyrere pr. m^2 enn Eo.

Utvalg 33 Belegninger

Hvor utbredt er enkel overflatebehandling (Eo)?

En oppsummering i Vegdatabanken i 1991 ga som resultat at ca. 2500 km (ca. 10%) av riksvegnettet har enkel overflatebehandling (Eo). Det er stor forskjell fylkene imellom. Telemark, Hedmark, Oppland og Nordland har en god del enkel overflatebehandling, mens andre fylker nærmest har vedtatt forbud mot Eo.

Hvorfor benyttes Eo mindre i dag enn før?

1. Restriksjonene ang. å benytte 40 km/t i følge siste versjon av arbeidsvarslingsretningslinjene.
2. Generelle ønsker (krav) til ikke å benytte asfaltløsning med prøving og feiling på nye klebemiddeltyper som resultat.
3. For mange mislykkede arbeider. Vegvesenet tåler ikke dårlig reklame.
4. For lav fortjenestemargin og for få oppdrag har senket kompetansen hos entreprenørene.

Hvorfor benyttes Eo i det hele tatt?

1. Dekket gir en økt trafikksikkerhet gjennom bedrede friksjonsegenskaper på tørr og våt veg.
2. Dekket har meget gode lystekniske egenskaper. Dette gjelder lyshet og refleksjon av egen lyskilde og i forbindelse med dempning av refleksen fra møtende kjøretøy i sær på våt veg.
3. Teknisk/økonomiske betraktninger viser at dekket gir en gevinst for vegvesenet eller i alle fall er uten ekstrakostnader. Øket trafikksikkerhet og/eller fremkommelighet er et mål for vår virksomhet og tilsier at vi bør ta dekketypen i betraktning.

Hvilke ulemper er det med Eo?

(Forutsetter at den er vellykket).

1. Ved ÅDT over 2000 - 3000 begynner trafikkavviklingsproblemene ved legging å bli for store.
2. Noe steinsprutproblemer må det regnes med. Graden av dette er et usikkerhetsmoment.
3. Noe øket hjulstøy. (Under enkelte forhold kan EO ha en støydempende virkning.) Problemet er overdrevet og avtar fort når steinen blir litt slitt.

Hvorfor skal det gå bra denne gangen når vi har feilet tidligere?

Overflatebehandlinger skapte som nevnt over, for noen år siden så store problemer at metoden nærmest ble forlatt i store deler av landet. Bruk av bitumenløsning førte til blødningsproblemer som ofte varte i to-tre år. Det sies av flere at den siste spikeren i kista ble satt i overgangen til å bruke emulsjoner – da økte antallet feilslag til et utålelig nivå, særlig i kystfylkene. Det ble meldt om feilslagprosenter på over 50. Vi kjenner ikke rapporter som sier hvorfor utviklingen gikk så fullstendig galt. Det kan ha vært en kombinasjon av flere grunner, og det kan godt hende at kystfylkene fortsatt bør holde igjen for storstilt bruk av Eo på grunn av vått og ustabilt vær. Men det kan også hende at det er verdt å gi metoden en ny sjanse likevel!

Hva er nytt?

Først og fremst har alle entreprenører nå tilgang til bedre bindemidler enn tidligere og vi ser en økning av modifiserte bindemidler (PMB/elastomerer) i vanlig konkurranse i markedet. Slike

bindemidler har vært brukt med hell i store forsøkslegginger her i landet, eksempel Rv7-Hallingdalen på tidlig 1990-tall. Modifiserte bindemidler reduserer risikoen for feilslag på grunn av blødning. I Norge benyttes Eo på veger med liten trafikk sammenlignet med andre land hvor metoden er i full bruk på høytrafikkerte veger. Lav trafikk på våre veger gjør at vi her i landet allerede har mye å "gå på" mht bindemiddelpåsprøytningen i balansen mellom steinslipp og blødning. Modifiserte bindemidler gjør at denne marginen øker ytterligere. Dermed får man betydelig redusert risiko for at leggingen skal bli mislykket.

Videre utvikling

I SVV Region Øst, hvor det hovedsakelig bestilles Eo, er man innstilt på å tøye Eo til høyere trafikkvolum enn hva som har blitt brukt til nå. Selv om Hb018 sier ÅDT bør være maksimum 3000 så har praksis i SVV Region Øst de siste årene vært å begrense metoden til ÅDT opptil 1500. Potensialet for metoden blir da i underkant av 350 km/år, noe man i dag utnytter ca. 80 % av. Økt bruk av Eo utover dette potensialet må komme i form av legging på veger med ÅDT høyere enn 1500.

Entreprenørene bør få tid til igjen å bygge opp kompetansen på Eo, som kanskje ikke er holdt ved like over mange år med lite bruk av denne dekketypen. Når vi greier å utnytte nye typer bindemidler på en optimal måte - med godt håndverk - så ser vi ingen grunn til at Eo ikke kan benyttes selv om trafikkvolumet er høyere enn det som er praksis i dag og forsøksvis også høyere enn maksimalt angitt i Hb018. Dette kan være aktuelt for å stoppe steinslipp på dekker som ikke har utviklet for stor spordybde. I slike tilfeller burde man kunne bruke Eo på en effektiv måte, i hvert fall forsøksvis til man bygger mer erfaring.

Skepsisen

Det framkommer av og til argumenter mot å benytte Eo selv om man greier å begrense ulempene for trafikantene og feilslagsprosenten blir akseptabel, og til tross for at økonomien med metoden da er udiskutabel. Argumentene dreier seg gjerne om at overflaten på Eo er grov og dermed gir økte ulemper som blant annet støy. I SVV Region Øst har man til nå vurdert det slik at overflaten ikke kan sies å være grovere enn et konvensjonelt asfaltdekke som har vært utsatt for piggdekkslitasje og at steinstørrelsen dermed er mest avgjørende for støyegenskapene. Det har ikke vært praksis i å bruke stein som er større enn 11mm til Eo. Videre benyttes metoden i liten grad i områder hvor trafikkstøy oppfattes som et spesielt framtredende problem.

Har Eo en fremtid som slitelag på høytrafikkert veg?

Eo er et billig vegdekke. På lavtrafikknettet har trafikkulempene under legging liten betydning. Forsegling av gamle dekker og topp over bitumenstabilisert veg er aktuelle bruksområder. Ved ÅDT over 2000 kan slitestyrke i forhold til pris være interessant. Trafikkulempene under utlegging ved dagens metoder blir vurdert for store ved ÅDT over 4 – 5000, men det utvikles stadig nye bindemidler og bedre utstyr som kan endre dette.

8. FORSØK MED BIOBITUMEN

Det finnes begrenset erfaring med bruk av biobitumen i Norge, men Mesta, Shell og SVV har benyttet produktet i to feltforsøk. Forsøkene ble utført i 2006 og bioflux ble benyttet i en MA11 (mykasfalt) med V10000 og til overflatebehandling 4/8 mm med en BL9000R.

Resultatutvikling har vært positiv men ytterligere uttestinger har ikke funnet sted. Detaljerte resultater og mer informasjon finnes i rapporten på:

http://www.shell.com/static/bitumen-en/downloads/wrc/papers/biofluxes_english.pdf

9. OPPSUMMERING. HVILKEN VEI GÅR UTVIKLINGEN?

Det er ingen tvil om at asfaltbransjen også i Norge må tilpasse seg samfunnets stadig økende fokus på miljø. Vi har de siste årene opplevd en økning i prosjekter med miljø som hovedfokus. Støysvake dekker, piggdekkslitasje og svevestøv, gjenvinning av asfalt, emulsjoner som erstatning for bitumenløsninger og ikke minst lavtemperatur produksjon av asfalt.

Det er nå også tegn til at miljøkrav beskrives i anbudsdokumentene både fra SVV og kommuner så entreprenørene må henge med i utvikingen om de vil være konkurransedyktige. Dette ser også ut til å være tilfelle, og de store entreprenørene i Norge er alle med i utvikingsarbeidet som fremmer miljøtilpassede belegninger.

5.1.10 **Norsk indlæg på møde**

NVF Belegninger
Norsk presentasjon til årsmøte 8. juni 2009 i Sønderborg, Danmark

Miljø- og samfunnsansvar i offentlige anskaffelser

- Offentlige innkjøp for 250-300 mrd NOK pr. år!
- 3-årig handlingsplan 2007-2010 for miljø- og samfunnsansvar i offentlige innkjøp
- Egen miljøpolitikk for statlige innkjøp, mål:
  - Miljøbelastningene knyttet til offentlige innkjøp skal minimeres
  - Effektiv utnyttelse av statens ressurser
  - Fremme innovasjon og utvikling av miljøteknologi og miljøvennlige produkter
- Innkjøpspanelet: rådgivende organ for mer miljøbevisste innkjøp i offentlig sektor

Statens vegvesens miljøansvar

- SVV har et sektoransvar for miljøet ved planlegging, bygging og drift av alle Europa- og riksveger
  - Miljøvisjon: ”Transport skal ikke gi alvorlig skade på mennesker eller miljø”
- Retningslinjer og veiledere beskriver hvordan miljøet skal ivaretas
- Policygruppe med deltakelse fra entreprenører opprettet i 2008
  - Inkluderer alle innkjøp, ikke bare vegdekker og energi
  - Er metoder for måling av miljøeffekt (for eksempel LCA) fortsatt for usikre til å kunne brukes i en innkjøpsprosess?

Statens vegvesen, tildeling av dekkekontrakter

- Tradisjonelt: SVV spesifiserer løsninger og tilbyder med lavest pris får kontrakten
  - Miljøhensyn ikke inkludert i konkurransegrunnlag for dekkekontrakter pr. i dag
  - Oppfordrer til gjenbruk
  - Ingen formelle hindringer for å ta i bruk WMA
- Funksjonskontrakter = løsning med lavest årskostnad velges (basert på sporutvikling)
- FoU-kontrakter: nye, innovative løsninger
- Utfordring: Hvordan kan vi bidra til å oppfylle miljømålsetninger uten at det går på bekostning av andre mål?

Kommunenes miljøansvar

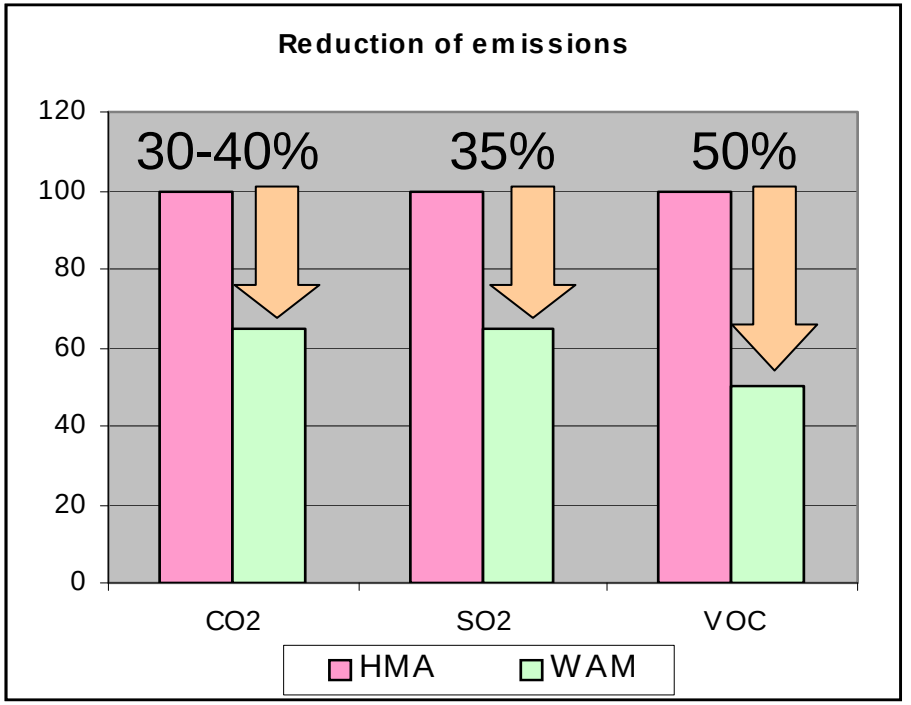
- 430 kommuner med til dels forskjellig miljøpolitikk
- Generelt stor vilje til å ta miljøansvar
- Mange eksempler på miljø som tildelingskriterium ved kjøp av varer og tjenester
- Ingen klare retningslinjer – ofte vanskelig å rangere tilbud med hensyn på miljøvennlighet
- Eksempel: Trondheim kommune
  - krever ”Miljøerklæring” fra leverandøren
  - Tildelingskriterier for dekkekontrakter: 90% pris, 10% miljø

Miljøgevinst ved WMA kontra HMA

- Mengden ”bitumenrøyk” halveres for hver 10-12 °C reduksjon i temperatur
- WMA-teknikker anvendt i Norge: 30-60 °C reduksjon av temperatur

Miljøgevinst ved WAM Foam

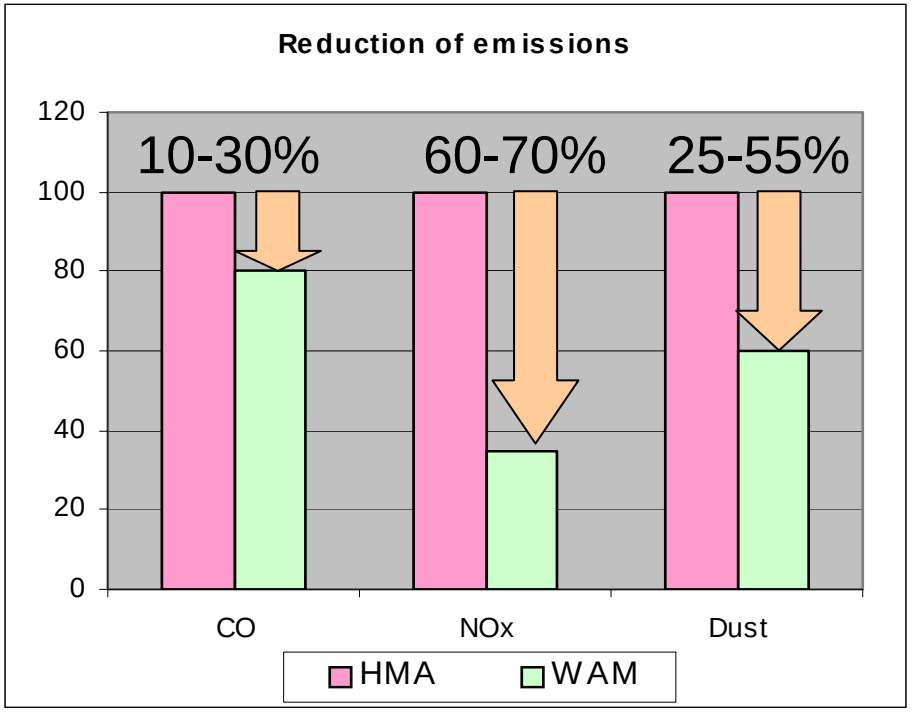
Emissions at the chimney



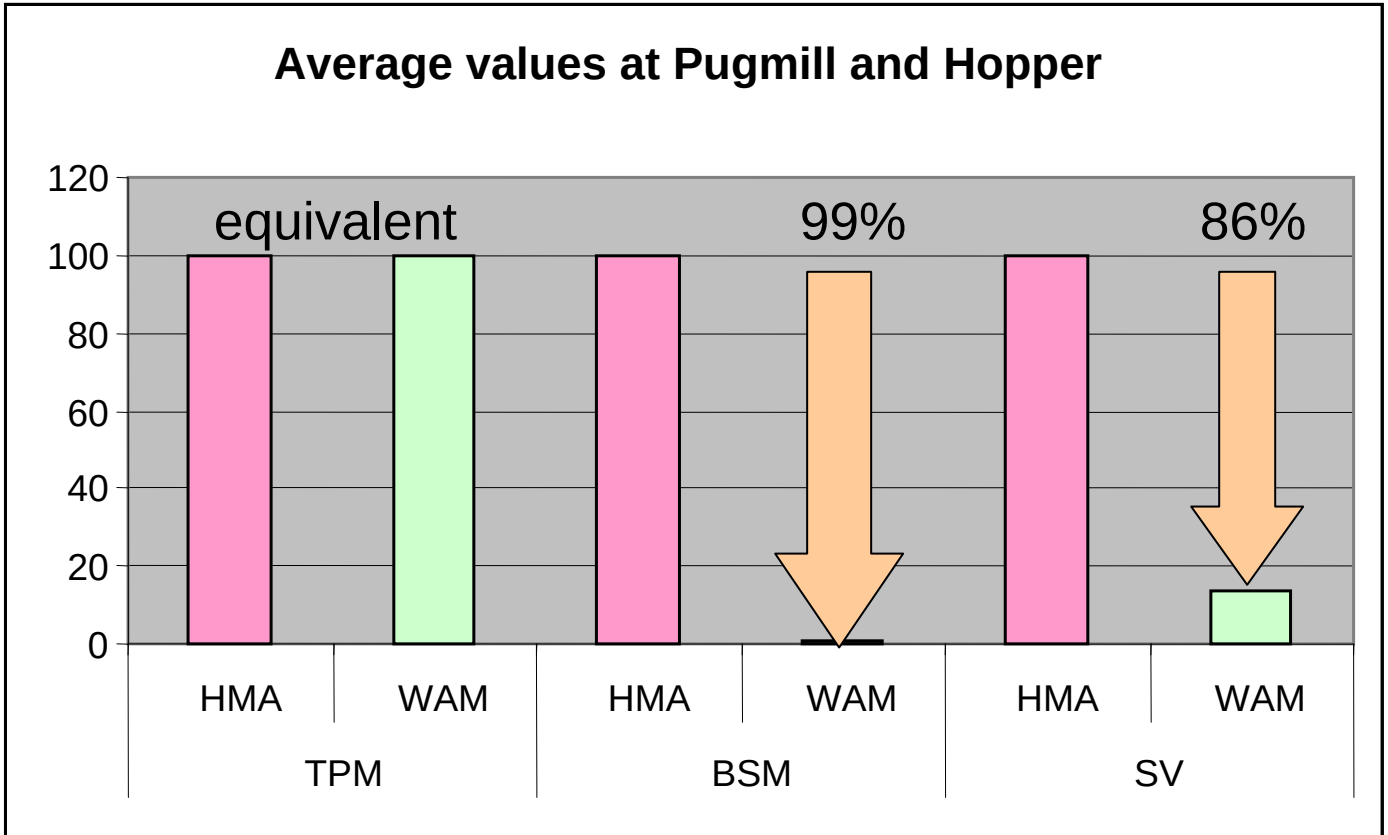
Reduction of greenhouse and acid rain effects.

* and previous measurements. Average values representative of the process are presented.

Miljøgevinst ved WAM Foam

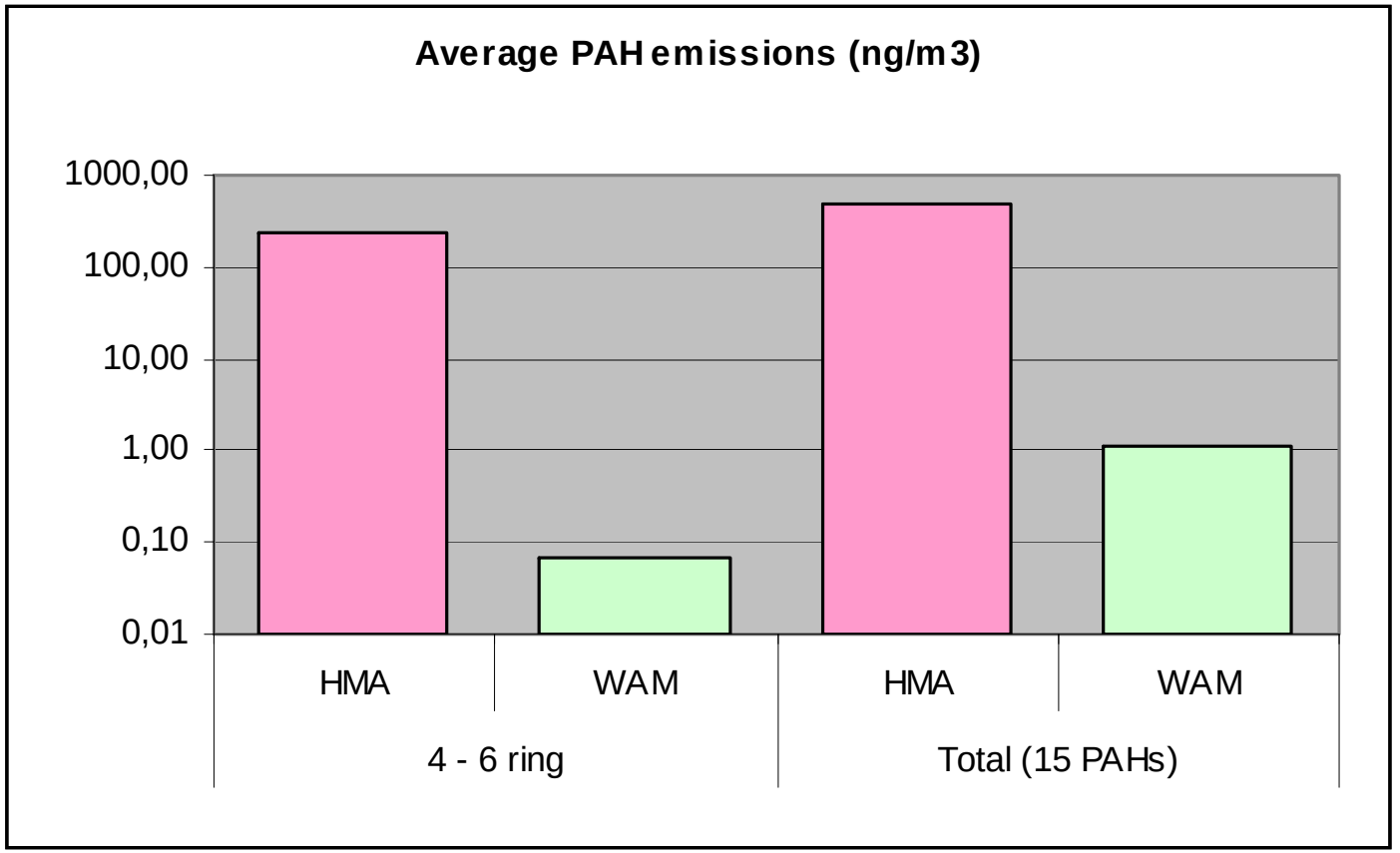


Emissions during production of WAM (Conglobit plant)



Total Particulate Matter (TPM) similar
Organic fraction (BSM) significantly lower for WAM (up to 200 X)
Volatile fraction (VF) significantly lower for WAM (about 6 X)

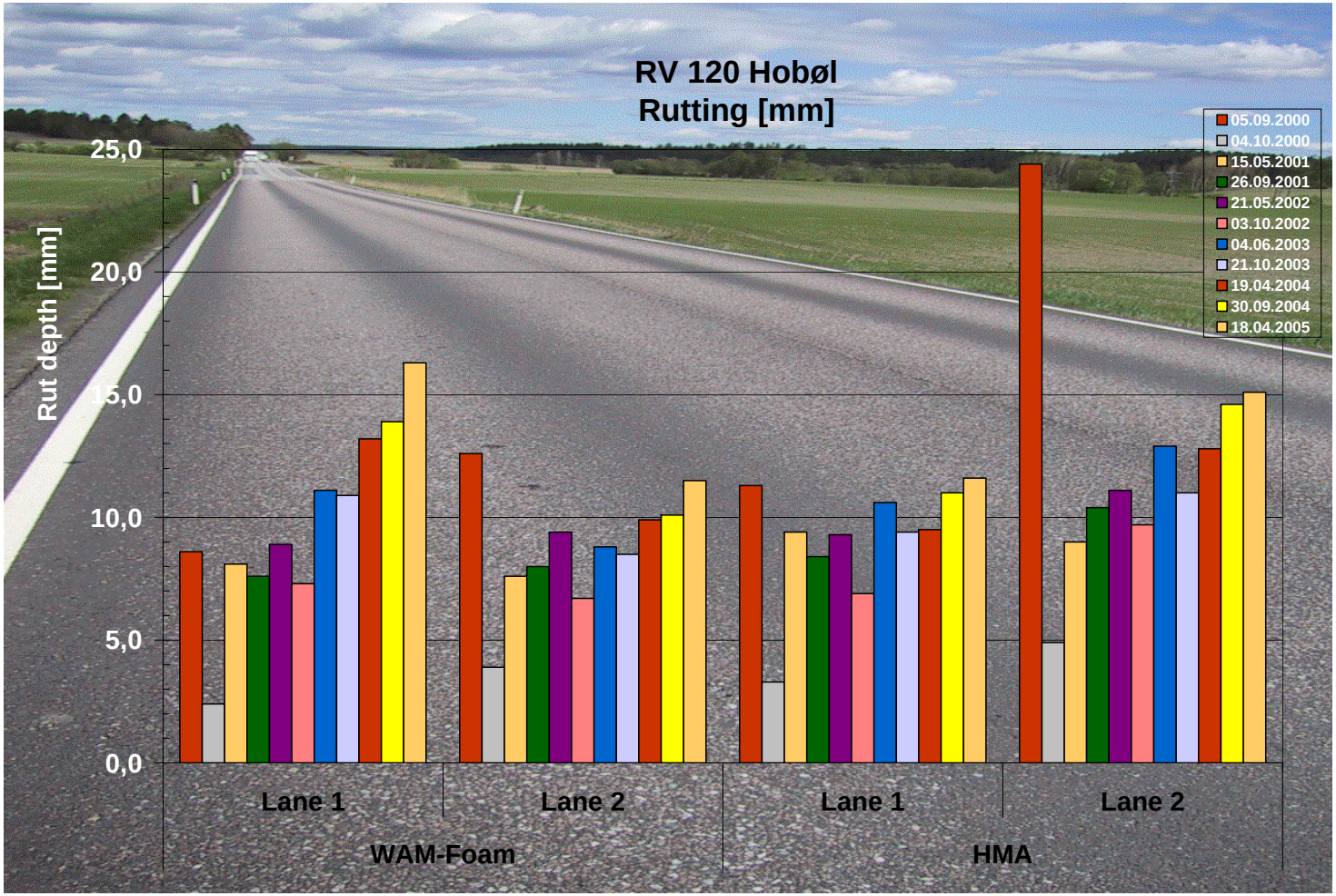
PAH-utslipp


Average PAH emissions (ng/m3)
1000,00
100,00
10,00
1,00
0,10
0,01
HMA
WAM
HMA
WAM
4 - 6 ring
Total (15 PAHs)

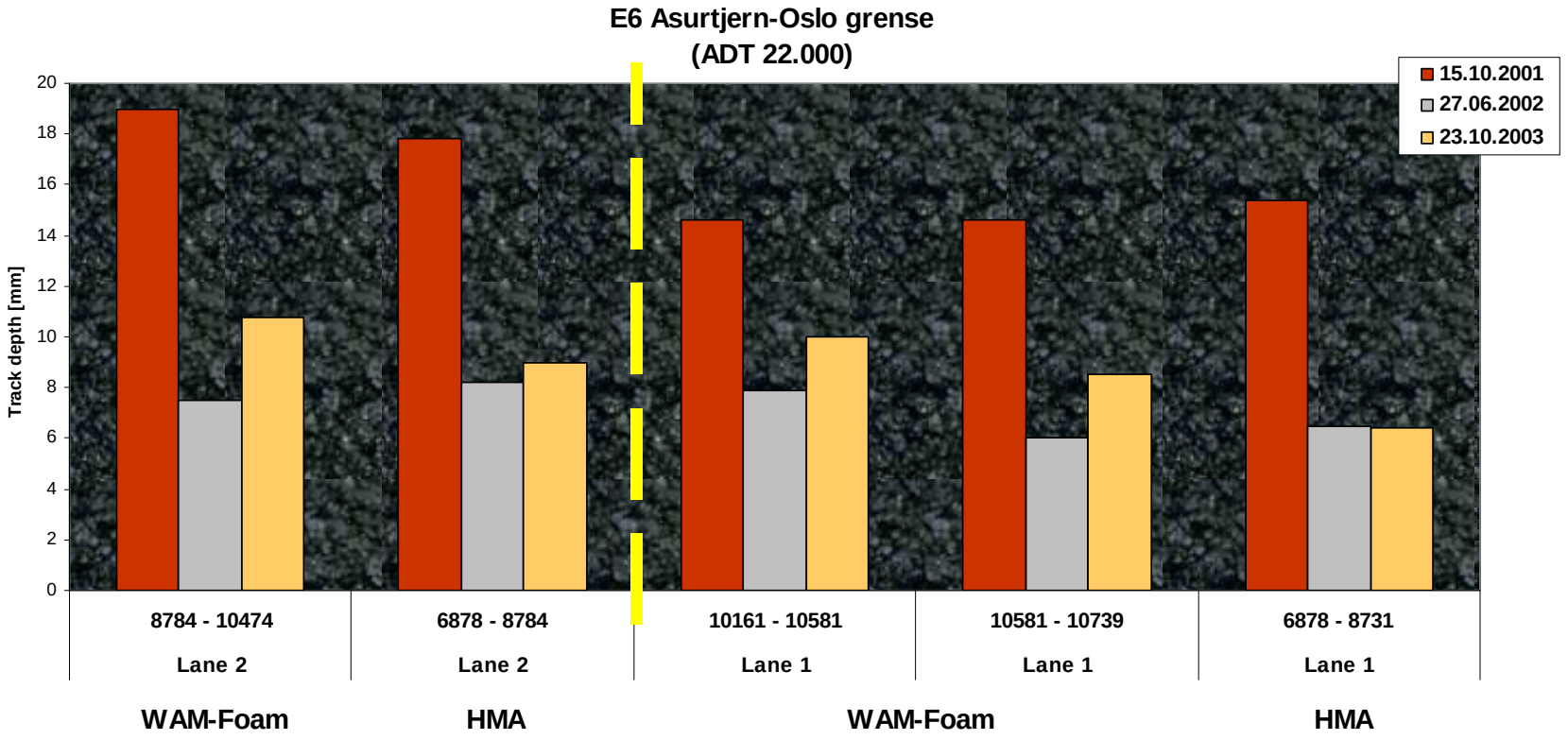
WMA teknologi anvendt i Norge

Entreprenør	WMA-teknikk	Tonnasje	Kommentar
Lemminkainen	LEA-Low Energy Asphalt	30-50 t	2007 og 2008
Lemminkainen	Cecabase RT945		2008
KoLo Veidekke	Redicote WMX	30 t	2008
KoLo Veidekke	WAM Foam	60.000 t	1999-2009

WAM Foam, sporutvikling



WAM Foam, sporutvikling



Miljøgevinst ved bruk av emulsjoner i overflatebehandling

- **Lite og/eller ingen løsemidler**
- **Ingen brannfare**
- **Lav brukstemperatur**
- **Bedret arbeidsmiljø for arbeiderne**

Hva sier bestiller?

- *"Entreprenøren velger type bindemiddel, men det skal ikke brukes bitumenløsning BL som er laget av flyktige petroleumsprodukter som for eksempel white spirit eller parafin. Det skal brukes basisbindemiddel som er tilstrekkelig modifisert med en egnet type elastomer slik at blødning ikke skjer. Bindemiddelet skal dokumenteres med hensyn på disse egenskapene".*

Erfaringer fra Norge

Bitumenløsning (med avdampning)

Bitumenemulsjon (Ingen avdampning)

Feilslag…

Biobitumen

- Lite utprøvd i Norge
- Enkelte felt forsøk utført av Mesta og Shell
- Bioflux i Mykasfalt og biobitumen i bitumenløsning i bruk til overflatebehandling
- Ellers lite erfaringer

Veien videre…

- Økende fokus på miljøparametre
- Støysvake dekker
- Piggdekkslitasje og svevestøv
- Gjenvinning av asfalt
- Emulsjoner som erstatning for bitumenløsninger
- Lavtemperatur produksjon av asfalt
- Polymerer for økt dekkelevetid og minsket LCC

5.1.11 **Svensk årsrapport**

Huvudämne 2009

Miljöanpassade beläggningar

Kunskapsöversikt från Sverige

Innehåll

BITUMINÖSA BELÄGGNINGAR I SVERIGE 3

AKTUELLA MILJÖFRÅGOR 4

KONVENTIONELLA BELÄGGNINGAR OCH TEMPERATURER 5

LÅGTEMPERERAD VARMASFALT (WMA) 6

ALLMÄNT OM WMA 6
FLÖDESBLANDAD ASFALT–KGO-III 7
SKUMNINGSTEKNIK 8
BESKRIVNING AV TILLSATSMEDEL 9
FUD-PROJEKT MED TILLSATSMEDEL 9

BITUMENLÖSNING, MJUKBITUMEN OCH BITUMENEMULSION 11

Bituminösa beläggningar i Sverige

Varmt tillverkade massor

I Sverige produceras ca 7 miljoner ton varmtillverkad asfaltmassa årligen. På det statliga vägnätet ligger andelen ABS (SMA) kvar på höga nivåer för de högtrafikerade vägarna medan andelen ABT minskat markant på senare tid. ABT är fortfarande den dominerande beläggningstypen på låg- till medeltrafikerade gator i tätorterna. Tunnskiktsbeläggning, TSK, har blivit den vanligaste underhållsåtgärden på delar av vägnätet i sydvästra Sverige och förekommer även frekvent i vissa tätorter. Vid justering av nedslitna vägar och vid förstärkning och nybyggnad används alltmer av bindlager, ABb. Lager med ABb brukar trafikeras i några år innan de läggs över med slitlager.

Bullerreducerande beläggningar typ dubbeldrän, enkeldrän och beläggningar med högre hålrumshalt än normalt läggs alltmer där bullerstörningarna är som störst och främst där andra bullerreducerande åtgärder inte är tillräckliga. Det bör nämnas att öppna, bullerreducerande beläggningar har kortare livslängd än täta beläggningar. Kostnaderna för framförallt dubbeldrän är dessutom markant högre. Användningen av bullerreducerande beläggningar kan dock motiveras av att den samhällsekonomiska vinsten blir större än för konventionell beläggning eftersom kostnaderna för de negativa hälsoeffekterna blir lägre.

I södra Sverige används bitumen 50/70 och framförallt 70/100 medan i norra Sverige 100/150 och 160/220 dominerar. Trenden på senare år är att användningen av hårdare bitumen ökar över hela landet. Andelen asfaltbeläggningar med PMB eller PMA är ca 3 % och bedöms öka något kommande år. Den här typen av beläggningar läggs där påkänningarna från trafiken är extra stora.

Halvvarmt tillverkade beläggningar

I norra men även mellersta Sverige är mjukasfalt typ MJOG och MJAG vanligt förekommande. År 2008 lades på det statliga vägnätet ca 600 000 ton MJOG och MJAG.

Tankbeläggningar

Årligen läggs ca 12 miljoner kvadratmeter av ytbehandling, där Y1B 8/11 och 11/16 dominerar men även Y1B 4/8 läggs mer och mer. Även här är trenden att största stenstorleken minskar. Inom tankbeläggningsfamiljen läggs även drygt 3 miljoner kvadratmeter av IMT (Indränkt Makadam Tät) och ca 3 miljoner kvadratmeter av försegling. IMT får en relativt tät och slät yta genom det andra påslaget av finkornigt material och bindemedel. Den används som ett kombinerat bär- och slitlager på låg- till medeltrafikerade vägar.

Stenhalt och största stenstorlek

Dubbdäcksanvändningen är fortsatt hög i Sverige, vilket tillsammans med ökad trafik, trots införande av skonsammare dubbdäck, ger ett betydande slitage. Andelen dubbfria vinterdäck ökar dock långsamt. Stenhalten och största stenstorleken är två parametrar som har mycket stor betydelse för slitstyrkan hos beläggningen.

Slitlager med hög halt av material större än >4 mm, typ ABS, TSK, MJOG, ytbehandling och IMT dominerar, bl. a beroende på att stenmaterialrika asfaltlager ofta får bra nötnings- och

deformationsresistens. Tillgången till högkvalitativt stenmaterial är fortfarande god i Sverige. Numera används huvudsakligen krossat berg till asfaltbeläggningar.

Trenden är att största stenstorleken i slitlager minskar, framförallt inom tättbebyggda områden med bullerstörningar från trafiken. Slitlager med stenstorleken max 11 och 8 mm har blivit allt vanligare men fortfarande dominerar 16 mm på de mest högtrafikerade vägarna.

Asfaltåtervinning
Under flera år har intresset för asfaltåtervinning varit stort. Ett stort antal tekniker finns. Cirka 1,5 miljoner ton returasfalt, inklusive alla former av värmebeläggningar, återvinns per år till ny asfaltbeläggning eller till obundna lager. År 2008 återvanns på det statliga vägnätet ca 550 000 ton gamla asfaltmassor till ny asfaltbeläggning. Många kommuner ställer idag krav på att asfaltmassan ska innehålla 10 % returasfalt.

Aktuella miljöfrågor

Minskade oljetillgångar som drastiskt kan höja energipriserna tillsammans med utsläpp av växthusgaser (främst koldioxid, CO_2, men även kväveoxider, NO_x) från förbränning av fossila bränslen som medför klimatförändringar har medfört att kraven på energieffektivisering och resurshushållning ökat. Sedan industrialiseringens början har halten koldioxid ökat med 30 % i atmosfären. På asfaltkonferenser världen över är det frågor som tar upp energi, utsläpp och resurshushållning som dominerat på senare år.

Vid byggande av vägar uppskattas kostnaderna för energianvändningen till 16 % av de totala kostnaderna. Kostnaden för bindemedlet (bitumenet) är idag ungefär 30 % av den totala kostnaden för beläggningen (ibland högre). Cirka12 % av den energi som åtgår vid byggandet av en väg kan härledas till asfaltkonstruktionen. För att uppvärma ett ton ballastmaterial vid tillverkning av varm asfaltmassa åtgår energi motsvarande 175 MJ (6-8 liter eldningsolja). Emissionerna av CO_2 per ton tillverkad varm asfaltmassa ligger på 15-20 kg.

Regeringen har i mars 2009 lagt en proposition för klimat- och energimålen fram till år 2020:

- 40 procent minskning av utsläppen av klimatgaser
- 20 procent effektivare energianvändning
- 10 procent förnybar energi i transportsektorn

Vägverket har från departementet fått ett krav att inom de närmsta åren minska CO_2-utsläppen med minst 80 000 ton för den verksamheten inom drift och underhåll (inte bara beläggning) man kan påverka. Därför håller en handlingsplan för energihushållning vid väghållning på att tas fram. Två av de tyngsta skälen att hushålla med energi i väghållningen är hotande klimatförändringar och annalkande energibrist. I det sammanhanget pekas produktion av asfalt ut som ett viktigt område för energieffektivisering och minskade utsläpp av växthusgaser. Transporterna av material till verk eller vägobjekt anses i det sammanhanget också vara en mycket viktig faktor, besparingspotentialen är där sannolikt större än vid produktionen av asfalt. Utredningen pekar också på att ökad prestanda och hållbarhet också är bra för miljön eftersom livslängden blir större. Mer av LCC och LCA efterfrågas vid valet av beläggningsåtgärd.

Kravet på att anpassa beläggningarna utifrån emissioner av buller och partiklar ökar år från år i Sverige. Vid de mest trafikerade gatorna/trafiklederna i tätorterna är det svårt att klara de av EU uppställda miljökvalitetsnormerna för emissioner från buller och partiklar. Därför förs en intensiv debatt om tänkbara åtgärder för att förbättra situationen. I detta sammanhang har asfaltbeläggningar kommit i fokus. Åtgärder bör sättas in så nära källan som möjligt, dvs. vägen och trafiken. Trycket på att beställaren ska anpassa valet av beläggningstyp utifrån rådande miljöstörningar på det aktuella objektet har ökat. Förutom partiklar och buller så har även beläggningens rullmotstånd kommit i fokus. Vid lägre rullmotståndet (textur) minskar bränsleförbrukningen, vilket leder till reducerade utsläpp av koldioxid.

Flera av de miljömål som finns idag står i konflikt med varandra, t ex buller/rullmotstånd kontra slitagepartiklar. Finkorniga beläggningar ger lägre bulleremission/textur än grovkorniga men har samtidigt sämre nötningsresistens. Det medför vid oförändrad dubbdäcksanvändning och trafik att slitaget blir större med högre partikelgenerering som följd. I många fall måste en prioritering göras vid valet av beläggningstyp utifrån miljökraven.

Konventionella beläggningar och temperaturer

Bituminösa beläggningar brukar efter tillverkningstemperatur delas upp i följande grupper:

- <50°C, kalltillverkade
- 50-120°C, halvvarmt tillverkade
- >120°C, varmt tillverkade

Inom området ***kalltillverkade beläggningar*** uppvärms inte ballastmaterialet utan enbart bindemedlet som utgörs av bitumenemulsion, mjukbitumen eller bitumenlösning. I några fall har skummat bitumen förekommit. Temperaturen hos den här typen av bindemedel ligger mellan 70-110°C. De beläggningstyper som förekommer är asfaltemulsionsbetong (idag i liten skala), stabilisering, kall återvinning, försegling, ytbehandling, och indränkt makadam. Kalltillverkade beläggningar kan användas både som bär- och slitlager på vägar med upp till 2000 fordon per körfält. Kalltillverkade asfaltmassor tillverkas i mindre asfaltverk med hög mobilitet, som kan placeras nära det vägobjekt som ska åtgärdas. Det innebär att transporterna av material begränsas. Tankbeläggningar är förutom att de är energisnåla även resurssnåla, dvs. de kräver mindre mängd bindemedel och ballast än massabeläggningar.

Halvvarma beläggningar utgörs uteslutande av mjukasfalt som används till bär- och slitlager på vägar upp till 2000 fordon per körfält. Halvvarmt tillverkade asfaltbeläggningar kan läggas ut senare på året än kalltillverkade. Normalt uppvärms ballasten till 65-80°C medan temperaturen hos bindemedlet ligger mellan 90-120°C beroende på typ av mjukbitumen. De beläggningstyper som förekommer är MJOG, MJAG, halvvarm återvinning och halvvarm Remixing.

För ***varmtillverkade asfaltbeläggningar*** uppvärms asfaltmassan till 150-180°C. Varmtillverkad asfalt kan används på hela vägnätet och till bär-, bind- och slitlager. I Sverige används varmmassa huvudsakligen på det medel- till högtrafikerade vägnätet och allmänt inom tätorter. Ett stort antal beläggningstyper finns: ABT, ABS, ABD, TSK, gjutasfalt, ABb och AG samt ett antal firmabundna varianter. Varmt tillverkade massor återvinns genom varm

återvinning i verk, Repaving, Remixing och Remixing plus. TSK-beläggningar är resurssnåla genom att de läggs i relativt tunna lager (17-22 mm).

När olika asfalttekniker jämförs med varandra utifrån tillverkningstemperatur är det viktigt att ta hänsyn till att kallt- och halvvarmt tillverkade asfaltbeläggningar har lägre prestanda än varmtillverkad. Därför kan de inte ersätta de varma massorna även om ett visst utrymme finns.

Lågtempererad varmasfalt (WMA)

I Sverige är erfarenheterna av lågtempererad varmasfalt (WMA, Warm Mixed Asphalt) med tillsatsmedel ännu så länge förhållandevis begränsade. Erfarenheterna av flödesblandad asfalt (KGO III) och skumningsteknik (WAM-FOAM) är dock större. I slutet av 2008 samlade Vägverket branschen till ett möte i syfte att påskynda utvecklingen av lågtempererad asfalt. I följande avsnitt redovisas de metoder som använts i Sverige.

Allmänt om WMA

(Thorsten Nordgren, Vägverket)
WMA innebär en temperatursänkning på 20-50ºC. Asfaltmassor producerade enligt WMA ligger ofta i temperaturspannet 120-150ºC men det finns även tekniker som innebär lägre och högre temperaturer (definitionen kan skilja sig åt mellan olika länder).

Det är i huvudsak tre faktorer som utgör drivkraften hos WMA, lägre energiförbrukning, minskade emissioner av växthusgaser (även PAH) och bättre miljö för asfaltpersonalen. Energibesparingen vid tillverkning enligt WMA-konceptet ligger i området 20-40 % och är direkt proportionerlig mot den temperatursänkning man gör. En del av den energi (ofta eldningsolja) som åtgår vid uppvärmningen av asfaltmassorna (ballasten) går till förångning av vatten. Så ur energisynpunkt är det en stor fördel om ballastmaterialet kan hållas så torrt som möjligt. Om energin ska prioriteras ska helst ballastmaterialen lagras under tak. För torkning av varje procent vatten i materialet åtgår det ca 0,8 liter diesel.

För att kunna tillverka asfaltmassa med lägre temperatur behöver man antingen göra modifieringar på asfaltverket eller använda sig av tillsatsmedel. Det finns också kombinationer av båda förfaringssätten. Iden och tankarna kring WAM kommer ursprungligen från Europa men har vidareutvecklats i USA där användningen ökat väldigt snabbt på senare år.

Enligt det av NAPA arrangerade seminariet om WMA hösten 2008 så finns det idag i USA ungefärligen 15 olika tekniker (system) som innebär att det går att producera asfaltmassor med 20-40 graders sänkt temperatur. Flera tekniker bygger på att man har vatten (fukt) närvarande i någon form och får en så kallad skumningseffekt av bitumen, andra bygger på att man jobbar med tillsatsmedel som ändrar bituminets flytegenskaper (viskositet) vid olika temperaturer.

De frågeställningar och problem som berördes på seminariet var:
- Hur påverkar restfukt eller tillfört vatten vidhäftning och beständighet
- Hur påverkar olika kemiska tillsatsmedel bitumen kemin

- Vilka är effekterna på lång sikt

De viktigaste fördelarna med tekniken var:
- Lägre energiförbrukning – minskade CO_2 utsläpp
- Bättre arbetsmiljö- mindre bitumenrök och luktproblem
- Lägre initial åldring (oxidering) av bituminet
- Längre säsong för asfaltarbeten

Utöver tekniska hinder finns även marknadsmässiga och kommersiella hinder för tekniken. Avsaknad av direkta krav och specifikationer från beställaren upplevdes av många som ett hinder.

Flödesblandad asfalt–KGO-III

(Torbjörn Jacobson, Vägverket)
Under flera år har tekniken med ***flödesblandad asfalt*** använts i Sverige. Från början togs blandningstekniken fram för att bindemedlet skulle fördelas ut homogenare i stenmaterialet än vid konventionell teknik. Flödesblandad asfaltmassa får lägre viskositet, vilket kan resultera i att den blir mindre separationsbenägen vid tillverkning och utförande. På 1990-talet var lastbyteszoner ett vanligt förekommande problem vid asfaltutläggning, vilka orsakade tidiga beläggningsskador. För flödesblandad asfalt har inte detta varit ett problem.

Metoden visade sig ha flera positiva effekter för miljön, t ex mindre bindemedelsåtgång och asfaltmassorna kan produceras vid lägre temperaturer än konventionella massor. Temperaturen på asfaltmassan ligger ungefär 25ºC lägre och bindemedelshalten kan sänkas med 0,5 procentenheter för vissa beläggningstyper (ABS, ABT).

För att asfaltmassan ska få en god homogenitet blandas ballastsorteringarna, fillret och bindemedlet med varandra i en speciell ordningsföljd. I flödesblandningsmetoden KGO-III tillsätts först de grova sorteringarna (>4 mm) till blandaren samtidigt som bindemedlet tillsätts. I nästa steg inblandas filler, som med hjälp av en plåt sprids jämnt fördelat till massan i blandaren. Sist tillsätts stenmaterialets finsortering (0/4 mm). Blandningsförfarandet åstadkommer en jämnare fördelning av fillret och bindemedlet i asfaltmassan samtidigt som den grova ballastens ytor blir täckta av tjockare skikt av bindemedel. Massan får genom blandningsförfarandet initialt en lägre viskositet som gör det möjligt att sänka temperaturen (massan blir för blöt annars). Blandaren måste vara modifierad (ombyggd) för flödesblandad asfalt när KGO-III används.

De nackdelar som rapporterats är att produktionen dels får lägre kapacitet genom längre blandningstider, dels är det svårt att växelvis kombinera flödesblandade massor med konventionella asfaltmassor eftersom temperaturen varierar. Produktion enligt KGO-III kräver också noggrann styrning och kontroll. Metoden fungerar inte heller för trumblandningsverk. Ett relativt stort antal objekt har lagts med KGOIII (de flesta entreprenörer har arbetat med denna teknik och i princip samtliga beläggningstyper har tillverkats) och erfarenheterna är mestadels goda även om några fall fallerat. En viktig fråga är om det lägre bindemedelsinnehållet i massan försämrar beständigheten. Alltför stor

reducering av bindemedelshalten har gett upphov till skador men erfarenheterna hittills är överlag goda om arbetsreceptet följer de tekniska anvisningar som tagits fram (ej lägre än 5,6 % bitumen i ABS).

Skumningsteknik

WAM-Foam tekniken (Roger Lundberg, NCC) klarar kraven på bättre arbetsmiljö, sänkt energiförbrukning, minskade utsläpp och samtidigt bibehålla den höga tekniska prestanda som en konventionell varmtillverkad asfaltmassa har. Vid tillverkning av asfaltmassa enligt WAM-Foam konceptet upphettas stenmaterialet på konventionellt sätt men dock endast till cirka 120°C, vilket medför att energiåtgången och stoftutsläppen reduceras med 20-30 %. Därefter tillsätts ett mjukbitumen, exempelvis V3000. Mängden och sort av mjukbitumen varierar beroende på vilken slutprodukt som önskas men vanligtvis utgör mjukbitumen 20-30 % av totala bindemedelsinnehållet. Efter att mjukbitumen har blandats med stenmaterialet tillsätts ett penetrationsbitumen, exempelvis 50/70, men innan det tillsätts så skummas det genom tillsats av vatten i en specialbyggd skumningskammare. Därmed täcks stenmaterialet, som redan har en hinna av mjukbitumen, effektivt av penetrationsbitumenet som genom skumningen fått en temporär volymökning på 15-20 procent.

Totala blandningstiden är inte längre än för konventionell asfaltmassa trots att blandningen sker i två steg, vilket medför att normal produktionskapacitet kan bibehållas. Trots den låga temperaturen är massan lätt att lägga och välta, eftersom mjukbitumenet fungerar som smörjning. Massan är packningsbar ner mot 80°C, vilket ger goda möjligheter till vältning, eftersom asfaltmassan svalnar relativt långsamt vid dessa låga temperaturer.

Försök med WAM-Foam har gjorts både i satsblandningverk och kontinuerliga fabriker. Provytor samt fullskaliga objekt är utförda i norra Sverige sedan 1999.

Beläggningen av WAM-Foam är undersökt med avseende på hålrum, bearbetningsbarhet (konsistens, workability), styvhetsmodul, vattenkänslighet, stabilitet, slitage, penetration, mjukpunktsförändring och textur. Motsvarande undersökningar gjordes även på den varmblandade ABT 16 beläggningen som jämförelse, detta för att kunna fastställa WAM-Foam beläggningens egenskaper gentemot konventionellt tillverkad massa. Korngraderingen och bindemedelshalten sammansattes lika för de två olika koncepten. Samma bindemedelskvalitet eftersträvades för de två olika slutprodukterna, dvs. penetrationen på bitumen återvunnet från färdig beläggning skulle vara lika för de två koncepten.

Hålrumshalterna för både WAM-Foam och konventionell varm massa såg bra ut. Skillnaden i medelvärdet visar på 0,7 vol-% högre hålrum för WAM-Foam massan. Test av massans konsistens visade att WAM-Foam är likvärdig med varm massa när det gäller bearbetbarhet. Styvhetsmodulerna vid förprovning liksom provytorna indikerade något lägre styvhetsmodul för WAM-Foam, men enligt borrkärnorna från färdig väg visade sig WAM-Foam ha likvärdiga styvhetsmoduler som referensmassan vid 2, 10 och 20°C. Vid provning av vattenkänsligheten skiljde inte vidhäftningstalet (ITSR) nämnvärt mellan de olika koncepten, men det är viktigt att poängtera att ett aktivt vidhäftningsmedel krävs i WAM-Foam massor

Kontroll av stabilitet är gjort med både Wheeltracking och Dynamisk kryptest. Resultaten från Wheeltracking på borrkärnor visar på en variation om cirka 1 mm i spårdjup mellan de

två koncepten, med fördel för varmt tillverkad massa. Spårdjupet för de olika koncepten bedöms dock som fullt normalt för en ABT 16 och varierade mellan 7,9–9,0 mm. För dynamisk kryptest så visar det sammanvägda resultatet av borrkärnor från väg och gyratoriskt packade provkroppar på laboratorium lite bättre värden för varmt tillverkad massa. För borrkärnor uppvisade dock WAM-Foam (bitumen 50/70) det bästa värdet.

Slitage är kontrollerat enligt Prall, dels enligt metod dels med förlängd vattenlagring enligt ITSR-provning (7 dygn). Slitaget uppvisade ingen större skillnad mellan koncepten. Texturmätning utfört enligt SandPatch visade ingen skillnad mellan de två koncepten.

Bindemedlets åldring med hänsyn till penetration och mjukpunkt vid tillverkning är betydligt mindre vid WAM-Foam än för konventionell varmmassa, vilket talar för WAM-Foam. Vid varmtillverkning sjönk penetrationstalet från 192 i tank till 135 för färdig beläggning, dvs. 57 enheters förstyvning. Motsvarande undersökning för WAM-Foam visar på endast 10 enheters förstyvning. Resultaten från undersökningarna finns redovisade i en SBUF-rapport.

Sammanfattningsvis kan man säga att asfaltmassa tillverkad enligt WAM-Foam motsvarar konventionellt tillverkad massa väl, men initialt innan de två bindemedlen hunnit blandat sig ordentligt finns risk för viss spårbildning. WAM-Foam tekniken är patenterad av Shell och det krävs licens för att använda den.

Beskrivning av tillsatsmedel

Ett stort antal tillsatser finns, t ex:

- Fischer-Tropsch Wax (Sasobit®) (Europa) – Sasol Wax Americas (USA)
- Asphaltan B® / Montan Wax (Tyskland) (Europa)
- Fatty Acid Amide (Sübit) (Tyskland) (Europa)
- 3E-LT/Ecoflex (Colas) (Europa)
- Rediset WMX – AKZO-Nobel Surfactants (USA)
- Revix – Mathy Technology & Engineering Services Paragon Technical Services (USA)

Avsikten med tillsatserna är i princip att sänka viskositeten hos bindemedlet och asfaltmassan så att blandning kan ske vid ca 120-130°C. Asphamin och Sasobit är testat och använt i fullskaliga försök i norra Sverige. Asphamin (Zeolit) är ett naturligt material med hög fuktkvot, vilket tillsätts som ett additiv direkt i blandaren. Tillverkningstemperaturen kan sänkas med 25-30°C med denna tillsats men vidhäftningen mellan sten och bitumen försämras avsevärt och kräver extra vidhäftningsmedel. Detta medför att denna metod är väldigt kostnadskrävande

Sasobit är ett vax som bör tillsättas i bindemedlet för att få full effekt och för att bibehålla kapaciteten på tillverkningen. Om medlet tillsätts i blandaren måste blandningstiden ökas med upp till 50 %. Sasobit har en förstyvande effekt, vilket kan förkorta packningstiden.

FUD-projekt med tillsatsmedel

Peab Asfalt (Lennart Holmkvist, Peab) har sedan något år studerat effekten av tillsatsmedel på asfaltmassa i ett SBUF-projekt. Projektet lades upp som en jämförande studie av asfaltmassor med olika tillsatsmedel där packningsbarhet (konsistens), vattenkänslighet, vidhäftning (rullflaska), dynamisk krypstabilitet och förändring av penetration och mjukpunkt

undersökts. Även produktionstekniska samt ekonomiska aspekter skall beaktas i projektet. Undersökningarna har dels utförts på laboratorietillverkad massa, dels genom fullskaleförsök i fält.

De tillsatsmedel som ska studeras är:

- Cecabase
- Asphamin
- Rediset
- Sasobit

Cecabase är ett tillsatsämne som tillverkas av Ceca Arkema Group. Cecabase är flytande som antingen tillsätts samtidigt som bituminet eller blandas ner i bitumentanken. Doseringen är 0,2-0,5 % av vikten av asfaltmassan. Vid inblandning av Cecabase i asfaltmassan går det att sänka utläggningstemperaturen med 50°C och tillverkningstemperaturen går att sänka från 160 till 120°C.

Asphamin tillverkas av det tyska företaget Aspha-min GmbH. Aspha-min inblandas i stenmaterialet precis innan bituminet tillsätts. Temperaturen kan sänkas med upp till 30°C. Asphamin består av syntetiskt Zeoliter innehåller kristallint vatten som ger en skumningseffekt i asfaltmassan.

Rediset tillverkas av Akzo Nobel. Rediset är ett fast ämne i form av flingor stora som havregryn som blandas ner i bituminet innan det tillsätts till stenmaterialet. Doseringen är 2 % av bituminets vikt. Rediset innehåller speciella vaxprodukter som gör att viskositeten minskar på bituminet för att det enklar ska kunna täcka stenmaterialet då temperaturen sänks. Rediset innehåller även en liten del kväve. Det är till för att eventuellt vatten som kan finnas i stenmaterialet pga. den sänkta temperaturen skall försvinna och inte försämra vidhäftningen mellan bituminet och stenmaterialet. Rediset möjliggör en sänkning av tillverknings- och utläggningstemperatur på upp till 30°C.

Sasobit tillverkas av det tyska företaget Sasol Wax som finns i ett flertal länder och har sitt huvudkontor i Hamburg. Sasobit är ett fast ämne som levereras i små eller stora korn eller i flingor. Det skall blandas ner i varmt bitumen och röras om så det löser sig. Det smälter vid ca 115°C. Doseringen är 1,5 % på den totala vikten av bitumen. Sasobit är en lång kedja av kristalliserat kolväte, vilket är ett speciellt vax. Tillverkningstemperaturen kan sänkas med upp till 30°C och utläggningstemperaturen med ytterligare 20°C.

Resultaten kommer under 2009 att presenteras i en SBUF-rapport.

Skanska Sverige (Henrik Sjöholm, Skanska) och Akzo Nobel har i ett gemensamt utvecklingsprojekt undersökt effekten av Rediset i varmmassa. Försöken utfördes under hösten 2008 på en sträcka som Vägverket upplät på väg E20 vid Vårgårda-Holmestad, nära Götene. Vägsträckan är en nybyggd motorvägsdel och provet utfördes i bindlagret, ABb 22 70/100. Tjockleken på beläggningslagret är 60 mm.

För att utvärdera effekten av aminet i Rediset tillverkades bindlagret med och utan tillsats av cement. Den totala mängden ABb 22 med Rediset var 200 ton. Rediset tillsattes i

bitumentanken och bindemedlet pumpades runt i ca två timmar före tillverkningen startade. Tillverkningstemperaturen var 125-130°C, d.v.s. en sänkning med ca 30°C mot normal tillverkningstemperatur. Tillverkningen i övrigt fungerade normalt.

Under utläggningen observerades en minskad rykighet och massan hade en normal konsistens. Packningsarbetet genomfördes på traditionellt sätt och hålrumshalterna i beläggningen blev likvärdiga med de hos den normala ABb 22- beläggningen. Utvärderingen och jämförelsen av beläggningarnas egenskaper, bland annat med avseende på vattenkänslighet och stabilitet kommer att färdigställas under våren 2009 och presenteras i slutet av maj månad.

Nynas (Per Redelius, Nynas) har nyligen genomfört ett försök i Belgien med två provsträckor innehållande vaxmodifierad resp. Zeolitemodifierat bitumen. Som referens lades en konventionell ”hot asphalt” med 20-35°C högre temperatur. Utförandet gick utan problem. Mängden asfaltrök var markant mindre för provsträckorna än för referensen. Provvägen kommer att följas upp noggrant under flera år.

KTH (Ylva Edwards, KTH) har i ett SBUF-projekt studerat vaxtillsats i polymerbitumen och gjutasfalt. Syftet är att göra den gjutasfalt som idag används till svenska broar, parkeringsdäck och terrasser mer miljövänlig och lätthanterlig genom tillsats av lämpligt vaxadditiv till polymerbitumen. Tillsatserna får inte ha någon negativ inverkan på gjutasfaltens övriga egenskaper. Temperaturen på gjutasfaltmassan bör komma ner i max 200°C så att rökutvecklingen blir lägre och utsläppen av CO_2-mindre.

Projektet innefattar en kartläggning av produkter till gjutasfalt, laboratorieprovning på bindemedel och gjutasfalt innehållande olika typer av vaxer (t ex Sasobit, FT paraffinvax och Asphaltan A). Resultaten kommer att publiceras i en SBUF-rapport.

Bitumenlösning, mjukbitumen och bitumenemulsion

(Lena Thunell, Nynas och Torbjörn Jacobson, Vägverket)
Det pågår ett intensivt miljöarbete inom detta område. Många olika produkter och idéer testas för närvarande. Det är viktigt att tillägga att bioflux eller andra mer miljöanpassade ersättningsprodukter till bitumenlösning, mjukbitumen eller bitumenemulsion måste ge motsvarande tekniska egenskaper i beläggningen som de produkter de ersätter. Detta görs genom laboratorie- och fältförsök.

Bitumenlösning
Cirka 4 000 ton bitumenlösning användes år 2008, vilket var lägre än åren innan. Användningen av bitumenlösning får endast ske på hösten och i undantagsfall när andra alternativ saknas. Det finns starka krafter inom Vägverket som vill förbjuda bitumenlösning på grund av miljöskäl. Bitumenlösning BL 1500R används inte längre i Sverige. Bitumenlösning används till ytbehandling, indränkt makadam och som klister. De bitumenlösningar som förekommer är:

- BL 20RK (klister)
- BL 4500R (ytbehandling och indränkt makadam)

Alternativ till bitumenlösning är:

- Mjukbitumen
- Några varianter av bitumenlösningar med lägre halt av lågaromatiskt lösningsmedel (märkningsfritt), är under utveckling och utprovning

Rent mjukbitumen har testats för ytbehandling på grusunderlag, Y1G och Y2G. Det har uppstått problem med blödningar eftersom bindemedlet under varma sommardagar kryper upp på vägytan. Tydligen så har bindemedlet inte som förväntat trängt ned i underlaget (kanske för mycket bindemedel lades). Mjukbitumen (V12 000) kan som alternativ till bitumenemulsion eller bitumenlösning användas till indränkt makadam.

Ett försök med bitumenlösning innehållande låg halt av lågaromatisk nafta genomfördes hösten 2008 (Lena Thunell, Nynas). Det var IMT (indränkt makadam tät) som indränktes genom två påslag av bindemedlet. Denna produkt är en miljöanpassad ersättning till BL 1500R. Utförande gick mycket bra. Vägen kommer följas upp av VTI under de närmaste åren.

Mjukbitumen (viskositetsbestämt bitumen)
Normalt används mjukbitumen till MJOG, MJAG, indränkt makadam, vid återvinning och som basbitumen i bitumenemulsion för Y1G och Y2G. Vid raffinaderiet tillverkas mjukbiten med viskositeten V1500. Vi depåerna blandas sedan V1500 med bitumen 160/220 till V3000, V6000 och V12000.

Inblandning av biobaserat flux i mjukbitumen som alternativ till lösningsmedelsbaserat flux har testats vid kall asfaltåtervinning. Biobaserat flux utgörs har en bas av vegetabiliska oljor (rapsoljederivat, ROD) och har enligt uppgift mestadels fungerat bra men kvaliteten på biofluxet har varierat. Undersökningar av bitumen med inblandning av ROD visade inga större avvikelser jämfört med vanligt bitumen. En rad återvinningsobjekt med ROD utfördes mellan åren 1999 och 2002. De kalltillverkade, återvunna beläggningarna hade till en början en låg sammanbindande förmåga men med tiden hårdnade de till.

Bitumenemulsion
Bitumenemulsion används till ytbehandlingar, indränkt makadam och som klister. Basbituminet utgörs av penetrationsbitumen, mjukbitumen och ibland PMB eller tillsatser av latex. Bitumenemulsion innehåller normalt en låg halt av lösningsmedel (1-2 %). Det finns ett lösningsmedelsfritt klister av emulsion, BE 55 RLS som kan användas under sommarhalvåret. Om det används på hösten måste 2 % lösningsmedel tillsättas.

Släppmedel
(Nils Ulmgren, NCC och Ulf Isacsson, KTH)
Vid produktion av asfaltbeläggningar används normalt så kallade släppmedel för att undvika vidhäftning av asfaltmassa mot vissa maskinytor, t ex lastbilsflak och olika verktyg. I Sverige används som släppmedel i allmänhet produkter bestående av dieseloljor, vegetabiliska oljor eller blandningar av dessa. I ett SBUF-projekt har den kemiska sammansättningen och emissionsbenägenheten analyserats och bedömts på ett antal produkter som förekommer på marknaden. Eftersom det inte finns några hygieniska gränsvärden angivna för släppmedel är det inte möjligt att ge ett absolut mått på materialens hälsoeffekter. Utgående från resultaten

rörande halter av aromater och PAH ges däremot i rapporten en relativ rankning av de fyra materialen ur ett hälsoperspektiv:

- Asfalt AF:1 (bäst, blandning av rapsolja och andra vegetabiliska oljor)
- RME (huvudsakligen rapsolja)
- Biodiesel (blandning av diesel och vegetabilisk olja)
- Dieselolja (sämst)

5.1.12 **Svensk indlæg på møde**

Miljöanpassade

beläggningar

Mansour Ahadi

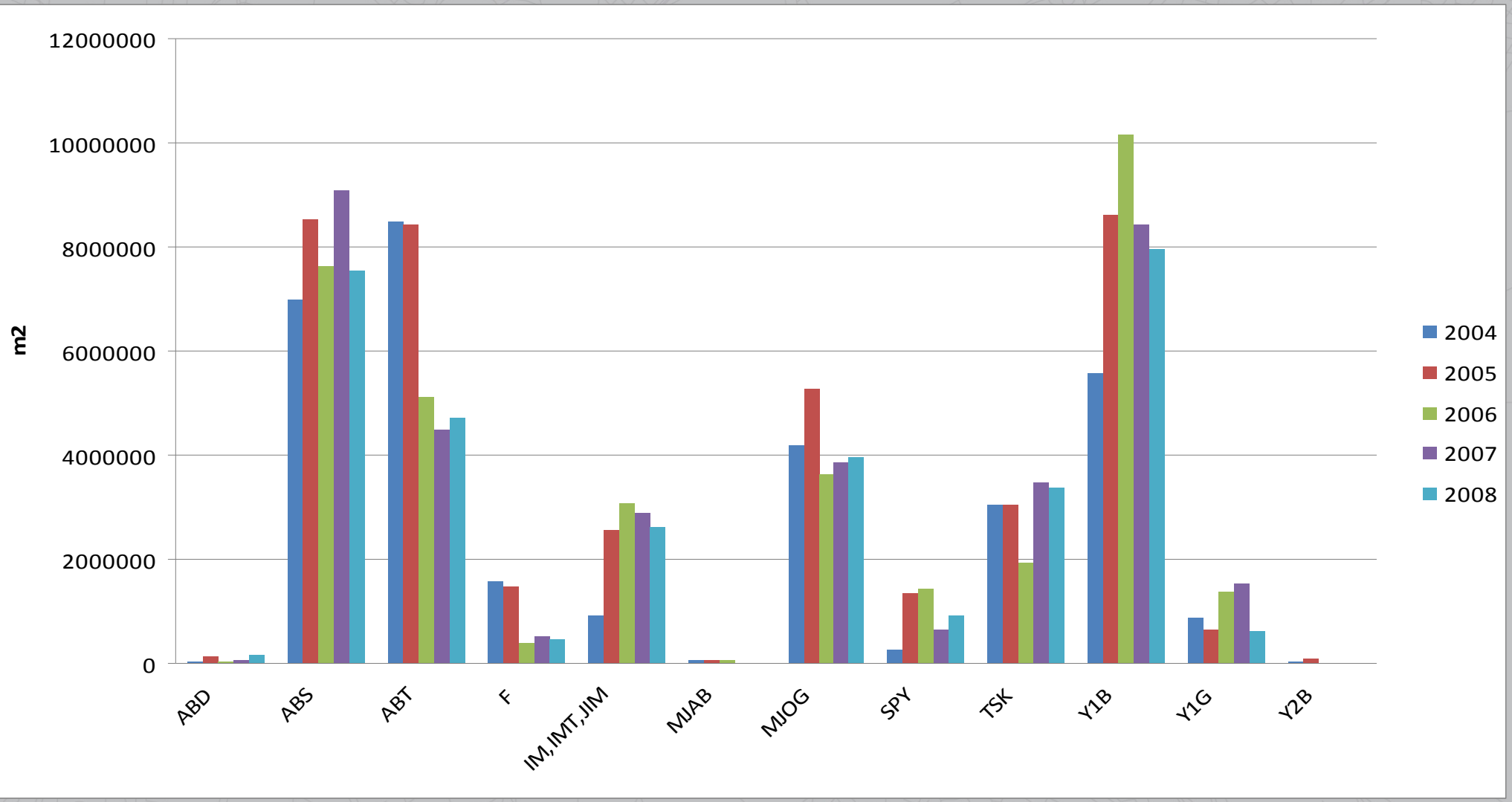
Projektgrupp

Torbjörn Jacobsson	Vägverket
Roger Lundberg,	NCC
Henrik Sjöholm,	Skanska
Lennart Holmqvist,	Peab
Lena Thunell,	Nynas
Mansour Ahadi (Projektledare)	Svevia

Miljöanpassade beläggningar

- Svenska marknaden (volymer, trender)
- Beskrivningt av olika tekniker
- Definition av temperaturer för olika beläggningstyper
- Aktuella miljöfrågor
- Försök med lågtempererad asfalt
- Miljöanpassade emulsioner och alternativ till bitumenlösning för tankbeläggningar

Vanligaste åtgärder för beläggningsunderhåll (slitlager) 2004-2008



Aktuella miljöfrågor

Sveriges regering har i mars 2009 lagt en proposition för klimat och energimål fram till år 2020 enligt nedan:

- **40 % minskning av utsläpp av klimatgaser**
- **20 % effektivare energianvändning**
- **10 % förnybar energi i transportsektorn**

Vägverket har också från departementet fått krav att inom de närmaste åren minska Co_2 utsläppen med minst 80 000 ton för den verksamhet inom drift och underhåll.

Konventionella beläggningar och temperaturer

Bituminösa beläggningar brukar delas upp efter tillverknings-temperaturen

- **Kalltillverkning (AEB, AEG, AEOG) samt kall återvinning**
  Tillverkningstemperatur <50 ºC
- **Tankbeläggning (Y1B, Y2B, IM, IMT, JIM, Y1G, Y2G)**
  Bindemedelstemperatur 70-110 ºC
- **Halvvarmt (MJOG, MJAB, MJAG)**
  Tillverkningstemperatur 50-120 ºC
- **Varmt tillverkning ABT, ABS, ABb, AG mm**
  Tillverkningstemperatur > 120 ºC

Försök med lågtempererad asfalt

Lågtempererad varmasfalt (WMA)

Flödesblandad asfalt KGO-III

Skumningsteknik (WAM-Foam tekniken)

Teknik med blandning av tillsatsmedel

Lågtempererad varmasfalt (WMA)

För att kunna tillverka asfaltmassa med lägre temperatur behöverman antingen göra modifieringar på asfaltverket eller använda sig av tillsatsmedel.
WMA innebär en temperatursänkning på 20-50ºC.
Asfaltmassor producerade enligt WMA ligger ofta i temperaturspannet 120-150ºC men det finns även tekniker som innebär lägre och högre temperaturer.
(definitionen kan skilja sig åt mellan olika länder).

Det är i huvudsak tre faktorer som utgör drivkraften hos WMA:

- lägre energiförbrukning, minskade emissioner av växthusgaser (även PAH)
- bättre miljö för asfaltpersonalen, mindre bitumenrök
- Energibesparingen vid tillverkning

Flödesblandad asfalt-KGO-III

Tekniken med ***flödesblandad asfalt*** har använts i Sverige under flera år. Från början togs blandningstekniken fram för att bindemedlet skulle fördelas ut homogenare i stenmaterialet än vid konventionell teknik. Flödesblandad asfaltmassa får lägre viskositet, vilket kan resultera i att den blir mindre separationsbenägen vid tillverkning och utförande.
Metoden visade sig ha flera positiva effekter för miljön, t ex mindre bindemedelsåtgång och asfaltmassorna kan produceras vid lägre temperaturer än konventionella massor. Temperaturen på asfaltmassan ligger ungefär 25ºC lägre och bindemedelshalten kan sänkas med 0,5 procentenheter för vissa beläggningstyper (ABS, ABT).

Skumningsteknik (*WAM-Foam tekniken*)

Vid tillverkning av asfaltmassa enligt WAM-Foam konceptet upphettas stenmaterialet på konventionellt sätt men dock endast till cirka 120°C, vilket medför att energiåtgången och stoftutsläppen reduceras med 20-30 %. Därefter tillsätts ett mjukbitumen, exempelvis V3000. Mängden och sort av mjukbitumen varierar beroende på vilken slutprodukt som önskas men vanligtvis utgör mjukbitumen 20-30 % av totala bindemedelsinnehållet. Efter att mjukbitumen har blandats med stenmaterialet tillsätts ett penetrationsbitumen, exempelvis 50/70, men innan det tillsätts så skummas det genom tillsats av vatten i en specialbyggd skumningskammare. Därmed täcks stenmaterialet, som redan har en hinna av mjukbitumen, effektivt av penetrationsbitumenet som genom skumningen fått en temporär volymökning på 15-20 procent.

Teknik med blandning av tillsatsmedel

Ett stort antal tillsatser finns, t ex:

- Fischer-Tropsch Wax (Sasobit®) (Europa) – Sasol Wax Americas (USA)
- Asphaltan B® / Montan Wax (Tyskland) (Europa)
- Fatty Acid Amide (Sübit) (Tyskland) (Europa)
- 3E-LT/Ecoflex (Colas) (Europa)
- Rediset WMX – AKZO-Nobel Surfactants (USA)
- Revix – Mathy Technology & Engineering Services Paragon Technical Services (USA)

FUD-projekt med tillsatsmedel

Peab Asfalt har sedan något år studerat effekten av tillsatsmedel på asfaltmassa i ett SBUF-projekt. Projektet lades upp som en jämförande studie av asfaltmassor med olika tillsatsmedel där

✓packningsbarhet (konsistens),
✓vattenkänslighet, vidhäftning (rullflaska),
✓dynamisk krypstabilitet
✓och förändring av penetration och mjukpunkt undersökts.

Även produktionstekniska samt ekonomiska aspekter skall beaktas i projektet. Undersökningarna har dels utförts på laboratorietillverkad massa, dels genom fullskaleförsök i fält.De tillsatsmedel som skall studeras är:

❑Cecabase
❑Asphamin
❑Rediset
❑Sasobit

Tillsatsmedel

Tillsatsmedel	Typ	Doseringsmängd	Blandningssätt
Cecabase	flytande	0,2-0,5 % av vikten asfaltmassa	Samtidigt som bitumen eller i bitumentank. Utläggningstemp sänks 50 °C samt tillv.temp sänks från 160-120 °C
Asphamin	Naturligt Material med hög fukt kvot		Tillsätts som ett additiv direkt i blandaren. Tillv. Temp kan sänkas med 25-30 °C.
Rediset	Fast form	2 % av bituminets vikt	Blandas ner i bituminet innan det tillsätts till stenmaterialet. Sänking av tillv. –utlägg temp 30 °C
Sasobit	Fast form	1,5 % av bitumen vikten	Blandas ner i varm bitumen och ska röras om för att lösa.Det smälter vid 115 °C Tillv.temp sänks upp till 30 °C Utlägg.temp sänks 20 °C.

FUD-projekt med tillsatsmedel

Skanska Sverige och ***Akzo Nobel*** har i ett gemensamt utvecklingsprojekt undersökt effekten av Rediset i varmmassa. Försöken utfördes under hösten 2008 på en sträcka som Vägverket upplät på väg E20 vid Vårgårda-Holmestad, nära Götene. Vägsträckan är en nybyggd motorvägs del och provet utfördes i bindlagret, ABb 22 70/100. För att utvärdera effekten av aminet i Rediset tillverkades bindlagret med och utan tillsats av cement. Den totala mängden ABb 22 med Rediset var 200 ton.
Rediset tillsattes i bitumentanken och bindemedlet.

Under utläggningen observerades en minskad rykighet och massan hade en normal konsistens. Packningsarbetet genomfördes på traditionellt sätt

Utvärderingen och jämförelsen av beläggningarnas egenskaper, bland annat med avseende på vattenkänslighet och stabilitet kommer att färdigställas under våren 2009 och presenteras i slutet av maj månad.

Nynas

Nynas har nyligen genomfört ett försök i Belgien med två provsträckor innehållande vaxmodifierad resp. Zeolitemodifierat bitumen. Som referens lades en konventionell ”hot asphalt” med 20-35°C högre temperatur. Utförandet gick utan problem. Mängden asfaltrök var markant mindre för provsträckorna än för referensen. Provvägen kommer att följas upp noggrant under flera år.

KTH

KTH (Ylva Edwards) har i ett SBUF-projekt studerat vaxtillsats i polymerbitumen och gjutasfalt.
Syftet är att göra den gjutasfalt som idag används till svenska broar, parkeringsdäck och terrasser mer miljövänlig och lätthanterlig genom tillsats av lämpligt vaxadditiv till polymerbitumen.
Tillsatserna får inte ha någon negativ inverkan på gjutasfaltens övriga egenskaper.
Temperaturen på gjutasfaltmassan bör komma ner i max 200°C så att rökutvecklingen blir lägre och utsläppen av CO2-mindre.

Bitumenlösning, mjukbitumen, bitumenemulsion

Det pågår ett intensivt miljöarbete inom detta område. Många olika produkter och idéer testas för närvarande. Det är viktigt att bioflux eller andra mer miljöanpassade ersättningsprodukter till bitumenlösning, mjukbitumen eller bitumenemulsion måste ge motsvarande tekniska egenskaper i beläggningen som de produkter de ersätter.
Detta görs genom laboratorie- och fältförsök.

Alternativ till bitumenlösning är:

- **Mjukbitumen**
- **Några varianter av bitumenlösningar med lägrehalt av lågaromatiskt lösningsmedel (märkningsfritt),är under utveckling och utprovning**

Tack!

5.2 **Gruppearbejde**

Huvudämne 2009
Miljöanpassade beläggningar

- Sammanfattning
- Grupparbeten

8.6.2009
Sønderborg

Lars Forstén

Miljöanpassade beläggningar
Sammanfattning

- 5 “state of the art”-rapporter

- Alla har behandlat

  - ♣ temperaturreducering, WMA
  - ♣ alternativ teknik för temperaturreducering
  - ♣ emulsioner, kalla massor
  - ♣ overfladebehandling, Biobinders

- Vissa inslag av bredare behandling!
  (Miljömålsättningar, LCA, beläggningstillstånd, Recycling)

- Kostnader, erfarenheter, utsläpp etc. har behandlats!

Miljöanpassade beläggningar

- Generellt behandlas ämnet i en positiv anda och det finns tro på att WMA och ”semi-warm mix asphalt” kan vara framtidens melodi!

- Också kritik och skepticism mot lägre temperaturer ges

- Vår ”hot-mix” produktion är ren, säker och högkvalitativ!

Miljøtilpassede belegninger
Påståenden, frågor, kritik / 1

- WMA!

  Många försök, men ändå ingen volym!
  Kvalitet? Ekonomi?
  Beställar- och Entreprenörsskepticism?

- Har ”low temperature asphalt” och WMA tillräckligt god kvalitet?

- Varför producerar vi inte mera?

  *Inbesparingar i energiförbrukning och utsläpp?
  Jo, kanske!

  *Ekonomi??

Miljötilpassede belegninger
Påståenden, frågor, kritik / 2

- Beställaren har inget eller föga intresse av temperaturreducering!

- Behövs det lagar och förordningar?

-Producenterna har inte lagt fokus på reducering av temperatur och utsläpp!

  Entreprenörerna har haft fokus på annat!
  Produktivitet? Volym? Arbetens utförande? Övriga aktuella teman och trender?

- Producenterna har inte fört ned ledningens miljömedvetenhet och målsättningar till fältet!

  Det krävs skolning, rätt inställning och lite ”morot”.

Miljöanpassade beläggningar
Påståenden, frågor, kritik / 3

”The liers´ paradise”!

- Marknadsförarna, av tillsatsmedel och vissa lågtemperaturprocesser, tar till stora överord!

- Producenterna kan reducera temperaturen med 10-20°C utan att ”investera” någonting!

  - ♣ övertemperaturer används!
  - ♣ för god behandling av handläggare!
  - ♣ extra kvalitetssäkring?

- Marknadsförarna ”stjäl” dessa 10-20°C åt sig själva!

Miljöanpassade beläggningar
WMA, Low Temperatur Asphalt, ny teknik

Trots all kritik och påståenden, finns det goda möjligheter till:

* bättre säkerhet på arbetsplatsen
* mindre utsläpp (t.ex. CO_2)
* bättre arbetsmiljö
* energibesparingar
* lägre kostnader

med bevarande av god kvalitet!

5.2.1 **Spørgsmål til gruppearbejde**

Miljöanpassade beläggningar

Grupparbeten

Grupp 1:

a) Finns det andra sätt att spara energi, än att sänka massans temperatur?

Er der andre måder at spare energi på end at sænke temperaturen?

b) Kan lägre temperaturer användas också i övriga produkter?

Kan andre produkter tilpasses den lave temp.?

Grupp 2:

a) Vad krävs för att byggherren vill upphandla WMA?

Hvad skal der til for at vi vil købe WMA ?

b) Hur kan miljöhänsyn ingå i upphandlingen?

Hvordan kan miljøhensyn indgå i kontrakter?

Miljøtilpassede belegninger

Grupparbeten

Grupp 3:

a) Är de tekniska egenskaperna de samma för WMA, som för HMA?

Er de tekniske egenskaber de samme?

b) Säkras lång livslängd vid utförandet?

Lang levetid, sikres det ved udførelsen?

Grupp 4:

a) Arbetsmiljön ute på vägen blir bättre! Är det bara därför vi skall använda WMA?

Arbejdsmiljø ude på vej bliver bedre, er det kun derfor der skal anvendes WMA?

b) Vill vi, eller kan vi, betala mera för WMA och dess ”miljövänlighet”?

Vil vi betale ekstra for miljø-genvinsten ved WMA?

Miljöanpassade beläggningar

Grupparbeten

Grupp 5:

a) Kan mjukasfalt (”semi-warm asphalt”), kallasfalt och ytbehandlingar (tankbeläggningar) användas mera, för att spara energi och minska utsläpp?

Benyttes SA, kallasfalt och OB nok i dag?

b) Varför har inte ”biobinders” tagits mer i bruk?

Hvorfor benyttes biobinders (Bio-OB) så lidt?

Grupp 6:

a) Är, eller blir, reducering av beläggningarnas CO_2-utsläpp en avgörande eller viktig faktor?

Reducering af belægningers CO_2 udledning, er det den afgørende faktor?

b) Hur mycket kortare kan WMA´s livslängd vara, för att kompensera de miljöbesparingar (utsläpp och energi), som uppnås?

Hvor meget kortere kan levetiden af WMA materialet være før besparelsen i udslip af drivhusgasser under produktionen indhentes af udslippet til tidligere/oftere fornyelse af det pågældende asfaltmateriale?

Miljøtilpassede belegninger

Grupparbeten

Reservfrågor:

a) Är alternativa produktionsmetoder, för att reducera temperatur, förenliga med de allmänna specifikationerna och upphandlingsreglerna?

Alternativ produktionsmetode til at reducerer temp., er det foreneligt med almindelige specifikationer?

b) Har vi bra koll och dokumentation på utsläppen, så att både produktion och transport beaktas? Behöver vi regelverk och instruktioner?

Reel dokumentation af reduktion af udslip af drivhusgasser, samlet set når udslippet til produktion og transport af forskellige additiver er medregnet. Er det påkrævet med en ”offentlig”, gennemskuelig og af alle parter accepteret metode til dokumentation af reel besparelse af energiforbrug og reduktion af udslip af drivhusgasser?

c) Prat och handling stämmer ej överens! Branschföreningar och råvaruleverantörer lovar guld och gröna skogar! Varför har så lite gjorts för att reducera temperatur och minska utsläpp?

d) Lägre temperatur, WMA etc.! Ekonomi eller inte?

e) Har kalla massor (kallasfalt) och emulsioner en framtid?

5.2.2 Kort status på gruppens diskussion af spørgsmål

Gruppe 1:
Findes der andre måder at spare energi på end at sænke massens temperatur?

- Man kan optimere produktionen, processen og logistikken. Det vil sige sørge for en mere rationel kontinuerlig proces under transport og udlægning.
- Anvende optimalt udstyr ved komprimering og udlægning.
- Anvende tørre råvarer, f.eks. ved overdækning af materialer, så fugtindholdet sænkes.
- Blandemetoden har betydning.
- Man kan optimere på projekternes størrelse – hvis man ikke har for små projekter giver det en bedre planlægning.
- Man kan mindske antallet af recepter eller have færre fraktioner af de enkelte produkter.
- Der skal laves livscyklusanalyser (LCA). Ved en lavere holdbarhed skal produktet ikke nødvendigvis udgå.

Kan lavere temperatur også anvendes på andre produkter?

- Spørgsmålet blev ikke forstået – derfor havde gruppen valgt at besvare et af reservespørgsmålene, der var udleveret.

En alternativ produktionsmetode med reduceret temperatur – er det foreneligt med almindelige specifikationer?

- I Danmark er det ikke et problem, da Vejreglerne ikke angiver noget om minimumstemperatur. I Sverige er der en minimumstemperatur på 120 °C, mens man på Island har et defineret temperaturinterval som man kan producere indenfor.

Gruppe 2:
Hvad skal der til for, at bygherren vil købe WMA?

- Det er ikke kun temperaturen, der har betydning for energiforbruget, det er også transport, logistik mv.
- Der findes en certificering og EU-norm, hvor det er angivet at man skal producere ved 145 °C – denne gælder kun i Sverige og Danmark.

Hvordan kan miljøhensyn indgå i kontrakten?

- Man skal finde metoder til at måle miljøpåvirkning, så man kan deklarere asfalten til forskellige miljømål. Det kræver, at man ser på andet end temperaturen – der er mange miljøkrav og levetidslængden skal også tages i betragtning.

Gruppe 3:
Er de tekniske egenskaber de samme for WMA som for HMA?

- Man kan jo diskutere om WMA er det samme som HMA. Produktet som ligger på vejen skal leve op til de samme tekniske krav.

Sikres lang levetid ved udførelsen?

- JA!

- Og har WMA kortere levetid end HMA, så forsvinder gevinsten. Der skal udarbejdes livscyklusanalyser (LCA).

Gruppe 4:
Arbejdsmiljøet ude på vejen bliver bedre. Er det kun derfor vi skal anvende WMA?

- NEJ!

- Der er flere aspekter som state of the art rapporterne viser. WMA er ikke den eneste måde at forbedre arbejdsmiljøet på. Bygherrerne skal stille krav til entreprenørerne.

Vil vi eller kan vi betale ekstra for miljøgevinsten ved WMA?

- Både ja og nej!

- Man vil gerne betale for bedre miljø. Der skal laves nogle incitamentsaftaler for at inddrage miljøet, og det skal komme fra en politisk beslutning. Det skal desuden kunne dokumenteres, at der er en miljøgevinst.

- Vi tror mere på, at genbrug giver en miljøgevinst end en temperatursænkning.

- Bestillerne skal have et bedre kendskab til de teknikker og metoder, der anvendes i asfaltbranchen.

Gruppe 5:
Kan Semi Warm Asfalt, koldasfalt og overfladebehandlinger anvendes mere for at spare energi og mindske udslip?

- Har vi en bedre kvalitet, så har vi bedre miljø.

- Koldasfalt kan anvendes mere, når olieprisen stiger.

Hvorfor er bio-binders ikke taget mere i brug?

- Politikere kan påvirke udviklingen ved at vedtage lavere skatter på bio-bitumen.

- Produktionen er ikke helt under kontrol – der er fejlmuligheder. Vi tror på bio-produkter efterhånden som produktionen bliver mere sikker og stabil.

Gruppe 6:
Er eller bliver reducering af belægningers CO_2-udslip en afgørende eller vigtig faktor?

- Det er ikke en afgørende faktor for så længe kvaliteten ikke kan garanteres, så vælges det ikke.

- Man skal også se på hvad CO_2 udslippet fra produktionen udgør i forhold til resten af processen som transport, udlægning mv.

- Der kan komme et politisk pres, når politikerne finder ud af, at der findes metoder, der kan nedsætte temperaturen. Et gæt er at der kommer et politisk krav inden for 5-10 år.

Hvor meget kortere kan WMA's levetid være før besparelsen i udslip af drivhusgasser under produktionen indhentes af udslippet til oftere fornyelse af det pågældende materiale?

- Der skal udarbejdes livscyklusanalyser (LCA).

- Den rigtige kvalitet skal dokumenteres før man tager det rigtigt i anvendelse. Vi skal dog også være bedre til at turde prøve noget nyt. Det tager 5-15 år at få nogen resultater og man skal tillade at der sker fejl undervejs. Vi er for konservative overfor nye produkter.

6. FoU

Den årlige forsknings- og udviklingskonkurrence som afholdes hvert år i forbindelse med årsmødet havde i år fire deltagere. Der var kandidater fra Danmark, Finland, Norge og Sverige. Hver kandidat har lavet en artikel, som er fremsendt til årsmødedeltagerne inden samlingen i Sønderborg, og hver kandidat har lavet en præsentation, som blev fremlagt på selve årsmødet.

Det var fire meget forskellige emner, der var indmeldt – dog alle med relation til belægninger på en eller anden måde.

Det danske indlæg ved Anders Johansen fra NCC omhandlede laboratorieforsøg med temperaturnedsættende additiver. Tre forskellige additiver er undersøgt, og undersøgelsen viste, at det ved tilsætning af additiv er muligt at bearbejde asfalt ved en temperatur, der er væsentligt lavere end de 160-175 °C, der normalt produceres ved med hård bitumen. Laboratorieforsøgene følges nu op med forsøg i praksis med det ene additiv.

Det finske bidrag ved Pekka Mild fra Pöyry Infra Oy var om en ny beregningsmodel for analyse af vejbelægningers nedbrydning og finansiering på lang sigt. Modellen bygger på kendte principper, men indeholder flere nye elementer som giver analysen en bedre overensstemmelse mellem virkeligheden og vejvedligeholdelsesprogrammer.

Det norske bidrag ved Rolf Johansen fra Statens Vegvesen handlede om bonuskontrakter for asfaltarbejder. De oplever, at en entreprenør næsten aldrig bruger mindre mængde asfalt end den anslåede i tilbuddet, da asfaltentreprenøren ikke har noget incitament til at reducere sin omsætning. Den omtalte bonuskontrakt giver entreprenøren belønning, hvis han har et mindre forbrug samt hvis vejen er betydelig mere jævn end kravene i kontrakten foreskriver.

Det svenske bidrag ved Hassan Hakim fra Statens Vej- og Transportsforskningsinstitut omhandler granskning af måling af stivhedsmodul i henhold til EN 12697-26. Bestemmelse af stivhedsmoduler skal naturligvis udvise en vis repeterbarhed og reproducerbarhed, men med den gældende standard kan dette ikke sikres. Ringanalyser har nemlig givet forskellige resultater afhængig af laboratorium og udstyr. Artiklen kommer med forslag til forbedringer af den beskrevne prøvemetode.

Alle kandidater gav en flot præsentation og stemmefordelingen var også tæt efter de enkelte landes votering under frokosten. Der skulle flere optællinger til før Pekka Mild fra Finland kunne kåres som vinder af årets forsknings- og udviklingskonkurrence.

6.1 DK: Laboratorieforsøg med temperaturnedsættende additiver

Laboratorieforsøg med temperaturnedsættende additiver.

Sammenfatning

NCC roads A/S har i laboratoriet undersøgt virkningen af 3 forskellige addiver til temperaturnedsættelse på asfalt.
Undersøgelsen viste, det ved tilsætning af additiv er muligt at bearbejde asfalt ved en temperatur, der er væsentlig lavere end de 160-175 °C, der normalvis produceres ved, når der anvendes hård bitumen.

Det er flere forskellige additiver på markedet, der bygger på forskellige virkemåder. Det er derfor vigtigt, at der vælges additiv ud fra hvilke egenskaber, der ønskes.

Ved anvendelse af additiv 1 er opnået en klar forbedring i bearbejdeligheden ved 120° i forhold til referencematerialet ved 140 °C, samt der er opnået en forbedring i vedhæftningen.

Laboratorieforsøget følges op med et forsøg i praksis med additiv 1, hvor der foruden bearbejdeligheden sættes fokus på, om der opnås en tilstrækkelig effektiv tørring den lavere produktionstemperatur.

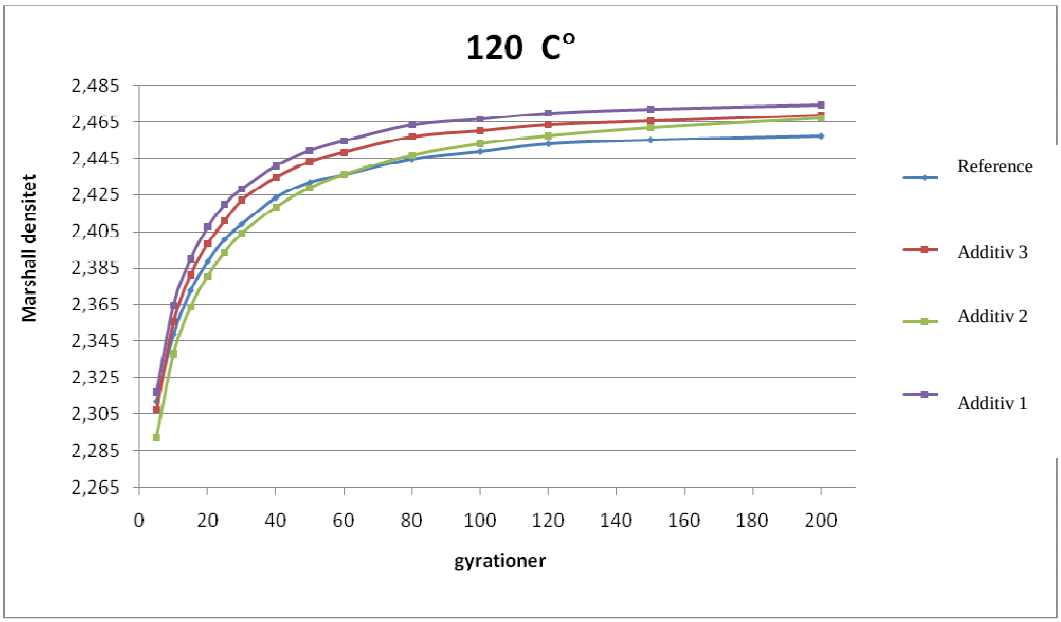
Laboratorieforsøget

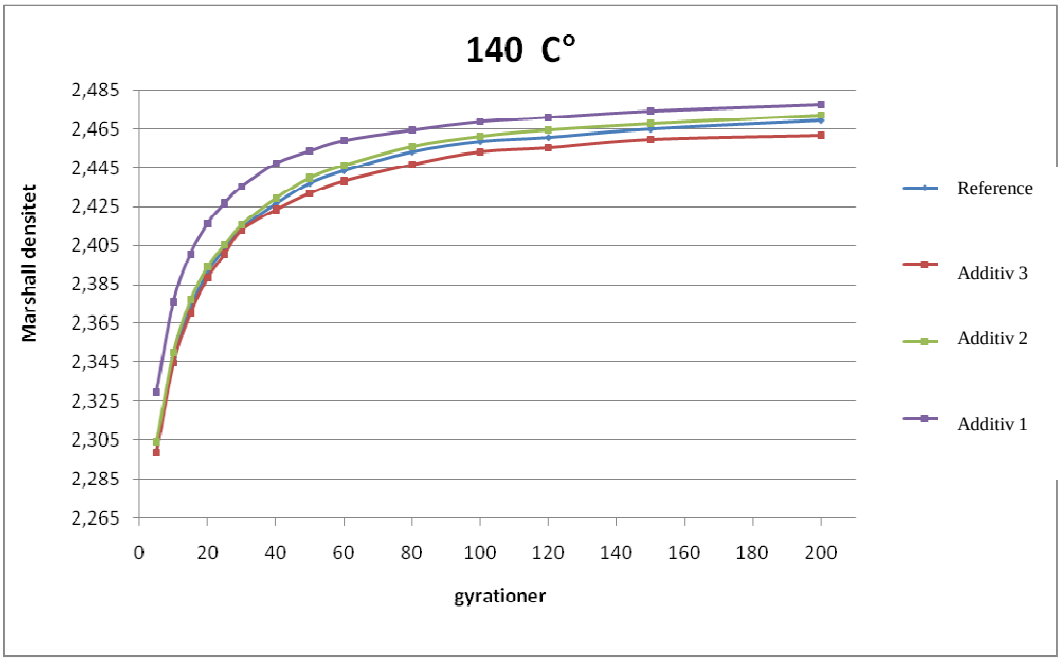
NCC har undersøgt 3 forskellige additiver til temperaturnedsættelse.

- Additiv 1: voksbaseret additiv med overfladeaktive stoffer
- Additiv 2: kemisk overfladeaktivt additiv
- Additiv 3: Filler med krystalvand

Undersøgelsen blev udført på en GAB 0 type 11 med bitumen 40/60. Materialet blev blandet ved 3 forskellige temperaturer, 120 °C, 140 °C og 160 °C, sidstnævnte blev betragtet som en reference temperatur. Inden blanding eller i forbindelse med blandingen blev additiverne tilsat efter leverandørernes anvisninger.

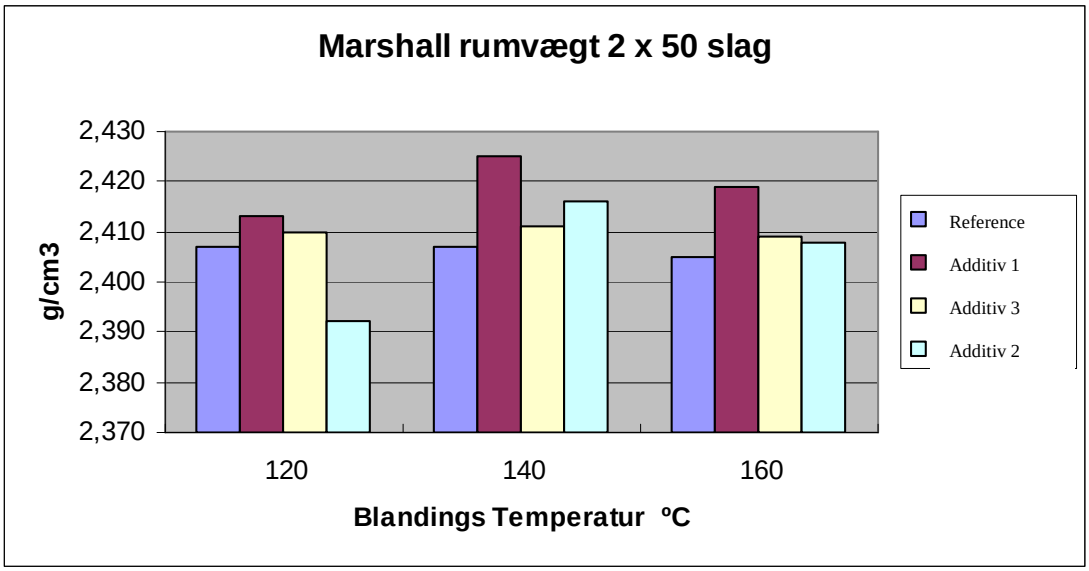
Materialernes komprimerbarhed blev undersøgt ved at måle densitetsudviklingen i gyrator. Kurverne for blandingerne ved 120 °C og 140 °C er vist nedenfor. Ved 120 °C ses en hurtigere udvikling i densiteten ved anvendelse af additiv 1 og 3. Ved 140 °C er det kun additiv 1, som har en positiv indvirkning på densitetsudviklingen. Kurverne for referencen og additiv 2 er næsten sammenfaldende.

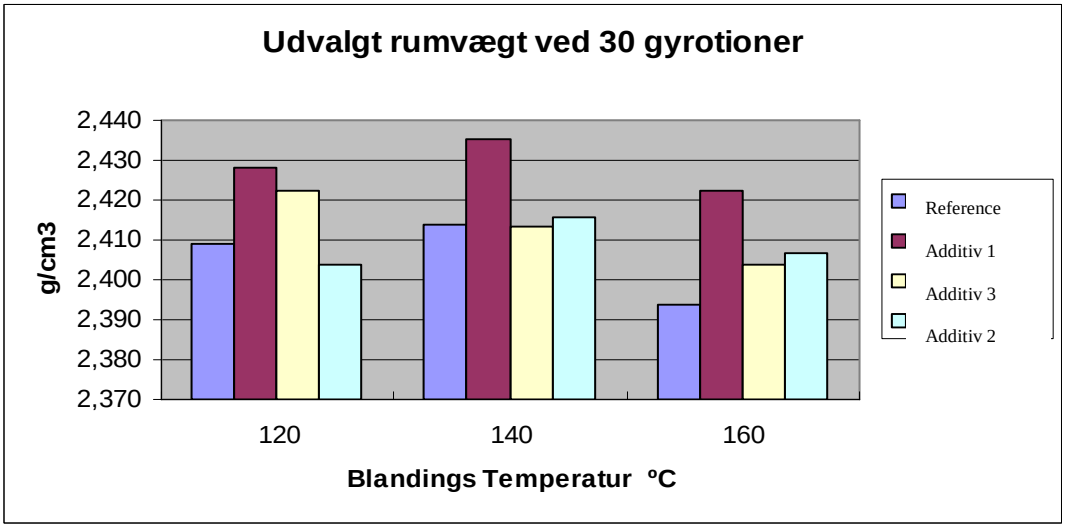


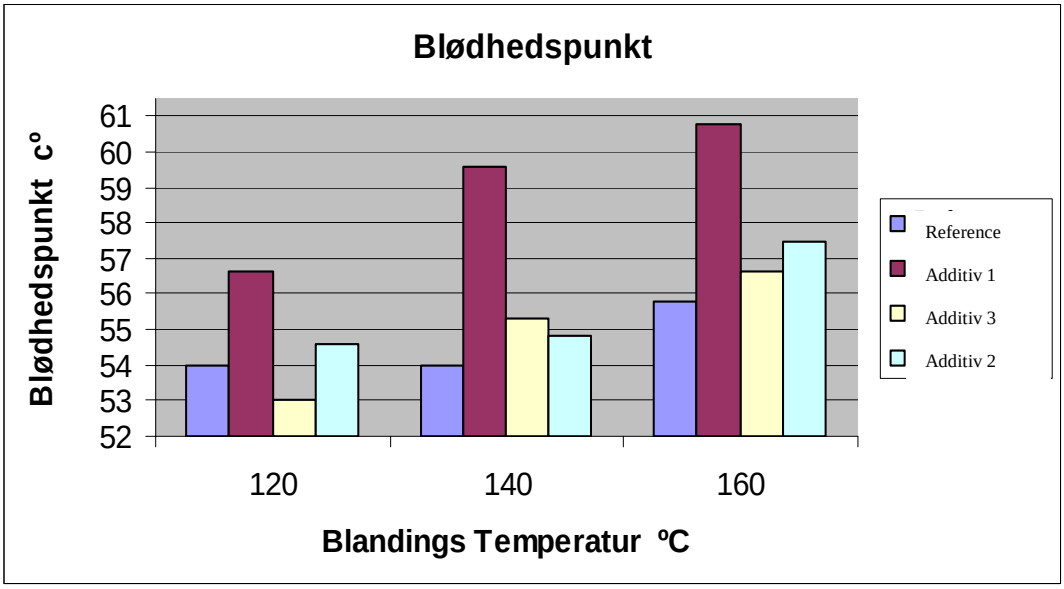


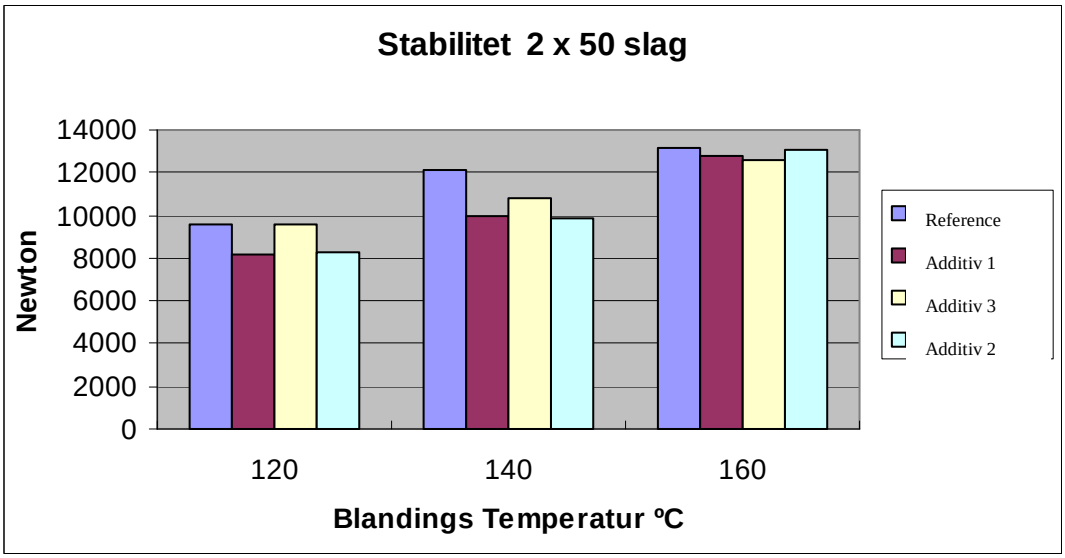
Materialerne blev også Marshall indstampet med 2 x 50 slag. Rumvægtene er vist på nedenstående figur. Heraf ses det også, at additiv 1 giver et mere komprimeringsvilligt materiale. Additiv 2 har også en højere densitet ved 140 °C end referencen.
Referencens densitet er ca. 2,405 g/cm³. Denne densitet opnås ved ca. 30 gyrationer, og næste figur viser densiteten ved 30 gyrationer. Densiteterne er lavest ved 160 °C. Der blev derfor målt blødhedspunkt K&R på de ekstraherede bindemidler fra hver blanding. Disse viser, at der er sket en hærdning ved 160 °C, hvilket kan forklare en lavere densitet ved 160 °C. Referencen og blandingen med additiv 2 har næsten samme hårdhed ved 120 °C og 140 °C.

NCC var ikke informeret om, at additiv 1 ville påvirke bindemiddelegenskaberne i det omfang, som ses i undersøgelsen. Hvis denne information havde været til stede, ville udgangsbitumenen have været justeret, så sluthårdheden var sammenlignelig med de andre blandingers hårdheder.


Marshall rumvægt 2 x 50 slag
2,430
2,420
2,410
2,400
2,390
2,380
2,370
g/cm3
120
140
160
Blandings Temperatur ºC
Reference
Additiv 1
Additiv 3
Additiv 2

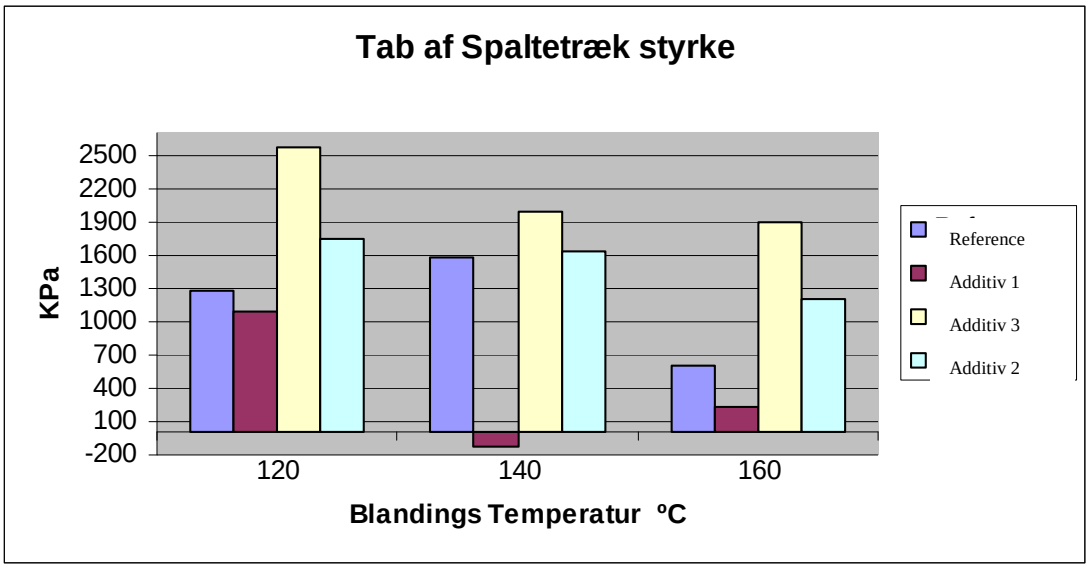

Udvalgt rumvægt ved 30 gyrotioner
2,440
2,430
2,420
2,410
2,400
2,390
2,380
2,370
g/cm3
120
140
160
Blandings Temperatur ºC
Reference
Additiv 1
Additiv 3
Additiv 2





Som det ses på foregående figur opnås næsten samme stabiliteter på blandingerne med de forskellige additiver ved blanding ved samme temperatur. Stabiliterne viser en stigende tendens med stigende blandetemperatur, selv om der på 2 af blandingerne ikke ses samme stigning i K&R værdien (reference og additiv 2).

Vedhæftningen er undersøgt ved hjælp af spaltetrækstyrke før og efter 3 x frost/tø forsøg. Tabet i spaltetrækstyrke ved frost/tø påvirkningen er afbildet. Alle blandinger taber styrke ved 120 °C. Referenceblandingen har samme tab ved 120 °C og 140 °C. Additiv 1 har kun et tab ved blanding ved 120 °C, som i øvrigt er sammenlignelig med referencens tab. Ved 140 °C ses derimod en klæbeforbedring. De andre additiver viser et tab, som er større end referencens tab ved 120 °C. Additiv 3, som frigør krystalvand, har det største tab.



Det ses af undersøgelsen, at det er muligt at producere og komprimere asfalt af tilfredsstillende kvalitet ved 30 – 40 °C lavere temperatur når der tilsættes et additiv. Laboratorieforsøgene skal følges op af forsøg i praksis. Der skal især fokus på, om det kan lade sig gøre at få en ligeså effektiv tørring af stenmaterialerne ved 120 °C som ved 160 °C, samt hvilken indflydelse additivet har på materialets sporkøringsegenskaber.

6.2 **Dansk indlæg på møde**

NVF sommermøde Sønderborg

8/6-2009

Warm Mix Asfalt

Lab. forsøg med additiver

WMA Hvorfor ?

- Reduktion af CO2
- Bedre arbejdsmiljø
- Bearbejdelighed ved lavere temperaturer

Teknologier til WMA

- Organiske Additiver
- Kemiske Additiver
- Skumningsteknikker

Additiv 1

- En voksbaseret organisk aminforbindelse
- Virker som en voks/emulgator
- Forventelig reduktion af produktionstemperatur 30°C
- Tilsætning 2,0 % af bitumenmængden

Additiv 2

- En organisk aminforbindelse.
- Kemisk overflade aktiv.
- Forventelig reduktion af produktionstemperatur 40°C
- Tilsætning 0,3 % af bitumenmængden

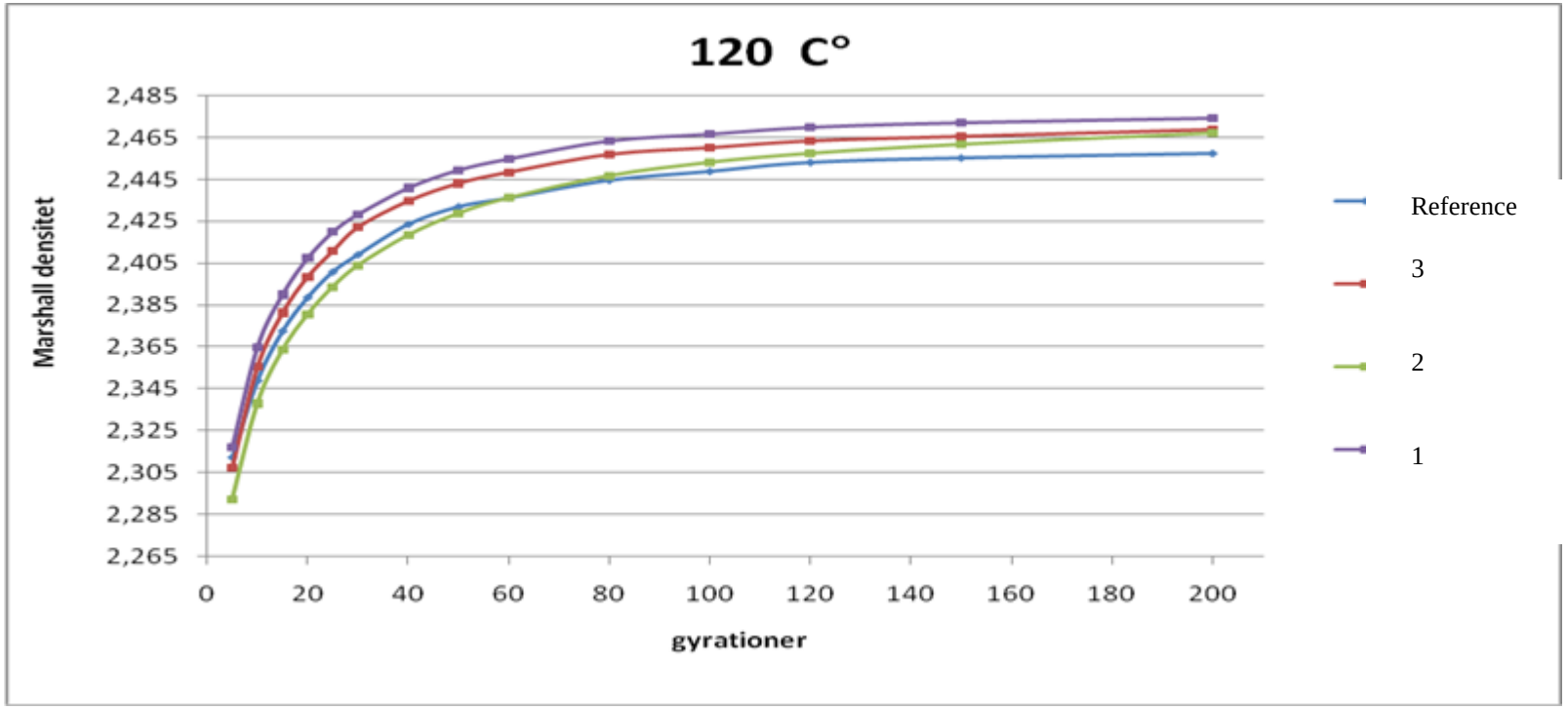
Additiv 3

- Uorganisk filler indeholdende krystalvand
- Virker ved frigivelse af vandet under varme, hvilket forårsager en opskumning af bitumen.
- Forventelig reduktion af produktionstemperatur 30°C
- Tilsætning 0,3 % af total miks

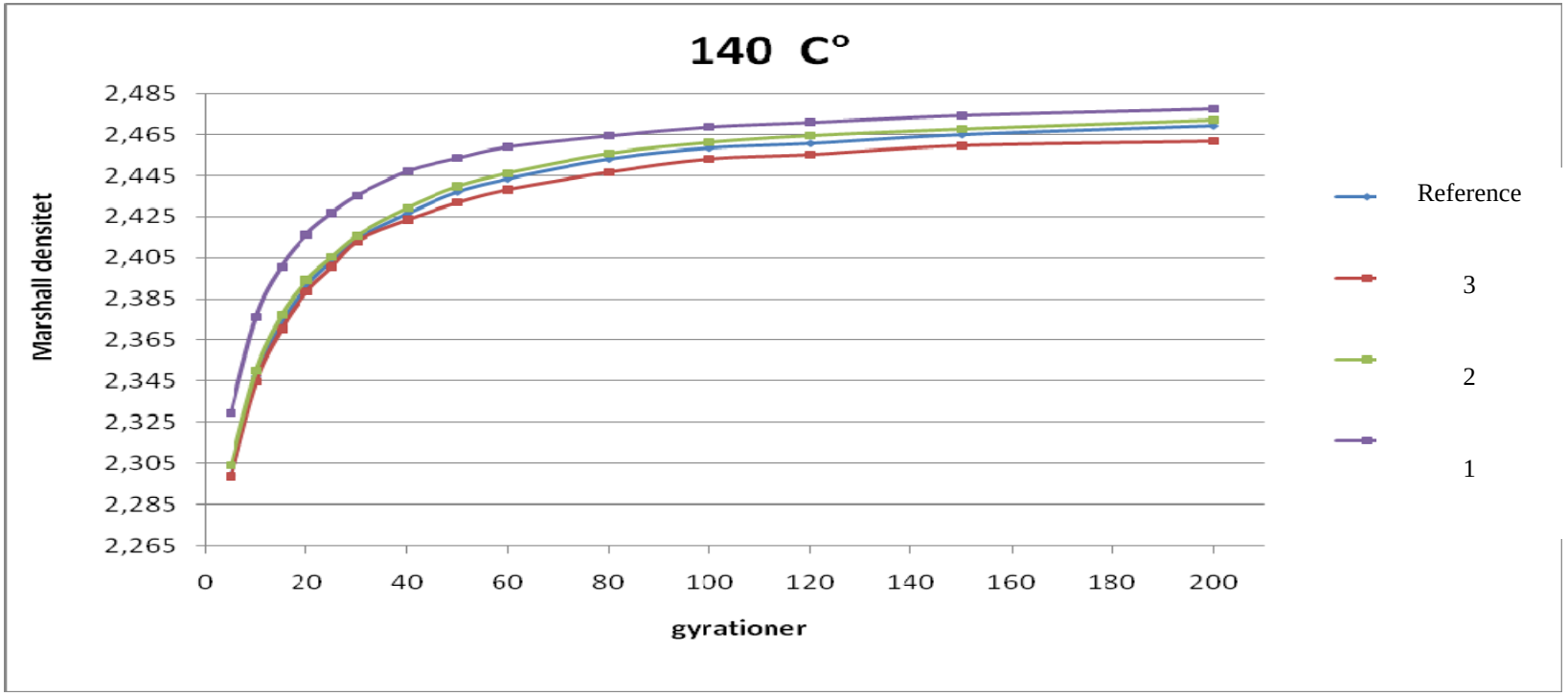
Test af asfalten

- Marshall prøvning
- Gyrokompakter
- Blødhedspunkt Kugle & Ring og penetration
- Spaltetrækstyrke / frost tø

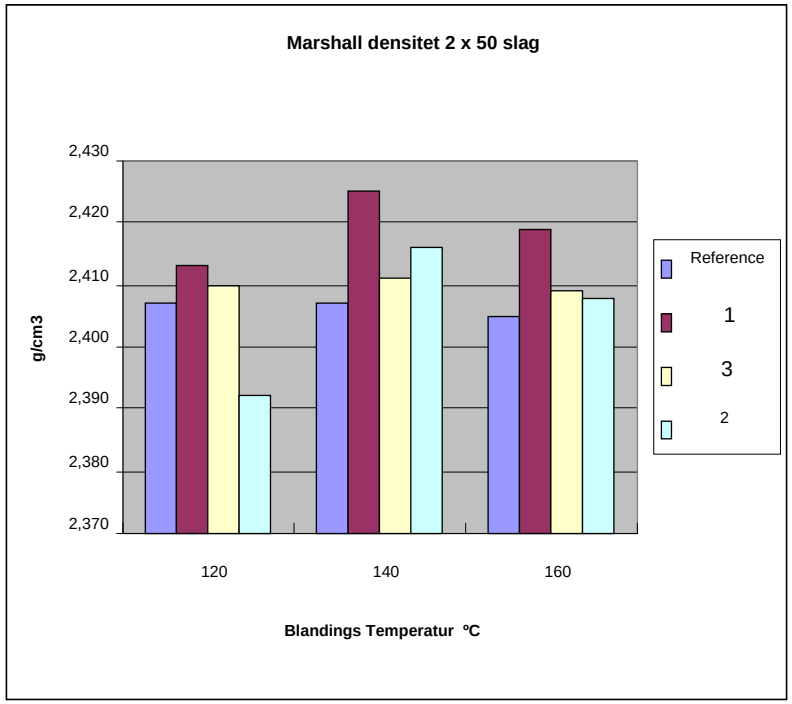
Gyrokompakter

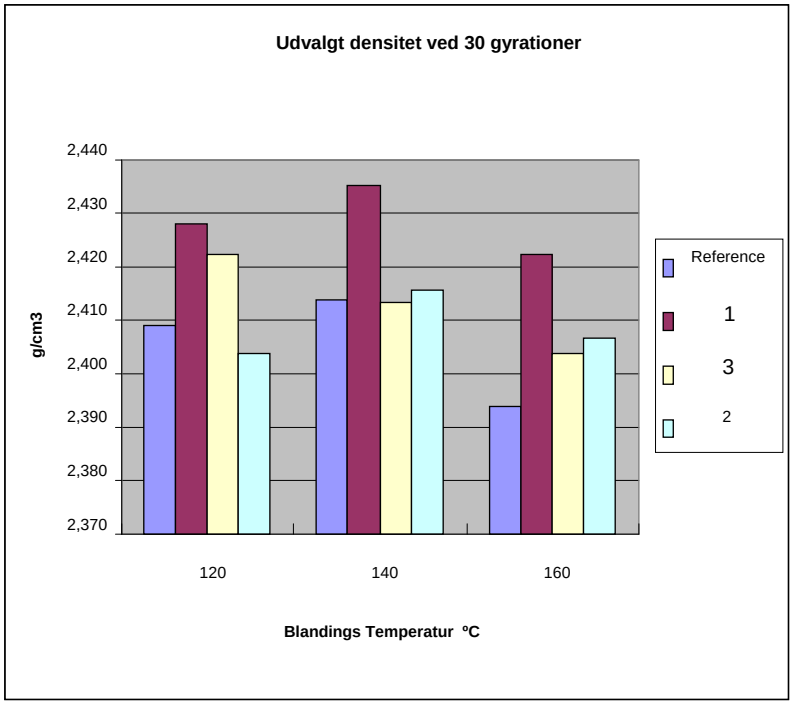


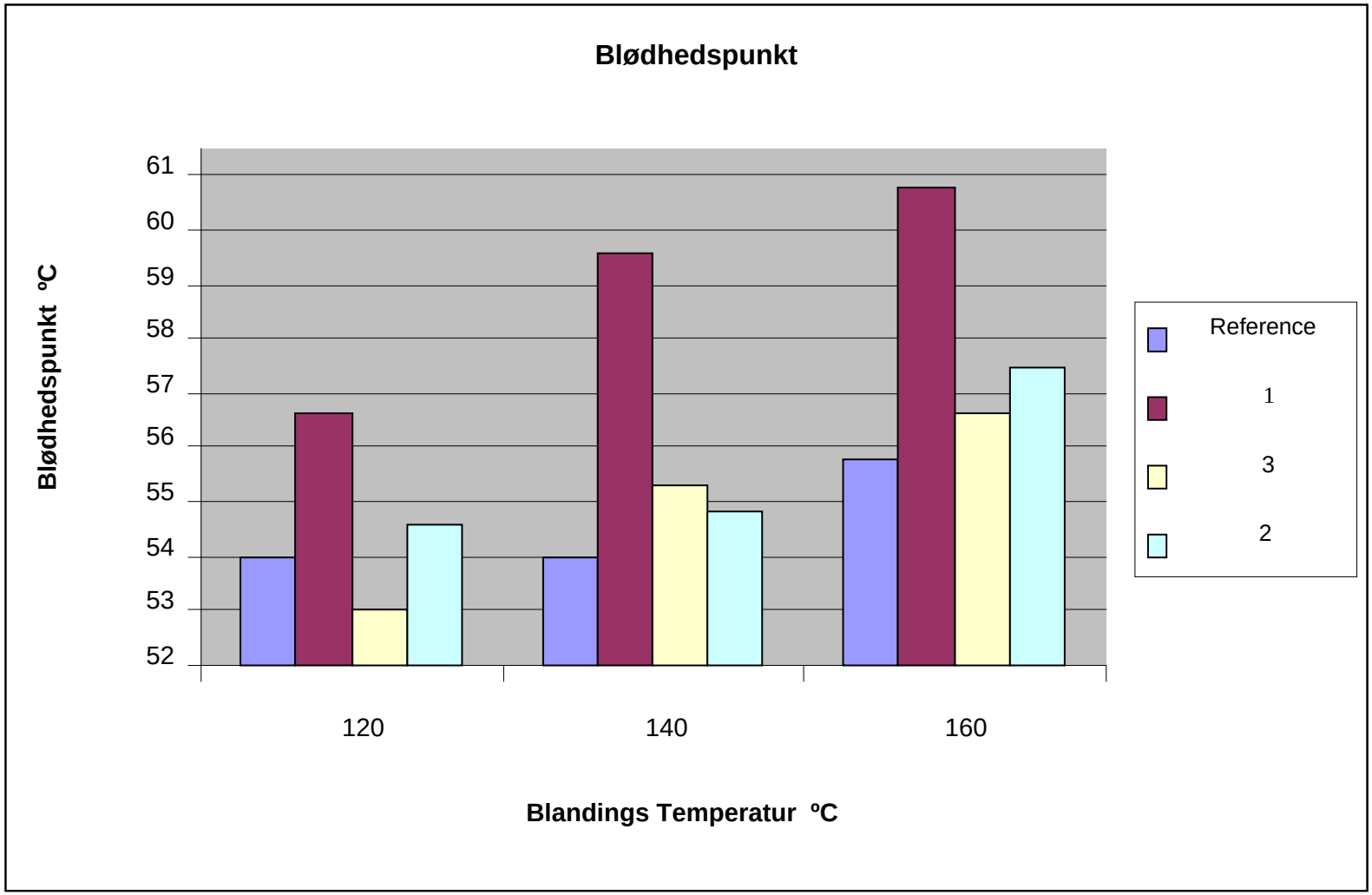
Gyrokompakter

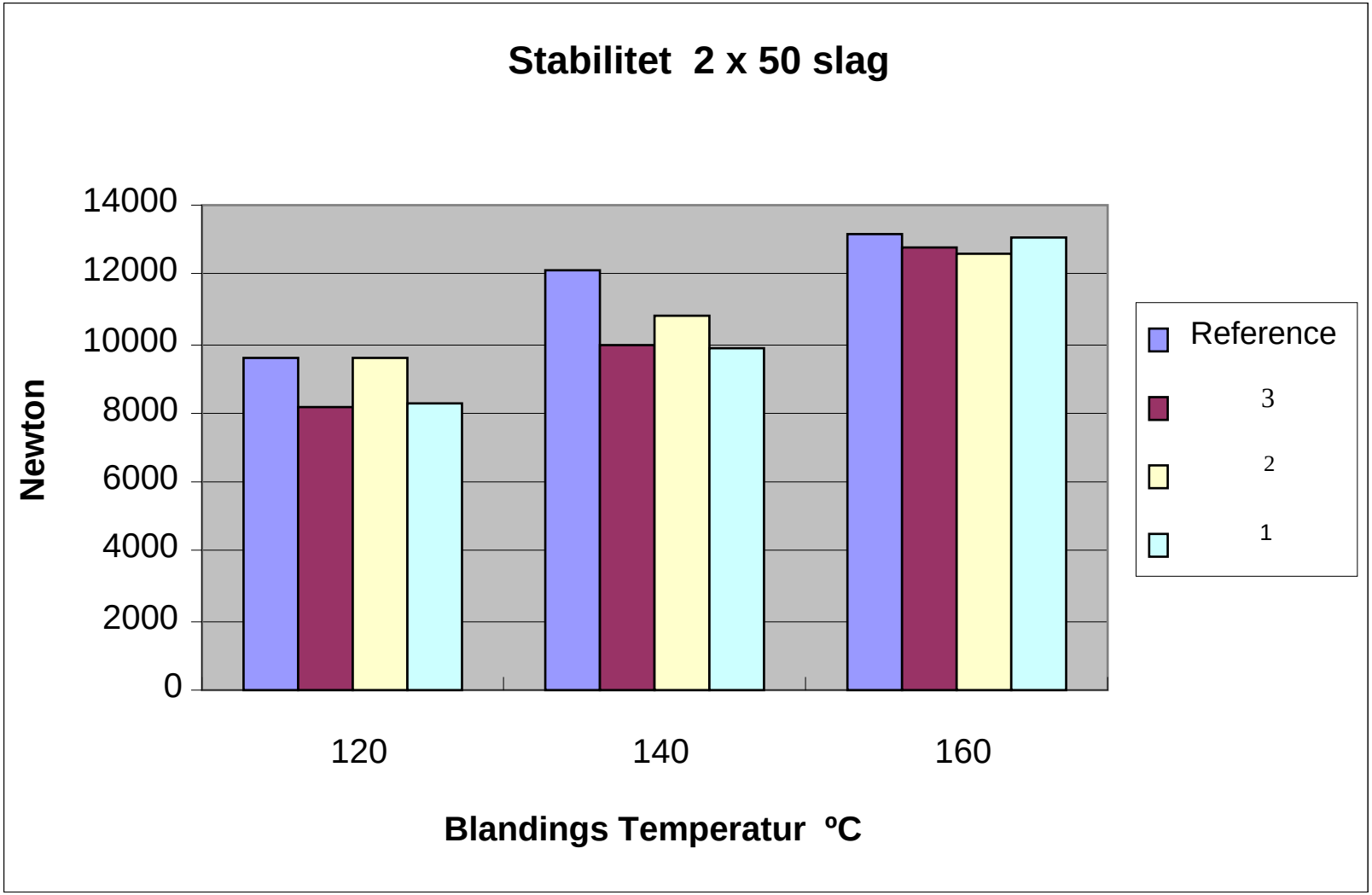


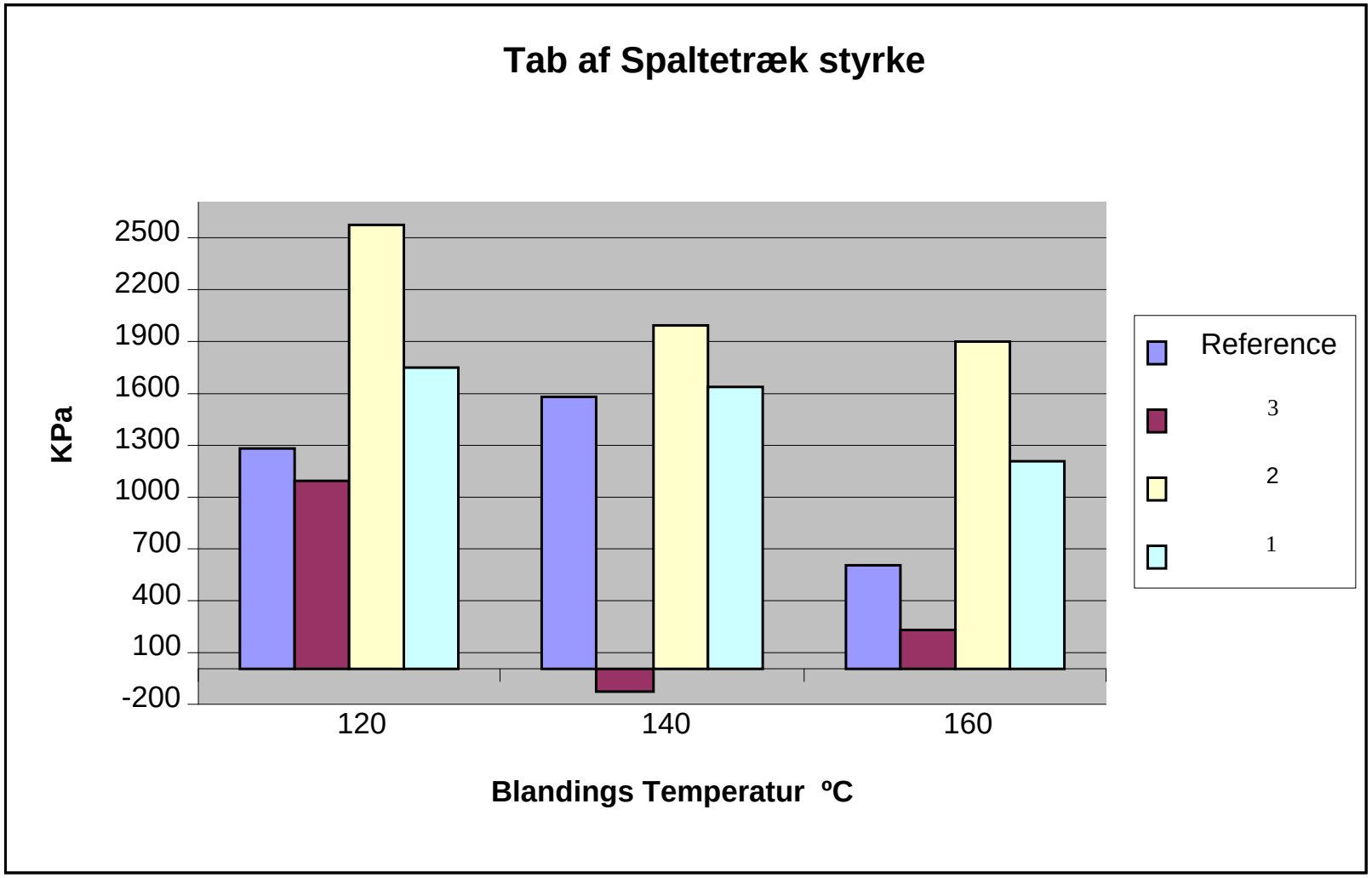
Marshalldensitet



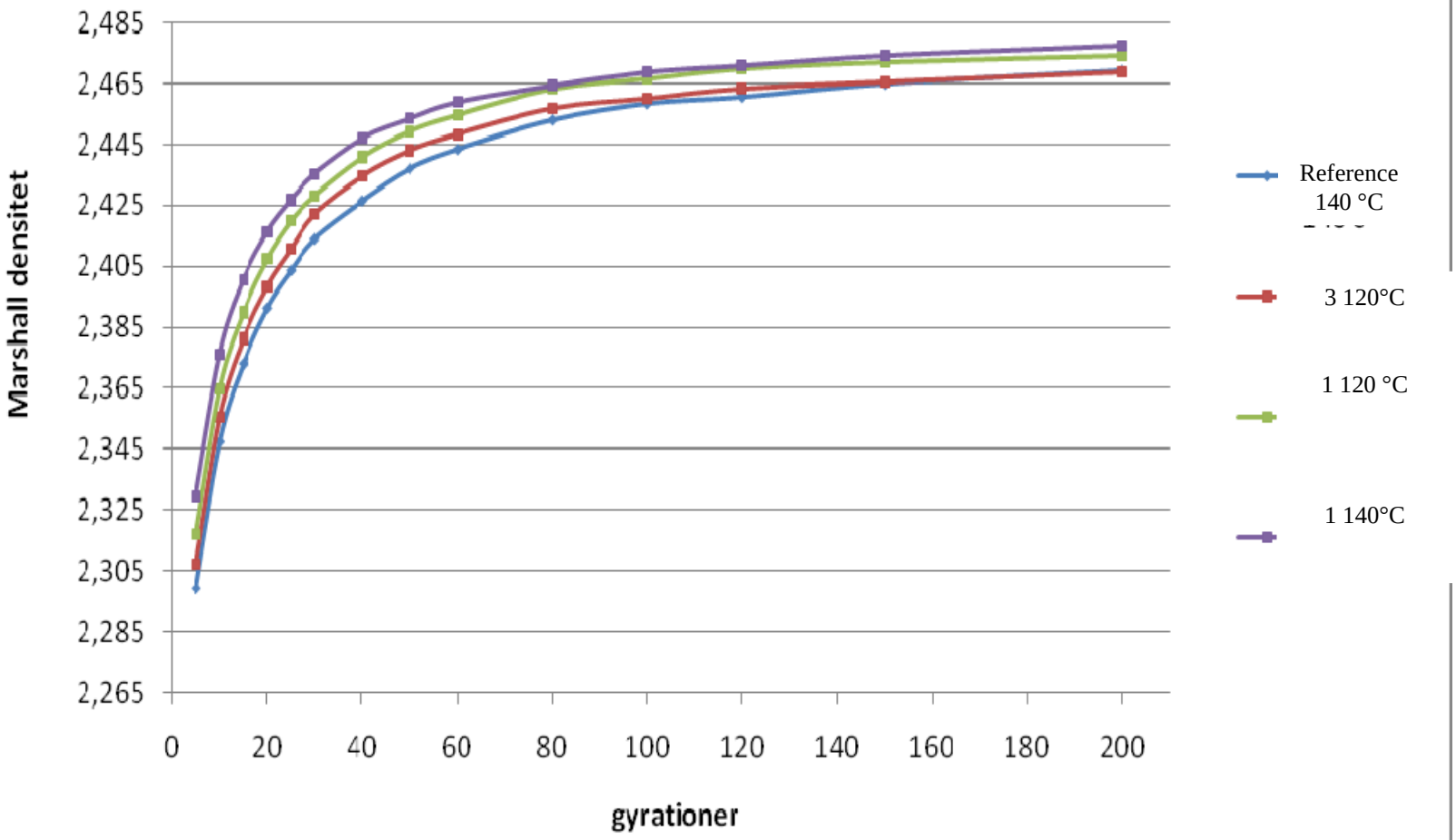



Blødhedspunkt
Blødhedspunkt °C
61
60
59
58
57
56
55
54
53
52
120
140
160
Blandings Temperatur °C
Reference
1
3
2


Stabilitet 2 x 50 slag
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
Newton
120
140
160
Blandings Temperatur ºC
Reference
3
2
1


Tab af Spaltetræk styrke
KPa
2500
2200
1900
1600
1300
1000
700
400
100
-200
120
140
160
Blandings Temperatur °C
Reference
3
2
1

Mest bearbejdlig ved tempratur nedsættelse



Opfølgning

- Produktion på fabrik med 2 af additiverne
- Udlægning af forsøgsstrækninger

6.3 SF: Scenarios for funding needs and condition development in network level pavement maintenance

Scenarios for funding needs and condition development in network level pavement maintenance

Skenarier för det belagda vägnetets finansieringsbehov och tillståndsutveckling

Pekka Mild and Harri Spoof
Pöyry Infra Ltd
Jaakonkatu 3, P.O. Box 500, FI-01621 Vantaa, Finland
pekka.mild@poyry.com, harri.spoof@poyry.com

Abstract:
We present a new optimization and forecasting model for the analysis of longer term funding needs and condition development of the pavement network. The model builds on established principles, but includes several novel modelling features, which improve the correspondence between maintenance programming and network level optimization. The model employs a standardized pavement condition classification, and future condition targets and budget limits are set in accordance with the Finnish Pavement Management System. Key scenarios computed with the model include (i) future funding needs for the preservation of current pavement condition, (ii) future funding needs to achieve given pavement condition targets in the coming years, and (iii) expected pavement performance with the current funding levels. The results are freely processed in MS Excel, where their key presentations include dynamic annual funding curves, annual pavement maintenance lengths and development of the pavement condition distributions. The results support the analysis of funding needs and their allocation, determination of maintenance backlog as well as communication and justification of funding requests.

Keywords: Pavement maintenance, financing, condition development, modeling, optimization

Abstrakt på Svenska:
Vi presenterar en ny beräkningsmetod för analysering av det belagda vägnätets tillståndsförändring och finansieringsbehov på lång sikt. Metoden baserar sig på sedvanliga principer för vägars nedbrytning och optimering på vägnätsnivå. Jämfört med tidigare metoder innehåller denna metod flera nya element som gör att analysen motsvarar mycket bättre verkligheten vid programmering av beläggningsunderhåll. Metoden använder standardiserad tillstånds klassificering, och målsättningen för vägnätets tillståndkrav och budgeter som är bestämda på basen av underhållets riktlinjer och andra styrsystem som används i Finland. Olika typer av skenarier kan undersökas med modellen, av vilka de mest intressanta är (i) årlig finansiering för att upprätthålla nuvarande tillstånd på vägnätet, (ii) finansieringsbehovet under kommande år för att uppnå vägnätets måltillstånd (motsvarar indirekt nivån av underhållets eftersläp, backlog), (iii) utveckling av vägnätets tillstånd med nuvarande finansieringsnivå. Resultaten kan behändigt presenteras i MS Excel som kontinuerliga kurvor av det årliga finansieringsbehovet, beläggningsmängderna och utveckling av vägnätets tillstånds. Resultaten ger stöd till beslutsfattandet angående behövlig finansieringsnivå för beläggningsunderhåll, optimal allokering av knappa resurser och finansieringsbehovets argumentering.

Nyckelord: Beläggningsunderhåll, finansiering, tillståndsutveckling, modellering, optimering

1 Introduction

The Finnish Pavement Management System is based on 100 meter road sections (henceforth 100m) and a standardized 5-scale pavement condition classification. Each 100m is in one of the condition classes with regard to each measurable condition variable. The classification translates a physical measurement into a condition class. The correspondence is designed such that the classes are comparable across different pavement subnetworks from the technical and economical point of view (Finnra, 2005). We use four condition classes based on the standardized classification:

- **5: Very good.** Like new, no needs for repairing.
- **4: Good.** Normal wear and tear, no needs for repairing.
- **3: Satisfactory.** Condition should be enhanced, some repairing may be justified.
- **P: Poor-conditioned**. Need for repair (contains the two poorest classes 2 and 1 combined).

The overall condition class of a 100m is determined by the poorest class obtained by the different condition variables. At network level, the overall condition is reported and managed via a condition distribution, which presents the total length (and/or percentage) of roads in each class. In Finland, the condition classes are currently in use for rut depth and unevenness, and the overall condition class is determined by the poorer of the two. The classification has been developed for pavement distress/cracking as well, but the measurement system is currently in transition towards automatic inventory and thus the classification is under revision. In general, the concept of condition classification is quite generic and widely applied, and it is basically applicable to any set of condition variables which feature sufficient measurement data.

Given the condition classification and its distribution, the Finnish pavement management mechanism focuses on the poor-conditioned roads. The central administration sets annual targets on the length of poor-conditioned roads in different subnetworks. Thus, maintenance programming aims at meeting the targets by means of composing maintenance sites that cover enough poor-conditioned 100m sections subject to budget limits.

In this paper, we present a network level pavement maintenance optimization and condition forecasting model, which is designed to account for the prevailing management mechanism and programming practices. It supports the analysis of funding needs for pavement maintenance in the longer run, as well as allocation of funding among subnetworks and communication of the forecasted condition development at current funding levels. The model employs an established basic structure complemented by some novel features, which, compared to some of the earlier network level models, improve its correspondence to the programming level and therefore increase the reality and applicability of the computed results. The model is implemented by standard stand-alone software and its results are processed and presented in MS Excel.

2 Model description and key features

2.1 Model overview

The model works on the overall condition classification. The unit of analysis is total road length, and thus no reference is made to any specific locations or sites. The model run is set for 30 years – each year the condition distribution shifts towards the poorer classes based on a deterioration model and maintenance actions are taken to shift it back towards the better classes, subject to budget and other constraints. This action-deterioration dynamics yields annual maintenance action lengths and corresponding funding curves as well as the development of the condition distribution (Figure 1).

Following the Finnish management mechanism, the model is controlled by setting a condition target that must be met in the longer run. The target is set as the allowed length of poor-conditioned roads. The objective of the optimization is either (i) to minimize total maintenance costs such that the condition target is met over the 30 years, or (ii) to minimize the length of poor-conditioned roads that exceed the target if the budget is too low to meet the target. Thus, the model does not employ user costs or other benefit measures. In effect, it gives the (minimum) funding required to meet the given longer term condition targets and/or it gives the (minimum) length of poor-conditioned roads that can be expected with the current funding in the longer term. On the other hand, user costs can be readily added to the model if they can be estimated upon the condition classification.

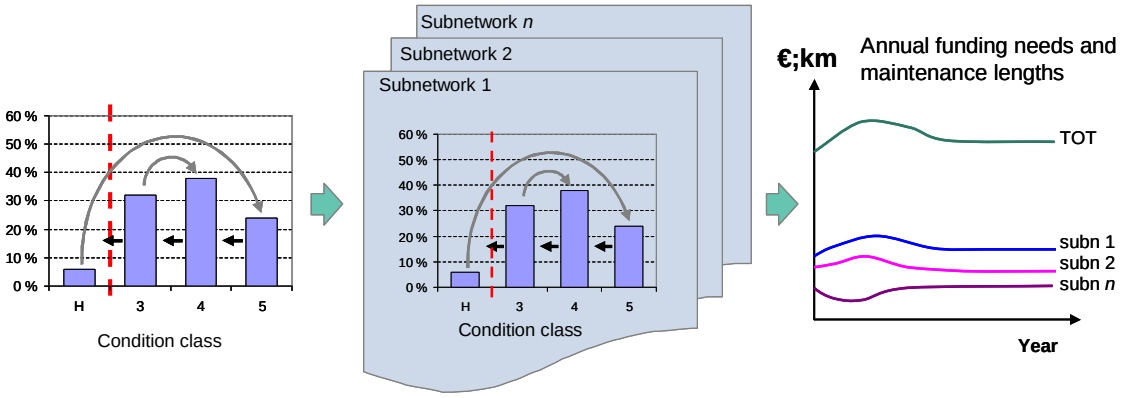


Figure 1: Overview of the model. The condition distribution deteriorates over time, and maintenance actions are taken to restore condition. The action-deterioration dynamics determines forecasted development of the condition distribution. The optimization model chooses annual maintenance actions to minimize the overall maintenance cost such that the condition target is met each year.

Technically, the model is a probabilistic optimization model, which employs Markov-chains and Linear Programming to model the action-deterioration dynamics. This basic structure has been established since the 1980's (e.g., Golabi *et al.*, 1982). Compared to most earlier models (e.g., Golabi *et al.*, 1982; 1997), our model uses an extended state description as well as separation of the state and maintenance action variables. In part, these technical innovations enable the modelling of some new features that are highly relevant from programming point of view – a lack of which may lead to unrealistic and/or infeasible solutions, which may not serve their purpose.

2.2 Subnetworks, maintenance actions and unit costs

In our model, the Finnish paved road network is divided into six subnetworks. The division is made based on the annual average daily traffic (AADT). Each subnetwork is assigned a default pavement surface type that is defined in the Finnish asphalt specification for the corresponding AADT range. Future maintenance measures and methods as well as corresponding durability lives and maintenance cycles are considered according to the default pavement surface type. In general, definitions of the subnetworks can be based on other rules as well and their number can be changed.

Different maintenance actions are used in different subnetworks. In the model, the actions are aggregated from maintenance measures and methods that are most typically used on the default pavement surface type. We model three types of actions: (i) strengthening, (ii) resurfacing and (iii) remixing. Each action has a subnetwork specific cost per kilometre, which is estimated as follows: cost per square meter (based on a detailed combination of methods and asphalt mixtures) times maintenance width (based on action and subnetwork) times the length of 1000 meters. Thus, the costs are transparently decomposed and they can be readily updated component-wise.

2.3 Allowed maintenance chains

One of the key new features of our model is the modelling of maintenance chains. Considering a single road section, we can restrict that, for example, every second action must be strengthening or that remixing can be used at most twice successively, whereafter the road needs resurfacing. With the modelling of the maintenance chains, the optimization must use the heavier and more expensive actions as well. Thus, the model does not suggest results that only use the inexpensive remixing, for example, that have plagued some earlier Markov-chain based models.

The allowed maintenance chains can be determined separately for each subnetwork. Allowed chains are determined by stating yes/no rules about which actions can follow which.

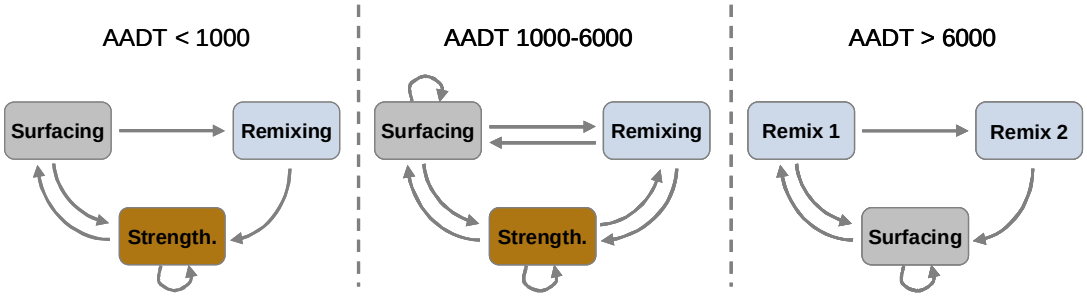


Figure 2: Examples of allowed maintenance chains. In AADT<1000 (left) at least every third action must be strengthening and the cycle may contain at most one remixing. In AADT > 6000 (right) remixing is allowed twice successively, and then the next action must be resurfacing. The heaviest actions are always allowed successively as indicated by the back-bending arrows.

Technically, this modelling feature is implemented by adding a state 'previous action' into the state description of the 100m sections alongside the condition states. The state 'previous action' changes only when a maintenance action is taken on the section. Successive remixing is modelled by two different states of 'previous action', i.e., 'Remix 1' and 'Remix 2' (cf. Figure 2). If action remixing is taken on a section that is in the state 'Remix 1', it moves to state 'Remix 2'. For sections that are in state 'Remix 2', the only allowed action is resurfacing, which takes them to state 'Surfacing' and the cycle starts all over.

2.4 Deterioration and impacts of actions

Another modelling feature that necessitates the use of heavier actions is that the different actions have different impacts on the different condition variables. For example, a rutting problem can be repaired by remixing, but unevenness and/or distress call for heavier actions. In the model, the impacts can be set for each action and condition variable separately. The impact is defined by determining how many classes the condition improves as a result of the action. All actions repair rut depth into class 5, but only strengthening repairs all condition variables into class 5. For example, resurfacing repairs rut depth into class 5 but improves roughness only by one class.

In accordance with true maintenance programming, our optimization model chooses the action largely based on which of the condition variables has reached poor condition. If the overall condition is declared poor by rut depth only, then the least expensive remixing is often the appropriate action (if it is allowed in the chain at that point). If other condition variables are also poor, then it is necessary to choose a heavier action to improve the overall condition.

Different actions and subnetworks feature different life-cycles as well. We have built the deterioration models based on expert estimates about average life-cycles and maintenance practices.

These are transformed into transition probability matrices by standard Markovian formulas, which mathematically connect the expected transition times and probabilities. Thus, we have not attempted to fit and estimate the deterioration model parameters from historical data. Instead, the primary focus has been on finding parameters that result into a deterioration behaviour that is deemed appropriate by average maintenance cycles and expert opinion.

2.5 Poor-conditioned percentage in maintenance sites

While the pavement management mechanism steers programming managers to repair as much poor-conditioned 100m sections as possible, typical maintenance sites are longer stretches of road that contain several 100m sections in different condition classes. The whole site is typically treated with the same action and we assume that it reaches a unified condition as a result. The poor-conditioned percentage (henceforth PCP) is defined as the share of poor-conditioned 100m sections of the whole maintenance site. Figure 3 illustrates the concept.

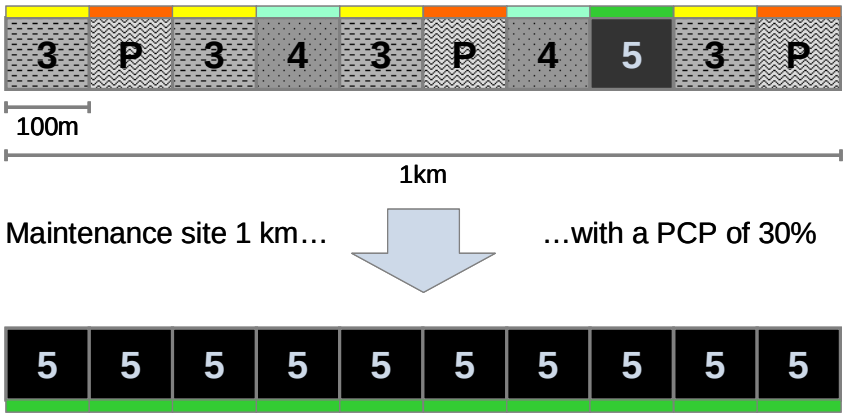


Figure 3: The concept of poor condition percentage (PCP). The maintenance site consists of ten 100m sections. Each 100m belongs to one of the four condition classes (here, three sections in class P, four in 3, two in 4 and one in 5). The whole site is treated with the same maintenance action. Poor-conditioned percentage is the share of the poor-conditioned sections within the site (here PCP = 3/10 = 30%).

The concept of PCP is important in the Finnish pavement maintenance programming practice, and thus it is important that it is included in the network level model as well. The point is, that to repair one kilometre of poor-conditioned road (i.e., ten 100m sections) we must actually repair three kilometres, for example, most of which is not yet poor-conditioned. The PCP feature is modelled by mathematical constraints which define that a given percentage of the annual action length must focus on poor-conditioned sections. Thus, the PCP is set at the beginning by the user for each subnetwork based on typical realized PCPs, and computed maintenance actions must meet this PCP.

The impact of PCP is two-fold: First, it states that *at least* the given percentage must be poor-conditioned, which implies that the actions cannot focus on the non-poor sections alone. As an interpretation, a maintenance site must cover poor-conditioned sections as a trigger to do anything. Second, it states that *at most* the given percentage can be poor, which implies that actions cannot focus only on the poor-conditioned spots (which would yield a 100% PCP). Thus, the PCP forces a realistic proportion between the overall maintenance length and its impact in terms of the length of poor-conditioned sections repaired. Furthermore, it accounts for the condition improvement on the whole site, which is an improvement compared to running computations with a 100% PCP and then multiplying the action lengths by 1/PCP to obtain the true maintenance length required. Overall, modelling of the PCP is a novel and an important feature, which significantly improves the correspondence between maintenance programming and network level optimization.

3 Illustrative results

3.1 Definition of the scenarios

In the model, a scenario is defined by annual condition target(s) and budget limit(s) set on the whole network and/or subnetworks separately. The condition target is set as the allowed length of poor-conditioned roads. The model is programmed so that it tries to meet the condition target, but even in cases where the funding is not sufficient, a solution that exceeds the target by as little as possible is presented. The scenarios may also contain several other constraints that can be readily adjusted and added/removed. In terms of condition targets and budgets, the key scenarios are:

- Funding needs for the preservation of *current pavement condition* on each subnetwork
- Funding needs for a given *pavement condition improvement* within a given time
- *Expected pavement performance* with the current funding levels

The first two scenarios can be computed with or without budget limits. Either way, the objective is to minimize the maintenance cost to meet the condition target. Penalties are applied to violations of the condition target such that it is always optimal to strive for the target if the budget limits allow. The budget limits can be set to provide results that would be more feasible for implementation. Typical budget limits include (i) setting the starting point at the current funding level, (ii) restricting the increase/decrease of funding from year to year, and (iii) setting a ceiling for the total funding. In the third scenario, the budget limit is typically a flat ceiling over the years and the level is so low that the condition targets cannot be met in all subnetworks. In this case, the results convey the minimum length of poor-conditioned roads that can be achieved with the current funding level.

Key results for each scenario are dynamic annual funding curves, annual maintenance length, and length of poor-conditioned roads repaired. The computation provides detailed results that can be analyzed year by year, class by class and action by action for each condition variable separately. The key results are aggregated from the detailed results to provide a fast and convenient presentation of the main findings. However, these results are not a product of a 'black box', because each scenario can also be analyzed more closely to understand how and why the aggregated results look the way they do and to verify that the various modelling features work as intended.

Model computations are run in Xpress-MP linear programming solver, and they take a few minutes per subnetwork on a standard computer. The results are processed and presented in MS Excel.

3.2 Funding needs for the preservation of current condition

In the first scenario, the condition target is set per subnetwork to the current length of poor-conditioned roads and it is effective from year 1. Budget constraints are set so that funding must start from the true current level of 150 M€ per annum (p.a.), it can change at most ±10% from year to year and may never exceed the ceiling level of 250 M€ p.a.

Figure 4 illustrates the key results from scenario 1 where all six subnetworks are aggregated. The upper left part of the figure shows a dynamic funding pattern, which reaches a steady state around 200 M€ p.a. in about 20 years. The lower right part of the figure shows the annual length of the poor-conditioned roads remaining in total and the length removed by maintenance. Above all, the results highlight that (i) even the preservation of current condition requires a considerable maintenance length each year (to repair annual deterioration), and (ii) current funding should be increased to preserve current condition in the longer term. The funding backlog, which is evident from the "bubble" in funding curve, stems from the fact that heavier maintenance actions have been

delayed and thus accumulated, and they are needed in the coming years to restore feasible maintenance chains (cf. Section 3.3).

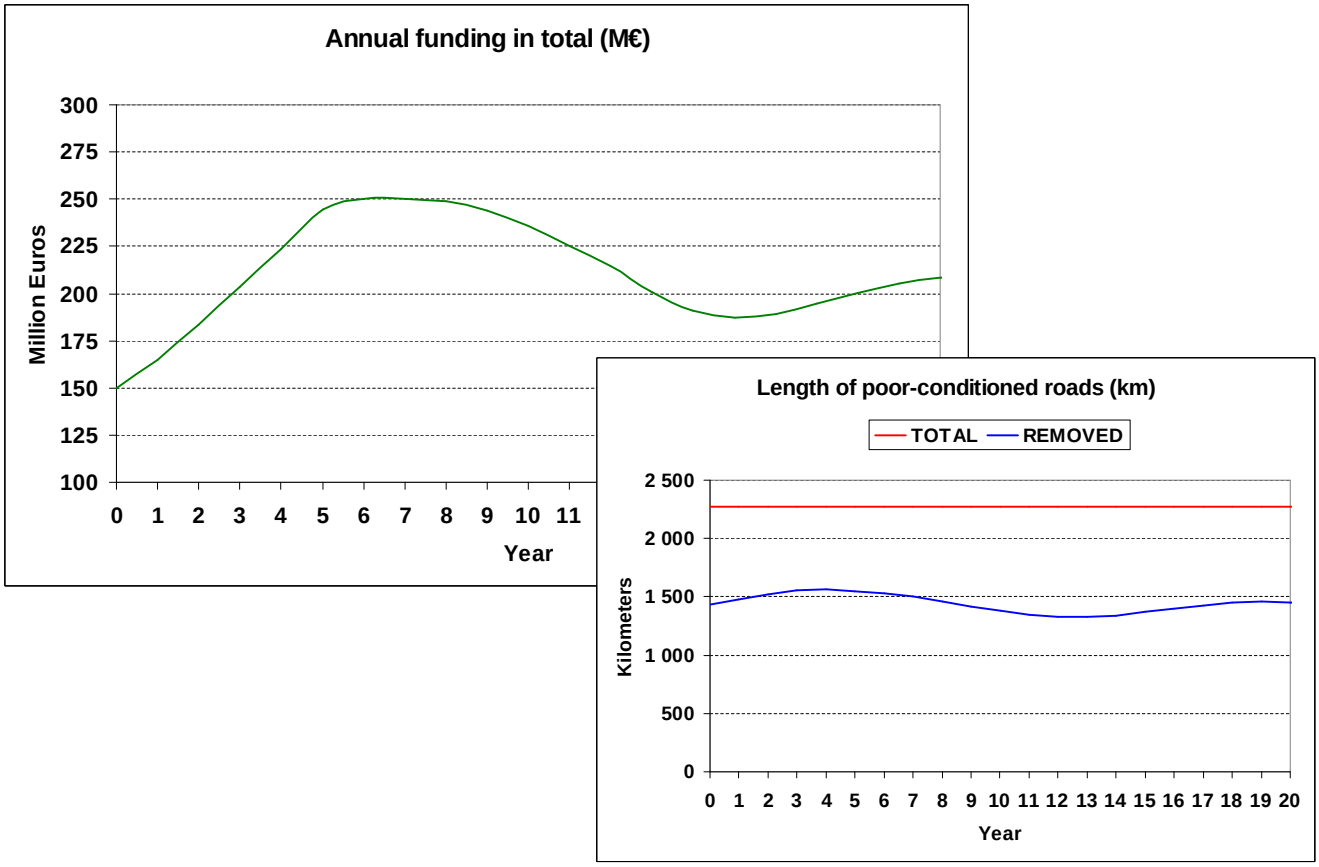


Figure 4: Examples of key results from scenario 1. The upper left part shows the dynamic funding pattern. The lower right part of shows the annual length of the poor-conditioned roads remaining in total and the length removed by the annual maintenance program.

3.3 Funding needs for the achievement of future condition targets

In the second scenario, the condition target is set per subnetwork to a user-defined target length of poor-conditioned roads (less than current) and it is effective from year 10. An additional constraint states that the condition must improve each year 1-10, i.e., the length of poor-conditioned roads must decline gradually towards the target level. Budget constraints are similar to scenario 1.

Figure 5 illustrates the key results from scenario 2 (analogously to scenario 1). The funding pattern shows a similar shape, much due to the volatility and ceiling constraints, but the increased funding bubble is now wider. This can be interpreted (quite naturally) so that there is more backlog relative to a stricter condition target, and the backlog accumulates further in the first years when the funding is still insufficient. Another highlight finding is that in the steady state the funding and the annual maintenance length are roughly the same in scenarios 1 and 2. Thus, the analysis implies that the annual maintenance cost is independent from the condition target level once the target is reached and steady state is settled (when the targets are of the same magnitude). In other words, it would not be more expensive to maintain a better condition at the network level but it is more expensive to get there.

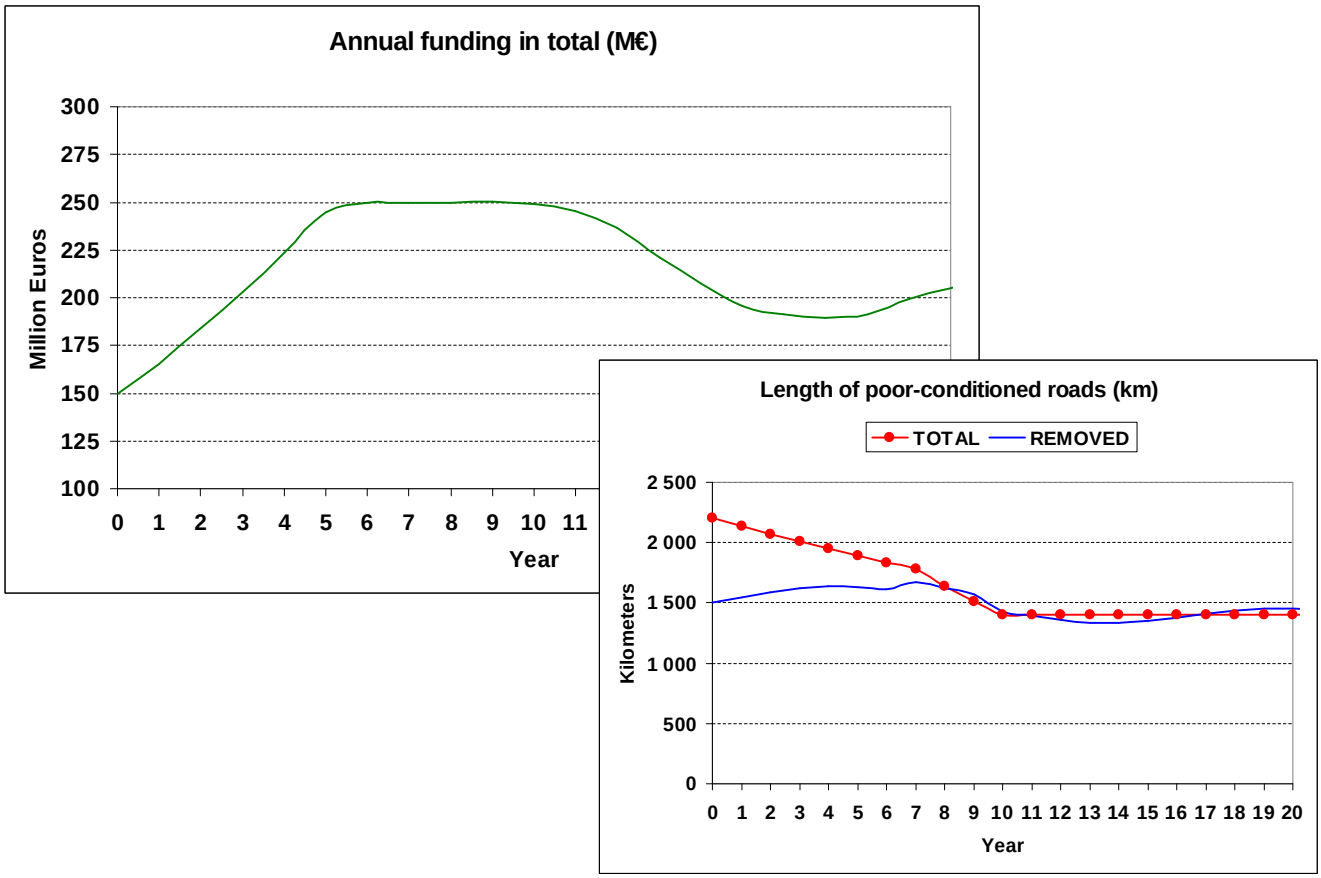


Figure 5: Examples of key results from scenario 2. The upper left part shows the dynamic funding pattern. The lower right part of shows the annual length of the poor-conditioned roads remaining in total and the length removed by the annual maintenance program.

3.4 Expected condition development with current funding levels

The analysis is somewhat reversed in scenario 3. The primary constraint is the budget, which is set to the current level of 150 M€ p.a. for each year from now on. The optimization tries to minimize the length of poor-conditioned roads that exceed the current level. The subnetworks are prioritized by assigning different penalties for violations the condition targets. Thus, the optimization first tries to maintain the highest AADT subnetworks, then allocates remaining funds to the next highest and so on. Towards this end, the model can be developed further to support the allocation funding among the subnetworks.

Figure 6 shows the development of the poor-conditioned road length in the different subnetworks (two subnetworks aggregated together in each three curves, respectively). The highest AADT networks can be maintained in their current condition, the next two start accelerated deterioration, and only very little funding is left for the low volume roads, where the condition deteriorates rapidly. Alternative allocations where more funding is directed to the lower volume roads would result in roughly the same total length of poor-conditioned roads, but then 20-30% of the length of the high volume roads would be in poor condition.

Results of scenario 3 may provide the most valuable support for the communication of funding requests for pavement maintenance. They provide a readily understandable forecast of pavement performance with the current funding, i.e., unless the funding is increased.

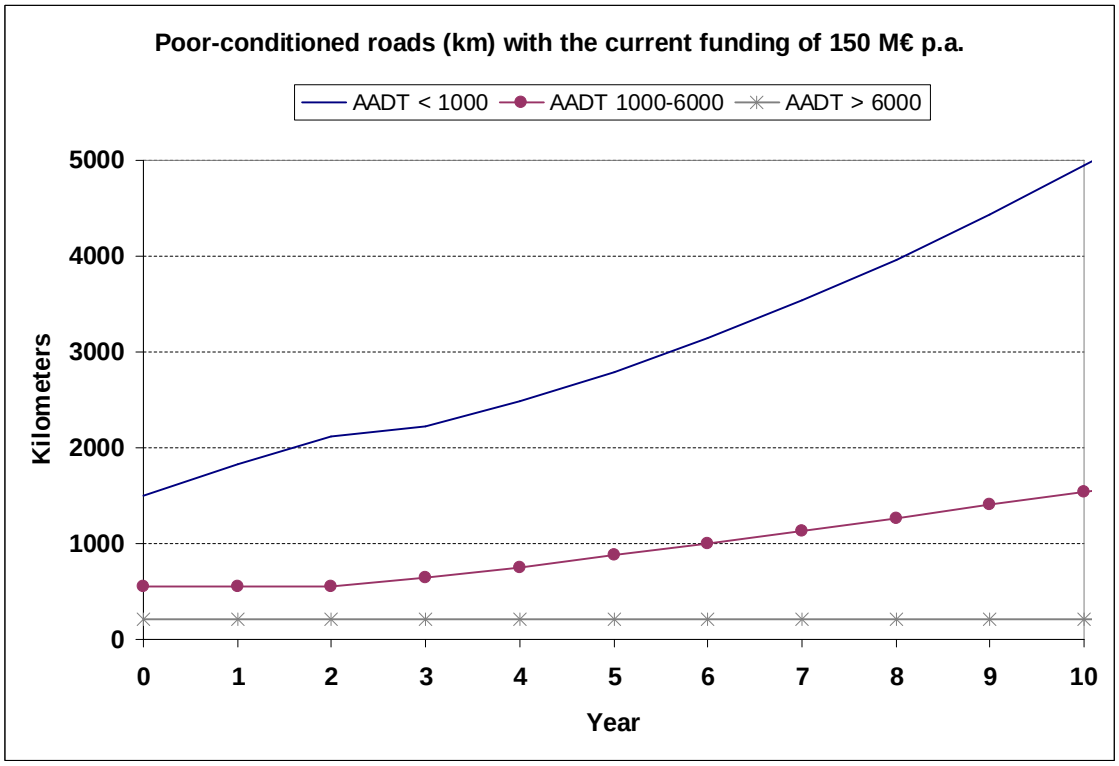


Figure 6: Example of key results from scenario 3. The total length of poor-conditioned roads increases rapidly on the lower volume roads. Notice the shorter time span in the Figure.

4 Conclusions

We have developed a workable network level optimization and forecasting model for the analysis of funding needs and condition development of the Finnish pavement network. The model includes novel modelling features, which improve the correspondence between maintenance programming and network level optimization. The model has provided quite interesting and realistic results in Finland. The current implementation is technically flexible, and the model can be readily adjusted and developed further. The model specifications are rather generic. Thus, it is not integrated or limited to Finnish measurement or data systems and standards, but should be applicable to other countries as well. The key requirement for the model is some sort of a condition classification.

The model provides support for the analysis and allocation of funding and maintenance actions. Its results can also support the communication of funding requests, for example. In addition to the basic scenarios, the model can be used to test the implications of various phenomena, for example, accelerated deterioration (cf., climate change), extended life-cycles of maintenance actions (cf., new materials and methods) or different price development paths (cf., volatility of oil price). Overall, the model provides a flexible tool for network level analyses of pavement maintenance.

References

Finnra, (2005). Standardized Classification for the Condition of Road Assets, Finnra Reports 57/2005 (in Finnish).

Golabi, K., Kulkarni, R.B., Way, G.B. 1982. A Statewide Pavement Management System, *Interfaces* **12**(6) 5-21.

Golabi, K., Shepard, R. 1997. Pontis: A System for Maintenance Optimization and Improvement of US Bridge Networks, *Interfaces* **27**(1) 71-88.

6.4 **Finsk indlæg på møde**

Skenarier för det belagda vägnätets finansieringsbehov och tillståndsutveckling

Nordisk Vägforum NVF,
Utskott - Asfaltbeläggningar

FoU, Sommarmøde 2009

Pekka Mild
Pöyry Infra Oy

Översikt av beräkningsmetoden

Analysering av det belagda vägnätet på lång sikt

- Nuvarande tillståndsdistributioner och deras utveckling
- Krävda beläggningsåtgärdslängder och finansieringsbehov
- Simulerings- och optimeringsmodell på vägnätsnivå

Tillståndsdistributioner

- Standardiserad enhetlig klassifikation i Finland
- Flera tillståndsvariabler, t.ex. spårdjup, ojämnhet och skador
- Väglängderna i olika tillståndsklasser → distribution på vägnätsnivå

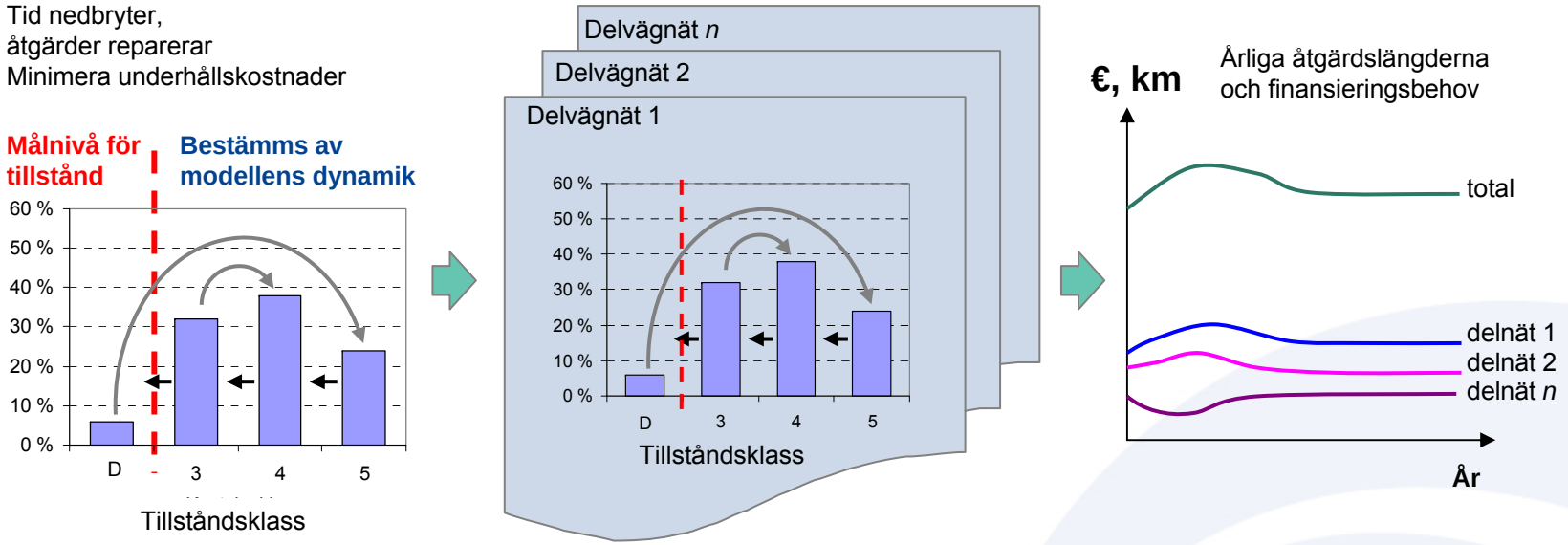
Baserar sig på underhållets riktlinjer och styrsystem i Finland

- Beaktandet av praxis vid programmering av beläggningsunderhåll
- Styrsystem via vägnätets tillståndskrav och budgeter
- Sedvanliga principer för vägars nedbrytning och optimering på vägnätsnivå…
- … förbättrat med flera nya element och teknisk flexibilitet

Översikt av beräkningsmetoden

Minimera underhållskostnader för att uppnå tillståndskrav

- Tillståndsklassifikation (**5**: mycket bra, **4**: bra, **3**: nöjaktig, **D**: dålig)
- Ställda tillståndskrav på längder av de dåliga och/eller budget limitationer
- Nedbrytningsmodell utan beläggningsåtgärder
- Optimering av beläggningsåtgärder (km) för att uppnå ställda krav



Beräkningsmetodens egenskaper

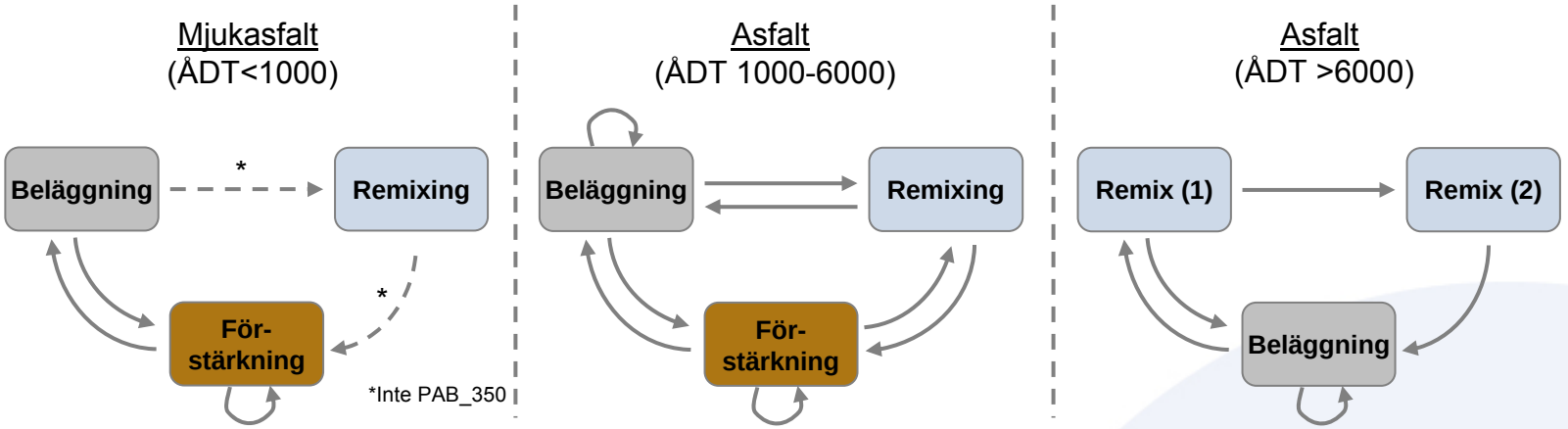
1. Delvägnätsspecifik nedbrytning och beläggningsåtgärd
   - Sex delvägnät på basen av trafik och standard beläggningstyp
   - Nedbrytningsparametrar för olika tillståndsvariabler på basen av delvägnätets vanliga åtgärdscykel och livslängd
   - Kilometerpriser på basen av vanliga arbetsmetoder och beläggningsmängd

Delnät	ÅDT	Beläggningstyp	Längd
PAB_350	<350	Mjuk asfalt	16287 km
PAB_1000	350-1000	Mjuk asfalt	15831 km
AB_3000	1000-3000	Asfalt	10938 km
AB_6000	3000-6000	Asfalt	4541 km
SMA_12000	6000-12000	Asfalt	3339 km
SMA_stora	>12000	Asfalt	1101 km

Beräkningsmetodens egenskaper

2. Beaktandet av åtgärdskedjor

- Tre beläggningsåtgärder: förstärkning, beläggning och remixing
- Delvägnätsspecifika kedjor, t.ex. beläggning→remixing→remixing→beläggning
- T.ex. ständig remixing är inte tillåten i optimeringen
- Man måste göra också grova beläggningsåtgärder (utan konstruerade villkor)



Beräkningsmetodens egenskaper

3. Beläggningsåtgärder har olika effekt på olika tillståndsvariabler
   - Åtgärdsvalet beror på vilken av tillståndsvariablerna som är dålig
   - T.ex. remixing reparerar spårdjup men inte ojämnhet
   - Grovare beläggningsåtgärder är nödvändiga för att reparera ojämnhet och skador

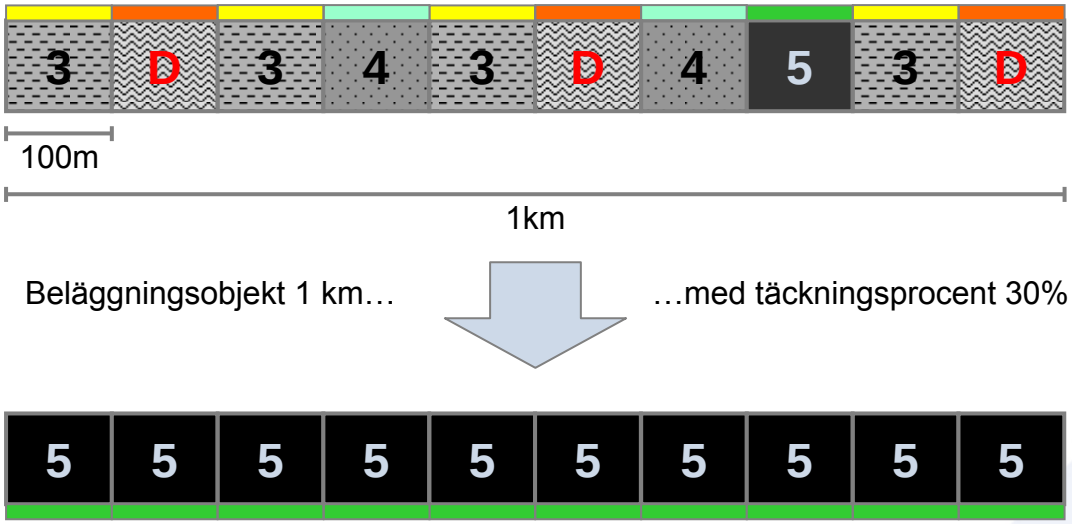
Effekter på tillståndsvariabler

Åtgärd	Spår	Skador	Ojämnhet
Remixing	5	+1	0
Beläggning	5	+1	+1
Förstärkning	5	5	5

Beräkningsmetodens egenskaper

4. Täckningsprocent av dåligt tillstånd

- Beläggningsobjekt består av 100 meters sektioner
- Endast en viss andel (25-40%) av objekten är i dåligt tillstånd
- Beläggningsåtgärder görs också på sektioner i bättre tillståndsklasser 3,4,(5)
- Praktisk proportion mellan totallängd och de dåliga avsnittens längd + beaktandet av åtgärdernas nytta till klasser 3,4,5



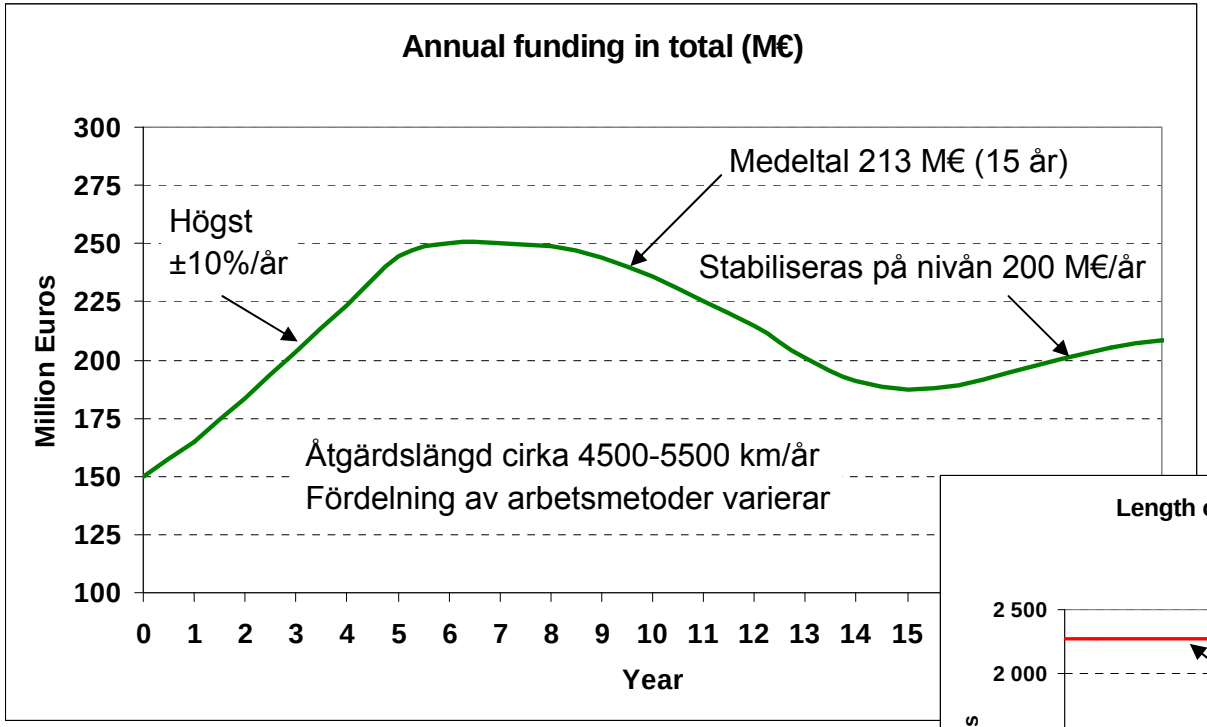
Skenarier

1. Årlig finansiering för att upprätthålla nuvarande tillstånd på vägnätet
   - Beläggningslängd i dåligt tillstånd får inte öka
   - Minimera underhållskostnaderna under 30 år
2. Årlig finansiering för att uppnå vägnätets måltillstånd
   - Ställda krav på beläggningslängd i dåligt tillstånd efter 10 år på olika delvägnät
   - Kostnaden att uppnå måltillstånd (backlog) och att underhålla det (steady state)
3. Utveckling av vägnätets tillstånd med nuvarande finansieringsnivå
   - Minimera beläggningslängd i dåligt tillstånd (delvägnät prioriterat)
   - Otillräcklig finansiering → tillståndet försämras på delvägnäten med mindre trafik

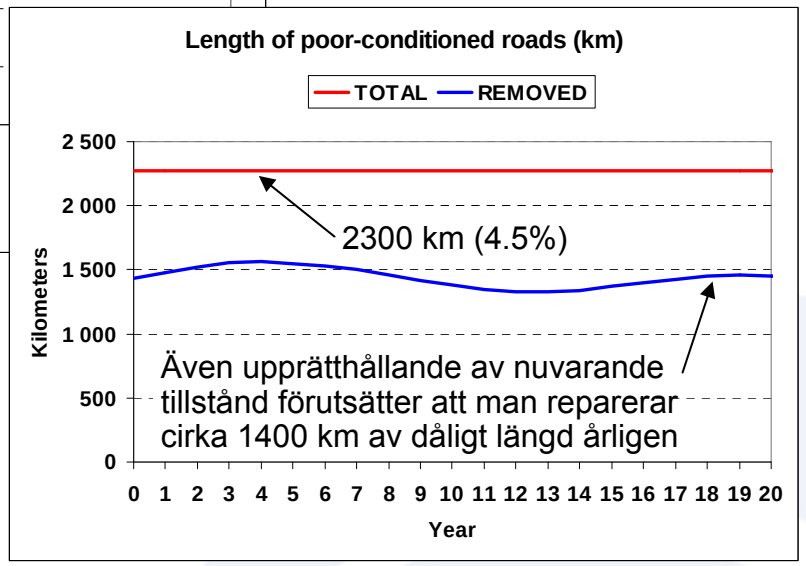
Transparent beräkningsresultat per delvägnät

- Årliga beläggningsåtgärder, arbetsmetoder och finansiering
- Årliga tillståndsdistributioner och reparerad längd av dåligt tillstånd
- Därtill en mängd av detaljerade resultat för att underlätta modellens validering

Resultat 1: Upprätthålla vägnätets nuvarande tillstånd



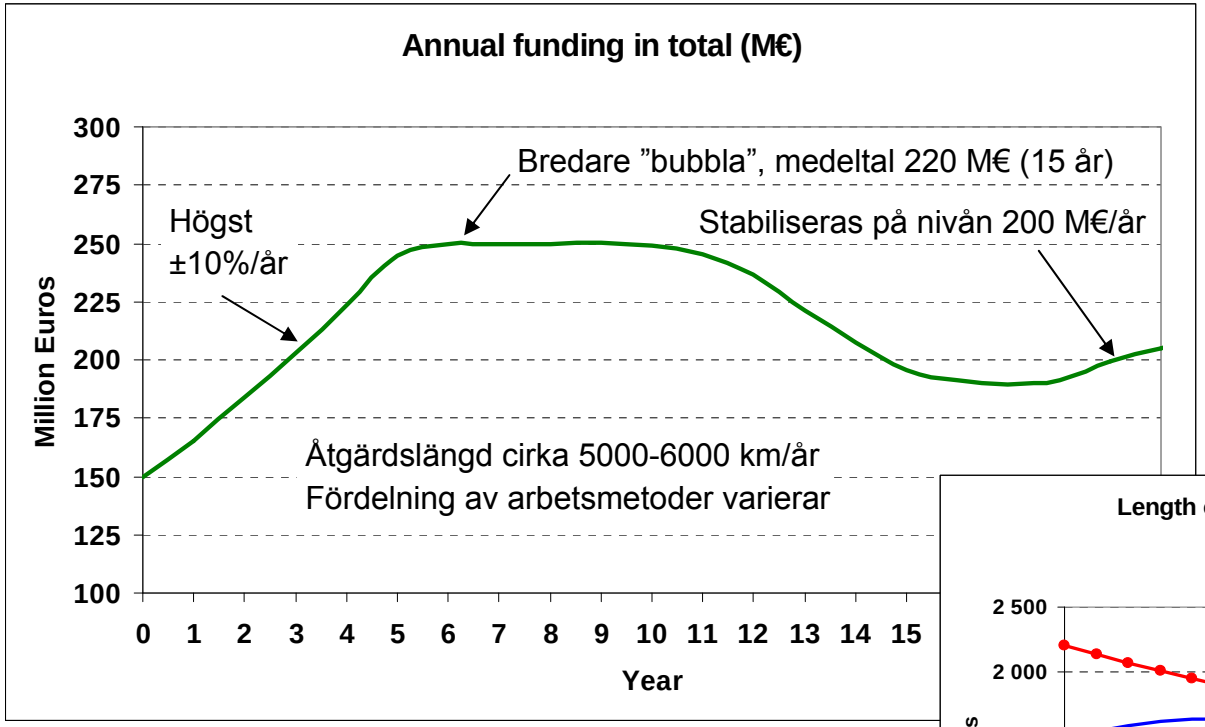
Prisnivå 2008



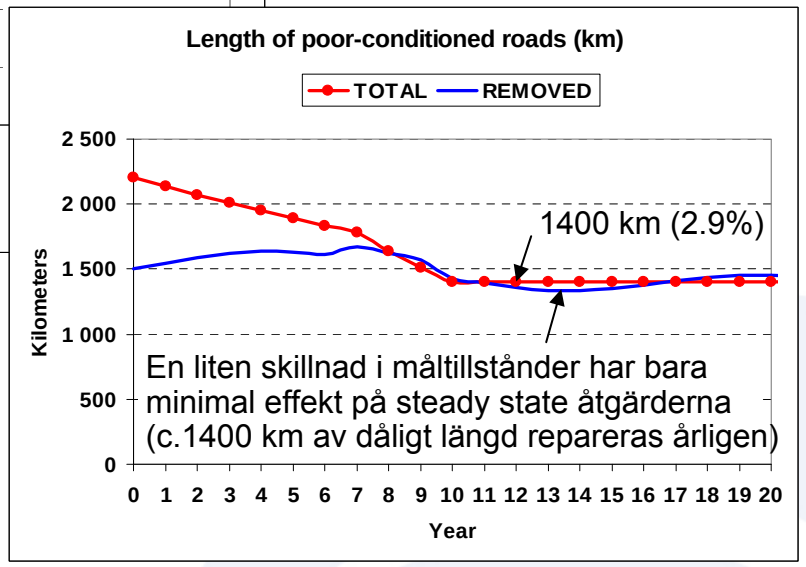
Slutsatser från beräkningsresultat

- Backlog cirka 200 M€
- Steady state cirka 200 M€/år
- Åtgärdslängd över 5000 km/år i början (15år)
- Åtgärdslängd cirka 5000 km/år i steady state

Resultat 2: Uppnå vägnätets måltillstånd



Prisnivå 2008



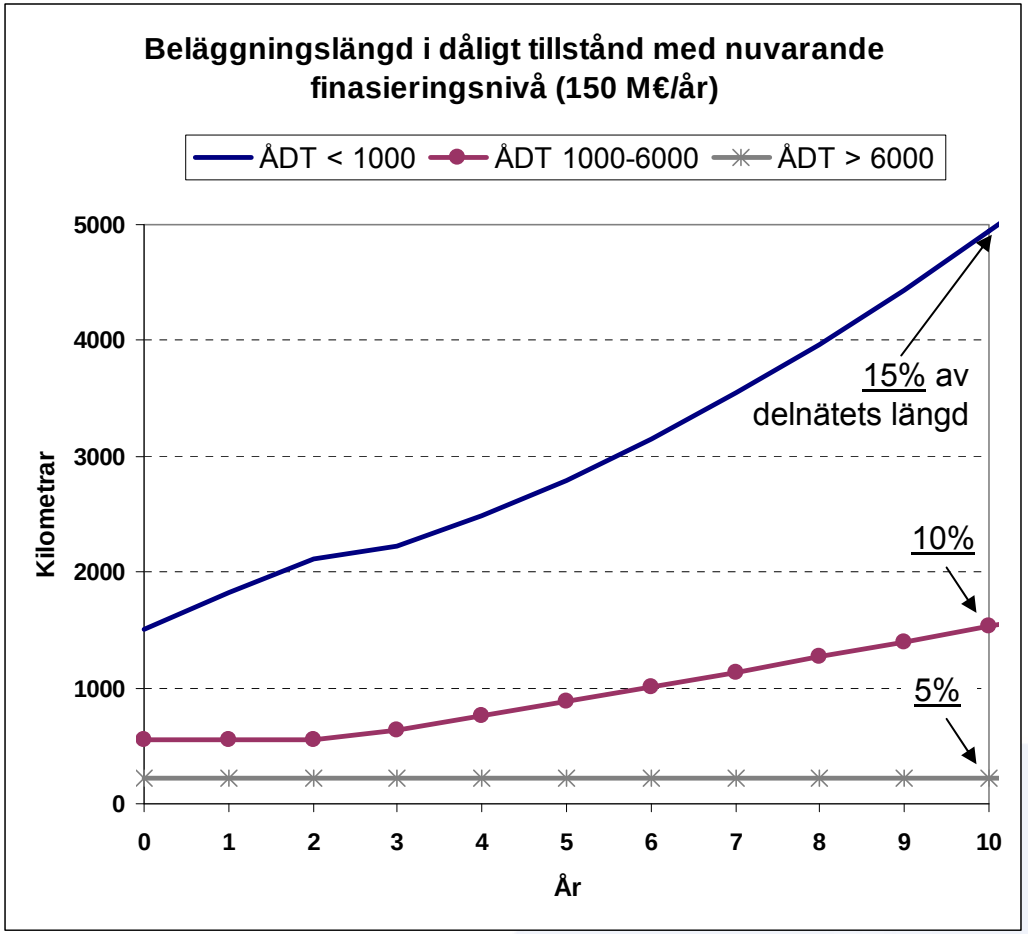
Slutsatser från beräkningsresultat

- Backlog cirka 300 M€
- Steady state cirka 200 M€/år
- Åtgärdslängd över 5500 km/år i början (15år)
- Åtgärdslängd cirka 5000 km/år i steady state

Resultat 3: Tillståndsutveckling med nuvarande finansieringsnivå

Slutsatser från resultat

- Finansiering 150 M€/år
- Åtgärdslängd under 4000 km/år
- Lättare åtgärder
- Nuvarande tillstånd kan endast upprätthållas på delvägnäten med mest trafik
- Tillståndet försämras på delvägnäten med mindre trafik
- Förutsätter omallokering av knappa resurser mellan delvägnät



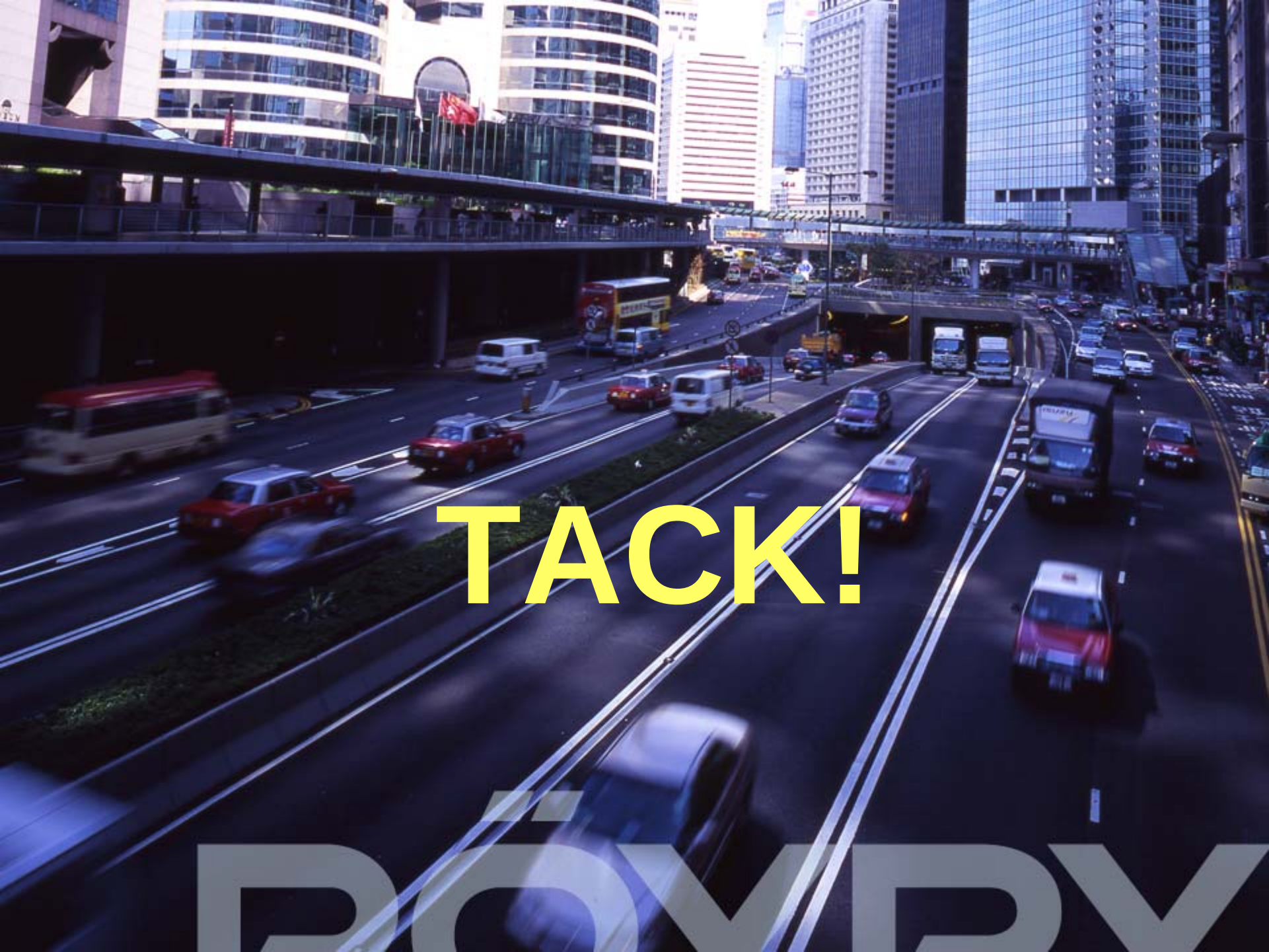
Sammandrag

Nytt verktyg för analysering av beläggnings- och finansieringsbehov

- Finansieringsbehovets argumentering
- Åtgärdslängder och tillståndsutveckling på vägnätsnivå
- Allokering av knappa resurser mellan delvägnät

Forsknings- och utvecklingsarbete fortsätter

- Pilotprojektet har fått mycket positiv mottagning
- Tekniskt flexibel och transparent → snabb att utveckla, testa och adaptera
- Integration av skadetillståndsdata och deras nya klassificering
- Utveckling av standardiserade analyser, resultat och presentationer


TACK!

6.5 N: Nyutviklet bonuskontrakt for asfaltarbeider

Nyutviklet bonuskontrakt for asfaltarbeider

Statens vegvesen, Region øst, desember 2008.

Problemstilling

Statens vegvesen bruker ca 30-40% av årlig asfaltert tonnasje av varm asfalt til oppretting som en del av arbeidet med legging av nytt dekke i vedlikeholdsasfalteringen. Dette er overslag for Rø og det er ingen grunn til at bildet ser annerledes ut for resten av landet, og i så fall snakker vi om en omsetning på landsbasis på minst 400 mill. kroner årlig til oppretting. Dette er for asfaltmengder som er anslått og lagt inn i konkurransegrunnlaget av byggelederne på hvert kontraktspunkt i den enkelte asfaltkontrakt.

Det er en allment kjent erfaring at all mengde som blir satt opp i kontrakten brukes opp, pluss evt. marginer som er lagt inn. Det skjer i praksis nesten aldri at forbruket blir lavere enn anslått mengde av den enkle grunn at entreprenøren ikke har noen incentiver til å redusere sin omsetning. På asfaltsiden har vi slitt i alle år for å finne gode kontraktsformer som gir incentiver for godt håndverk. Innføringen av funksjonskontrakter er en del av dette arbeidet, men denne kontraktsformen har begrensninger, er juridisk tyngre å håndtere og gir ikke bonus raskt nok til at de personene hos entreprenøren som faktisk har gjort en god jobb får nytte av påskjønnelsen. Den nyutviklede bonuskontrakten vil i mange tilfeller være et bedre alternativ og et supplement, men fortsatt ha vegens funksjon som en oppgjørsparameter.

Forslag til løsning

Forslagsstillerne laget for asfaltsesongen 2008 et nytt system for å gi incentiver til entreprenører som ”trekker i vår retning” for å utnytte opprettingsmassen bedre og gi besparelser samt bedre resultat på vegen. Dette er gjort ved å nyutvikle en sammensatt bonusordning som det ikke er kjent at er prøvd andre steder, verken her i landet eller internasjonalt. Dette bonussystemet ble prøvekjørt som pilot i full skala på Norges største asfaltkontrakt i 2008, nemlig asfaltering av Rv15 over Strynefjell. I ettertid er dette systemet presentert for asfaltmiljøet gjennom den årlige Dekkekonferansen og som en ordning arbeidgruppa for funksjonskontrakter innstiller som ønskelig utvikling overfor Strategigruppa for asfalt og vegoppmerking.

I korte trekk går løsningen ut på at entreprenøren blir gitt to bonuser som virker **samtidig** og som styrer entreprenøren inn mot å selv ønske å utføre arbeidet slik vi som byggherre også ønsker. Altså, man oppnår i praksis felles mål mellom byggherre og entreprenør, som er en sjelden kvalitet i en kontrakt, altså uten kontroll og sanksjon. I dette systemet styrer entreprenøren selv bruken av opprettingsmassen til beste for både ham selv og byggherresiden!

- Bonus 1 blir gitt ved at entreprenøren får trinnvis økende enhetspris for asfalten jo lavere forbruket blir, når det sammenlignes med anslått mengde i kontrakten.
- Bonus 2 blir gitt for å oppnå **betydelig** bedre jevnhet av asfaltert overflate enn kontraktens krav. Denne bonusen er nødvendig for å få entreprenøren til å legge asfaltmassen der den trengs mest og premierer det gode håndverk på en effektiv måte. Beregningsgrunnlaget er initialjevnhet målt på vanlig måte slik man gjør i de fleste kontrakter og en”prisliste” hvor entreprenøren får vite på forhånd hvor stort beløp han får for hver kilometer-strekning ved å nå bestemte mål for jevnhet. Det er viktig å være såpass konkret og forutsigbar slik at de medarbeiderne hos entreprenøren som skal gjøre jobben ute på vegen får et nært forhold til resultatet.

Utover disse bonusordningene gjennomføres kontrakten som en helt vanlig reseptbasert asfaltkontrakt, altså ingen nye krav overfor entreprenøren, kun ”gulrøtter”, ingen økt risiko for entreprenøren. Dessuten er systemet enkelt og lettforståelig, noe som har vist seg å by på utfordringer i andre forsøk på lage spesielle kontraktsformer. Systemet kan benyttes på de fleste reseptbaserte asfaltkontrakter hvor man har oppretting, uavhengig av trafikkmengde.

Fordeler av ny løsning

1 Selvfinansierende bonus

Ved å gi entreprenøren økende enhetspris ved minkende mengde opprettingsmasse vil byggherren gjøre store besparelser ved at vi sparer **hele** omsetningen av spart mengde, inklusive entreprenørens innsatsfaktorer (produksjonskostnader for delmaterialer, transport, energi). For entreprenøren har det stor verdi å få en økende enhetspris fordi dette er penger som ikke fordrer økt kostnad eller risiko, kun forbedret håndverk. Asfaltproduksjon har voldsomt høye innsatsfaktorer i % av inntjeningen, så det er i dette man finner det store potensialet for reell en vinn-vinn situasjon.

Den betydelige innsparingen for byggherren ved redusert mengde, gjøre at man kan gi en ren pengebonus for å oppnå betydelig bedre jevnhet enn kontraktens krav, uten at man får budsjettmessige konsekvenser. Dersom mengdebesparelsen blir stor nok, rundt 12-15% så vil hele bonusbetalingen for jevnhet være finansiert og byggherren kan i mange tilfeller få ren budsjettgevinst i tillegg til de andre fordelene ved mengdebesparelsen (se nedenfor).

2 Økt levetid på det nye dekket – økonomisk gevinst

Man får betydelig bedre jevnhet (se erfaring pilot) ved bruk av dette bonussystemet. På veger hvor jevnhet medvirker til at det utløses behov for neste asfaltering vil en bedre jevnhet føre til en økning av dekkelevetiden. Dekkelegging utløst av jevnhet vil være tilfelle på pilot Strynefjellskontrakten og vil opptre som medvirkende årsak til dekkefornyelse i mange tilfeller.

Dersom man får økt dekkelevetid med 1 år på en tredel av det vegnettet som asfalteres hvert ved hjelp av dette bonussystemet, hvilket ikke er urimelig å anta, så vil dette gi en årlig besparelse på 50 til 70 millioner kroner pr. år.

3 Miljøbesparelser

Det er et uttalt mål å redusere klimautslippene fra vegtrafikken, noe som også gjelder produksjon av asfalt. Asfaltering bruker energi ved steinproduksjon, oppvarming og transport/utlegging. Her arbeider alle aktører intenst med å redusere utslippene, prosent for prosent. Den mest åpenbare besparelsen ligger i å ikke legge mer asfalt enn man trenger og forlenge dekkelevetiden.

Dersom man benytter dette bonussystemet på halvparten av årlig asfaltert veglengde og dermed får en moderat besparelse på 10% av opprettingsmassen, så vil dette bety at man legger 50.000 tonn mindre asfalt hvert år, en betydelig besparelse for miljøet, på rundt 3% av all asfalt produsert for vedlikehold til Statens vegvesen. På toppen av dette får man miljøgevinsten ved at vegen får økt dekkelevetid i mange tilfeller, fordi den blir jevnere etter asfaltering. Altså, man trenger å asfaltere sjeldnere.

4 Erfaringer fra pilot - Strynefjellskontrakten

Pilotkontrakten Rv15 Strynefjellsvegen, ca 60km, hvor bonussystemet ble utprøvd hadde en mengde oppretting på i overkant av 14.000 tonn. Kontraktssumen var i underkant av 30 mill. kr., landets største asfaltkontrakt i 2008.

Resultat:

Entreprenørens utgangspunkt var fra starten å gjennomføre kontrakten uten tanke for bonusen, noe han godt kunne gjøre uten konsekvenser eller økt risiko. Han fattet imidlertid interesse for å prøve å strekke seg etter bonusene i starten, og det utviklet seg etter hvert stor interesse for dette systemet og i å gjøre en ekstra innsats for kvaliteten på utførelsen i hele hans organisasjon! (ref. innlegg av entreprenøren på dekkekonferansen 2008).

Man fikk en besparelse på ca 11% av mengden opprettingsmasse, ca 1500 tonn asfalt er spart. Dette ga en netto besparelse i asfalt som man da ”lar være å produsere&kjøpe”, på ca 1.050.000,- pluss moms. Man fikk denne besparelsen ved å gi entreprenøren 370.000,- ekstra i økt enhetspris for å ha spart masse. Bonus-1 (se ovenfor) ga isolert sett altså et betydelig ”overskudd” for byggherren.

Total bonus for jevnhet Bonus-2 (se ovenfor) var satt til ca 1 mill. kr totalt på denne kontrakten. Entreprenøren greide nesten full uttelling: 922.000,- i bonus for jevnhet. Dette betyr en meget jevn veg, et nivå på håndverket som man sjelden ser i vanlige asfaltkontrakter.

Som konklusjon fikk entreprenøren en total bonusutbetaling på 1.292.000,- som kun kostet byggherren netto 242.000,-. Systemet var dermed nesten selvfinansierende før man tar i betraktning de øvrige besparelsene, som utgjør langt større beløp for vegholder. Man oppnådde en kvalitet som man meget sjelden ser konsekvent på så store asfaltarbeider.

Både entreprenør og byggherre var meget godt fornøyd etter avslutning av kontrakten (ref. innlegg av begge på dekkekonferansen 2008).

6.6 **Norsk indlæg på møde**

Statens vegvesen

8. juni 2009

Kandidat til forskerkonkurransen: Asfalt bonuskontrakt 2008 Rv15 – Strynefjell

Dekkeprosjektet

Veg- og trafikkavdelingen, Region øst

Torgrim Dahl / Rolf Johansen

Forskerkonkurransen 2009 - norsk kandidat

- Kandidaten
- Utfordringen og idéen
- Løsningen - utvikling av ny kontrakt
- Resultatet

Statens vegvesen

Kandidat: Rolf Johansen

Kommer opprinnelig fra FoU-fagmiljøet for overbygning/dekker ved det norske Veglaboratoriet på 1980-tallet.

Har arbeidet i konsulentbransjen med vegteknolgi og utvikling av vegnormaler og standard kontraktspesifikasjoner i Afrika (Norconsult) og Norge (ViaNova).

Kom tilbake til Statens vegvesen i 2007 hvor han nå arbeider i Dekkeprosjektet i Region øst.

Statens vegvesen

Bakgrunn

30-40 % av asfalten som Statens vegvesen kjøper, går til oppretting før dekket legges !

Byggelederen anslår kontraktsmengdene i konkurransegrunnlaget etter beste evne for hver delstrekning.

Statens vegvesen

Grunner for oppretting før dekkelegging

- Bedring av bæreevne (øke styrken)
- Oppretting av hjulspor
- Bedring av jevnhet (komfort)

Mulig å lage en bonusordning for å optimalisere forbruket ?

Statens vegvesen

Byggelederne erfarer at ……:

- God utnyttelse av opprettingsmassene krever mye oppfølgingsarbeid og er vanskelig i alle tilfelle.
- All masse – og gjerne litt til ! – medgår uansett angitt mengde i kontrakten.
  Entreprenørene ***"vil ha tonnene sine" og har ikke incentiver til å optimalisere forbruket.***

Sammenfallende interesser ?

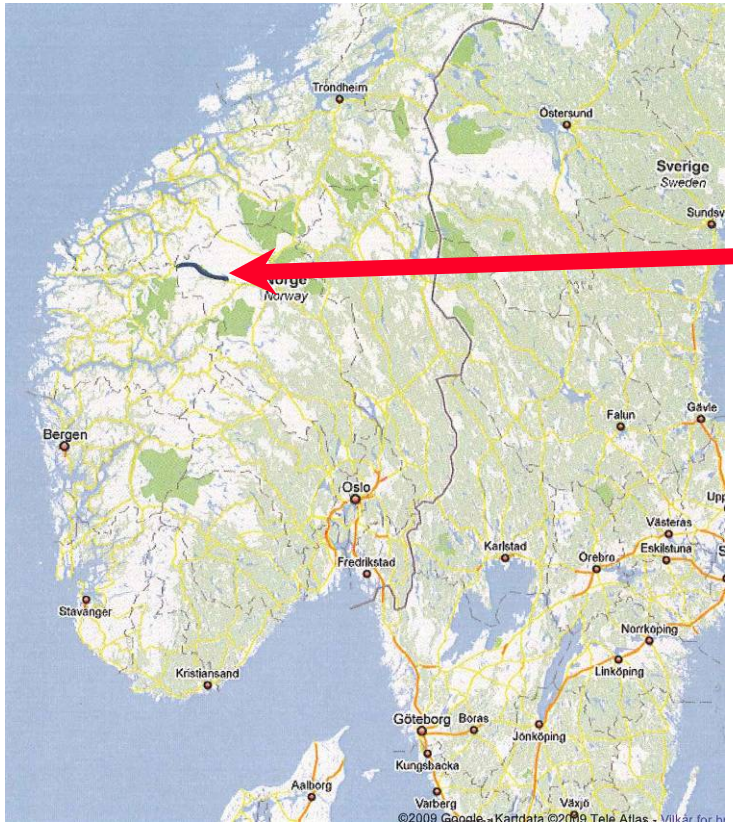
Entreprenør ⟷ Byggherre

Hvordan <u>SKAPE</u> sammenfallende interesser gjennom kontrakten?

<u>Begge parter</u> må "tjene på" at resultatet blir bra (for vegbruker/samfunn)!

Statens vegvesen

Rv15-Strynefjell – forsøker her



Statens vegvesen

Rv15 - Strynefjell

Norges største asfaltkontrakt i 2008, lengde ca. 60 km.

39.000 tonn asfalt, hvorav noe over 14.000 tonn til oppretting.

Kontrakten:

Vi lar entreprenøren bestemme:
- **HVOR opprettingen skal gjøres, og**
- **HVOR MYE på hvert sted.**

Statens vegvesen

Kontrakten

- **Kontrakten er ellers som en vanlig reseptbasert asfaltkontrakt. Alle krav i kontrakten gjelder på vanlig måte.**
- **<u>Ingen</u> nye krav!**
- **<u>Ingen</u> skjerpede krav!**
- **<u>Ingen</u> økt risiko for entreprenøren!**

Statens vegvesen

Prinsipp - bonus

To bonusordninger, samtidig:

Bonus 1: Entreprenøren får bonus for lavere forbruk av opprettingsmasse enn kontrakts-mengden: Påslag i enhetsprisen, økende ved minkende forbruk.

Bonus 2: Entreprenøren får bonus for bedre intialjevnhet enn kontraktens krav. Kjent "prisliste" i konkurransegrunnlaget.

NB! Det er et svært viktig prinsipp at bonusene "arbeider mot hverandre" slik at entreprenøren må optimalisere masseforbruket!

Statens vegvesen

Bonus1 for mindre-forbruk

Øket besparelse gir økt tillegg i enhetsprisen.

Tillegg fra første sparte tonn på delstrekningen!

Eksempel:
30% spart masse gir ca. 900.000,- bonus.

$$M = \frac{\text{Forbrukt opprettingsmengde på kontraktspunktet}}{\text{Mengde i Strekningsliste og mengdefortegnelse}}$$

Mengdefaktor M			Tillegg på tilbudt enhetspris
Mindre enn	Til og med		kr/tonn
1,00	0,98		4,-
0,98	0,96		10,-
0,96	0,94		20,-
0,94	0,92		25,-
0,92	0,90		30,-
0,90	0,88		35,-
0,88	0,86		40,-
0,86	0,84		45,-
0,84	0,82		50,-
0,82	0,80		55,-
0,80	0,78		60,-
0,78	0,76		65,-
0,76	0,74		70,-
0,74	0,72		75,-
0,72	0,70		80,-
0,70	0,68		85,-
0,68	0,66		90,-
0,66	0,64		95,-
	0,62		100,-
			105,-
			110,-

Statens vegvesen

Bonus2 for god jevnhet

- **BONUS for å oppnå betydelig bedre initial-jevnhet enn kontraktens krav.**
- **Forskjellig ”pris” for hver kilometer-strekning, avhengig av jevnhet før asfaltering. (svært ujevn veg FØR asfaltering gir høy bonus)**
- **Max mulig total bonus for JEVNHET på denne kontrakten: Ca. 1.000.000,-**

Statens vegvesen

Bonus2 for god jevnhet

Utklipp fra konkurranse-grunnlaget:

Omtrent innenfor kontrakts-punkt nr.	Veg	nr.	Sted	HP	Fra KM	Til KM	Lengde [km]	Bonus for IRI-verdi 2,2 eller lavere, Total 324 000,- [kr.]	+	Ekstra bonus for IRI 1,9 eller lavere Total 681 000,- [kr.]	=	Mulig maksimal bonus for IRI Total 1 005 000,- [kr.]
PK101A	RV	15	YSTERIET	5	5,358	6,358	1,00	6 000,-	+	12 000,-	=	18 000,-
PK101A	RV	15		5	6,358	7,358	1,00	4 000,-	+	8 000,-	=	12 000,-
PK101A	RV	15		5	7,358	8,358	1,00	2 000,-	+	5 000,-	=	7 000,-
PK101A	RV	15		5	8,358	9,358	1,00	3 000,-	+	8 000,-	=	11 000,-
PK101A	RV	15		5	9,358	10,358	1,00	2 000,-	+	5 000,-	=	7 000,-
PK103A	RV	15	KNESTAD	5	10,358	11,358	1,00	4 000,-	+	8 000,-	=	12 000,-
PK103A	RV	15		5	11,358	12,358	1,00	0,-	+	2 000,-	=	2 000,-

Strekningsvis ”prisliste” for jevnhets-bonus:

- **To-trinns bonus *(”meget bra* IRI<2,2 og *”eksepsjonelt” IRI<1,9).*** Kravet i kontrakten er 2,5
- **Ujevne strekninger gir høy bonus, jevne gir nesten null i bonus.**

Statens vegvesen

Hvordan gikk det så på Norges største asfaltkontrakt i 2008? (1)

- **Spart betydelig mengde asfalt, 1500 tonn** til oppretting (11% i forhold til anslag i prøvekontrakten) **....det vil si betydelig miljøbesparelse.**

- **Uvanlig god** jevnhet på ferdig dekke !
  7 1000-metere IRI 1,9-2,5
  53 1000-metere bedre enn IRI 1,9

Statens vegvesen

Hvordan gikk det så på Norges største asfaltkontrakt i 2008? (2)

- **Entreprenøren fikk ca. 1.350.000,- kr. i bonus,** (hvorav 900.000,- for jevnhet og 450.000,- for mengdebesparelse)**.**
  Svært motiverende for entreprenøren!

- **Vegesenet sparer hele omsetningen av redusert mengde, inkl. produktets store innsatsfaktorer som entreprenøren ikke har særlig glede av….**

- **Netto kostet dette ca 300.000,- for Svv. Det vil si nesten ”selvfinansierende” i dette tilfellet.**

Statens vegvesen

Entreprenøren i arbeid

Bedre jevnhet etter oppretting

- Gir reduserte kjørekostnader for vegbrukeren
- Kan gi mindre sporutvikling delvis grunnet lavere dynamisk belastning, delvis fordi mest masse legges der den trengs mest.
- Gir lengre dekkelevetid der IRI er utslagsgivende for dekkefornyelse slik det var på Strynefjell.
- Gir bedre / rimeligere vintervedlikehold.

Statens vegvesen

Ferdig lagt

Videre ? (2)

Ved å benytte bonuskontraktene der de er egnet uansett trafikkmengde, altså ved de fleste asfalteringer hvor vi gjør oppretting, kan Rø:

- **Realistisk spare 30-50 mill. pr. år selv ved en beskjeden økt dekkelevetid.**
- **La selve bonussystemet fungere nær ± selvfinansierende i kontraktene.**
- **NB!: Spare miljøet for belastningen av produksjon, transport og legging av asfalt som vi klarer oss uten!**

Statens vegvesen

Videre? (3)

Kanskje kan samme tankegang benyttes i andre sammenhenger?

.....altså at vi inspirerer til besparelser ved at vi deler på gevinsten: cash-bonus har voldsom effekt på entreprenøren!.....

Ny kontrakt med bonus ble utlyst i 2009.

Entreprenøren på Strynefjell kjøpte ny utlegger (tross rykter om investerings-stopp) og vant 2009-kontrakten også.

Statens vegvesen

Takk for oppmerksomheten!

Statens vegvesen

rolf_johansen@vegvesen.no

6.7 S: Bestämning av styvhetsmodul enligt EN 12697-26

Bestämning av styvhetsmodul enligt EN 12697–26

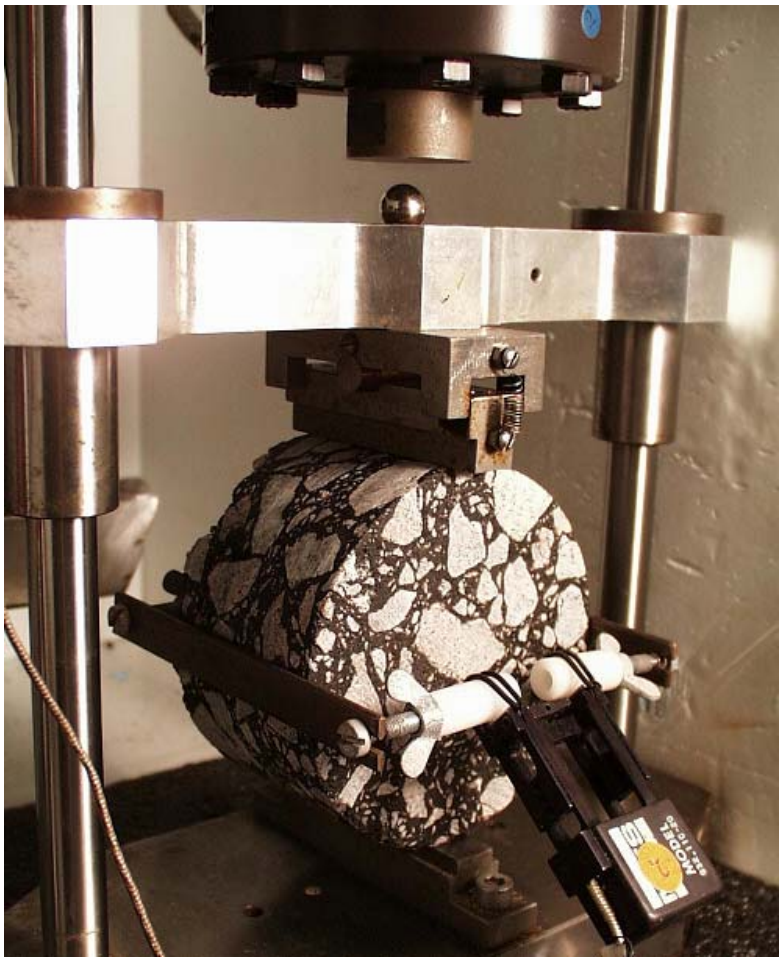
Hassan Hakim

Statens väg- och transportforskningsinstitut

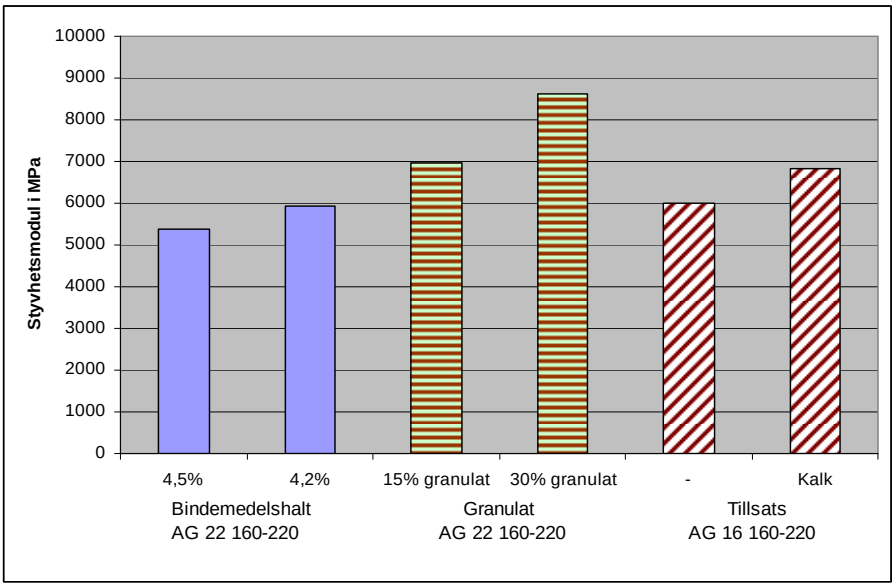
Bakgrund

Styvhetsmodul är en fundamental egenskap som beskriver lastfördelning och flexibilitetsförmåga hos asfaltbeläggningar. Denna egenskap används vid analytisk bärighetsanalys, dimensionering och proportionering. Styvhetsmodul definieras i princip genom förhållandet mellan kraft (spänning) och deformation (töjning). Styvhetsmodulen kan bestämmas med flera testmetoder bl.a. pressdragprovet som bedöms mest praktiskt för rutinprovningar. En cylinderformad provkropp belastas med en periodisk återkommande belastning på mantelytan, se figur 1. Provkroppen kan borras ur en befintlig beläggning eller tillverkas på laboratoriet.

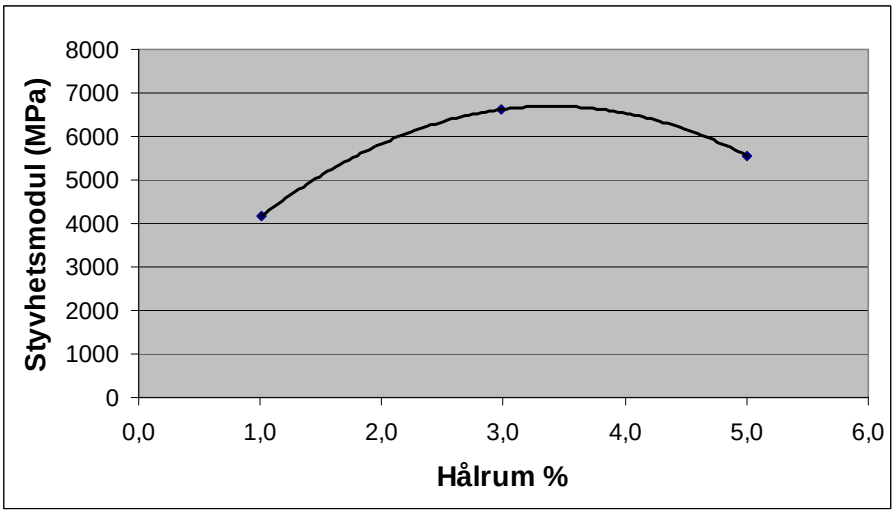
Styvhetsmodul är ett bra verktyg för att studera beläggningens beteende under olika belastningsbetingelser. Variationer i bindemedelstyp, bindemedelshalt, hålrumshalt, korngradering samt användning av tillsatser reflekteras i styvhetsmodulsvärdet. Figur 2 och 3 visar några exempel på hur bindemedelshalten, tillsatser och hålrumshalten påverkar styvhetsmodulen på AG.



Figur 1 *Borrkärna instrumenterad för pressdragprovning.*



Figur 2 *Inverkan av bindemedelshalt samt tillsats av asfaltgranulat och hydratkalk på styvhetsmodulen.*



Figur 3 *Optimering av styvhetsmodul utifrån hålrumshalten.*

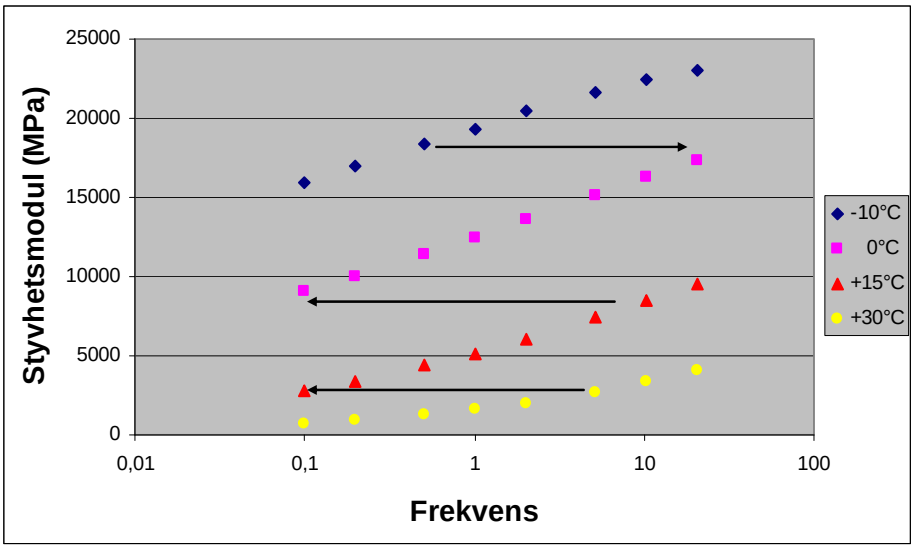
Styvhetsmodul kan användas i analytisk proportionering för att få fram en massatyp med önskade egenskaper som passar till klimat och trafikförhållandet för det aktuella objektet. Genom bestämning av styvhetsmodulen på laboratorietillverkade prov kan man optimera sin massatyp. Styvhetsmodul behövs också för analytisk dimensionering av vägöverbyggnad för att få fram bästa konstruktionen med längre livslängd. Man anpassar styvheten och tjockleken på varje lager så att man får fram den mest kostnadseffektiva konstruktionen.

Styvhetsmodulen bör bestämmas vid olika temperaturer och frekvenser, vilket ger möjlighet till en större anpassning av styvhetsmodulen för det aktuella objektet. Figur 4 visar hur en masterkurva för styvhetsmodulen kan skapas genom att flytta kurvorna till referenstemperaturen (vanligtvis 10°C). Frekvensen kan beräknas från trafikens hastighet (tunga trafiken) genom formeln på följande sida och parametern log(aT) hämtas från den infällda temperaturkurvan i figur 5. Styvhetsmodulen för en känd temperatur och hastighet kan läsas av i figur 5.

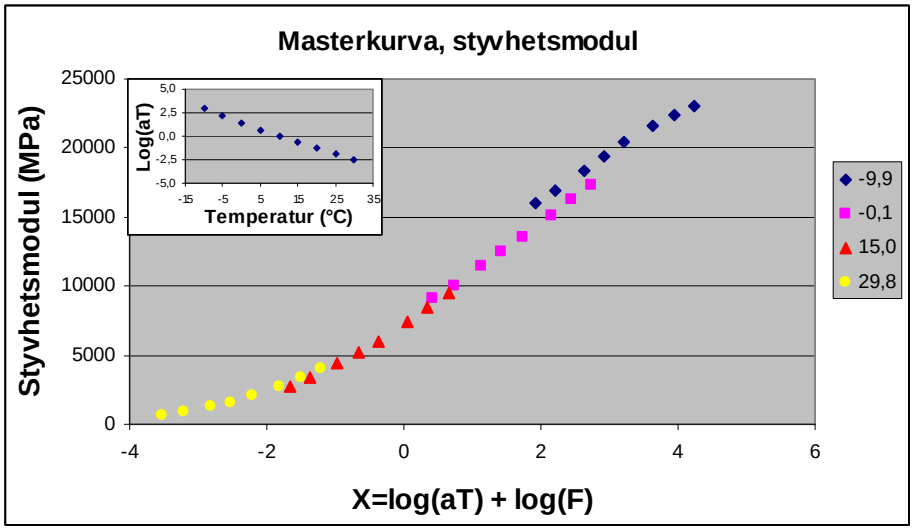
Anpassning till trafikens hastighet:

F=1/V

F	Frekvens i Hz
V	Hastighet i km/h



Figur 4 *Masterkurva skapas genom flyttning av kurvorna till referenstemperaturen.*



Figur 5 *Masterkurva för styvhetsmodul som är beroende av temperatur och frekvens.*

Granskning av kraven i EN 12697-26 Annex C

Som andra metoder måste bestämning av styvhetsmodul uppvisa en acceptabel repeterbarhet och reproducerbarhet. Av den anledningen har en jämförande undersökning påbörjats mellan några laboratorier i Sverige i syfte att studera EN-metoden för styvhetsmodulbestämning ”EN 12697-26, vägmaterial – asfaltmassor – provningsmetod för varmblandad asfalt – del 26:

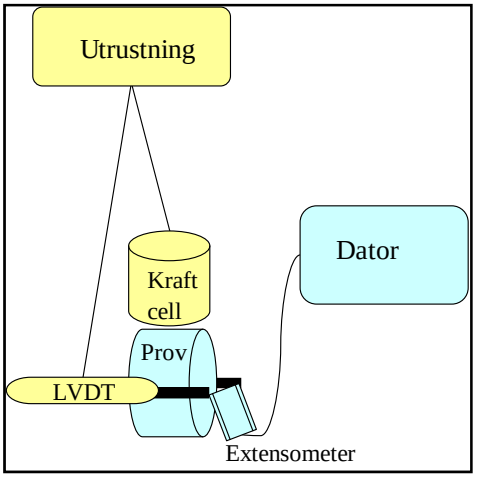
styvhet”. Följande brister som har stor betydelse för resultatet vid modulmätningar förekommer i den nuvarande metodbeskrivningen:

- Principen och noggrannheten vid deformationsmätning. Metoden definierar inte horisontell deformation som återgående deformation, i stället tas en del av plastiska deformationen med, vilket ger en lägre styvhetsmodul.
- Lastfördelningsbommar har en tolerans på ±1 mm, vilket ger ett onödigt stort fel.
- Man ska sträva efter att mäta modulen i den linjära delen av deformationsområdet, vilket metoden inte har ställt något krav på.
- Noggrannhet på 1 µm på deformationsgivare är inte tillräcklig och bör därför minskas.
- Definitionen av pålastning och avlastning ska vara tydligare. Det räcker inte att ställa krav på pålastningen.
- Effekt av provkroppens diameter bör beaktas. Metoden tillåter att provkroppar med diameter 80 till 200 mm testas.
- Korrigering av styvhetsmodulen med hänsyn till ”Load area factor” är inte relevant för alla fabrikat.

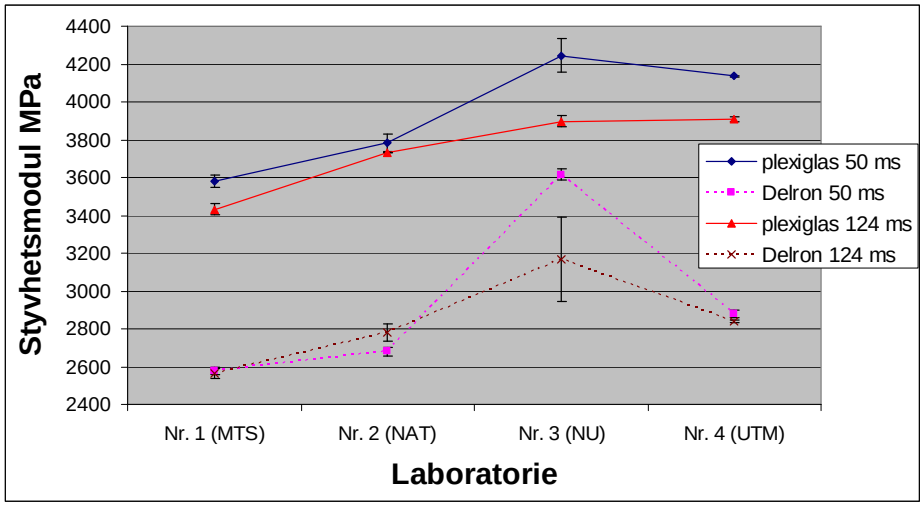
Mätning av deformationen är den väsentligaste parametern vid bestämning av styvhetsmodul. En felräkning av deformationen på 0,5 mikrometer kan leda till ca 1150 MPa skillnad i styvhetsmodul, vilket kan ge upphov till ca 9 mm:s skillnad i tjockleken av ett asfaltlager vid dimensionering av vägöverbyggnad.

Praktiska erfarenheter

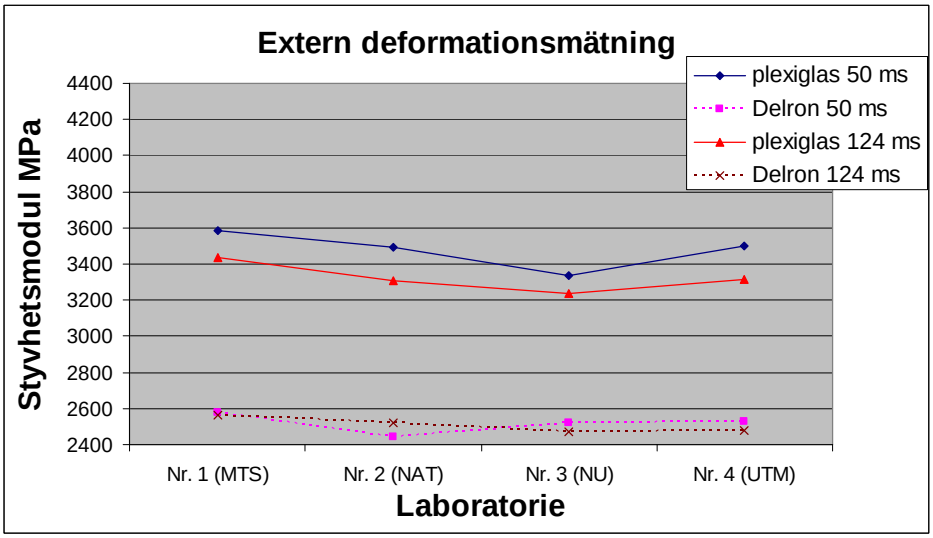
Tidigare ringanalys har visat att det finns en stor variation mellan resultat av styvhetsmodul bestämd i olika laboratorier med olika utrustningar (MTS, NAT, NU och UTM) . Därför är det viktigt att kartlägga parametrar som kan påverka spridningen i resultaten. I ett pågående projekt har undersökning av några parametrar med hjälp av extern utrustning utförts (se figur 6). Undersökningen visar att noggrann mätning av deformation är den viktigaste parametern. Belastningstid och pulsens form är andra faktorer som påverkar styvheten. Figur 7 visar styvhetsmodulen på två olika dummyprovkroppar bestämda med olika utrustningar och figur 8 visar styvhetsmodulen beräknad med avseende på extern mätning av deformationen. Trolig orsak till skillnaderna mellan laboratorierna kan vara att deformationen mäts med bättre noggrannhet med den externa givaren.



Figur 6 *Principskiss över extern utrustning.*



Figur 7 *Styvhetsmodul bestämd vid olika laboratorier och olika belastningstider på dummyprovkroppar.*



Figur 8 *Styvhetsmodul beräknad genom extern mätning av deformationen.*

Slutsatser

- Bestämning av styvhetsmodul är en känslig metod som kräver väldefinierad utrustning, tydlig metodbeskrivning och noggrant handhavande vid provningen, men har fördelen att små variationer i asfaltprovet eller vid provningen kan ha en stor effekt på styvhetsmodulen, t.ex. materialsammansättning, åldring, temperatur och belastningsförfarande för simulering av fältförhållanden.
- Det konstaterades i denna undersökning att deformationsmätningen vid provningen är en huvudorsak till de variationer som konstaterades mellan de olika laboratorierna.
- EN-standarden bör förfinas för att nå en accepterad reproducerbarhet. Vilken del av deformationen som beaktas vid beräkning av styvhetsmodul måste förtydligas och högre noggrannhet vid deformationsmätning behövs.
- Båda hydrauliska och pneumatiska system kan ge likvärdiga resultat om metoden förfinas.

6.8 **Svensk indlæg på møde**

vti

FINDING A BETTER WAY

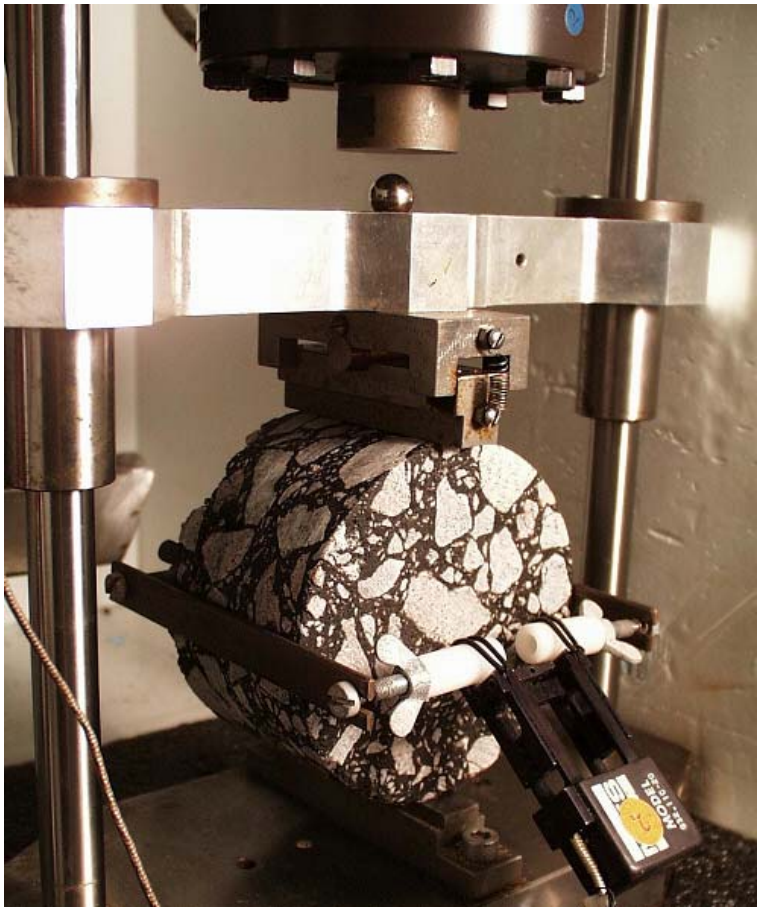
Bestämning av styvhetsmodul enligt EN 12697–26 Annex C

Hassan Hakim

NVF 2009

SØnderborg

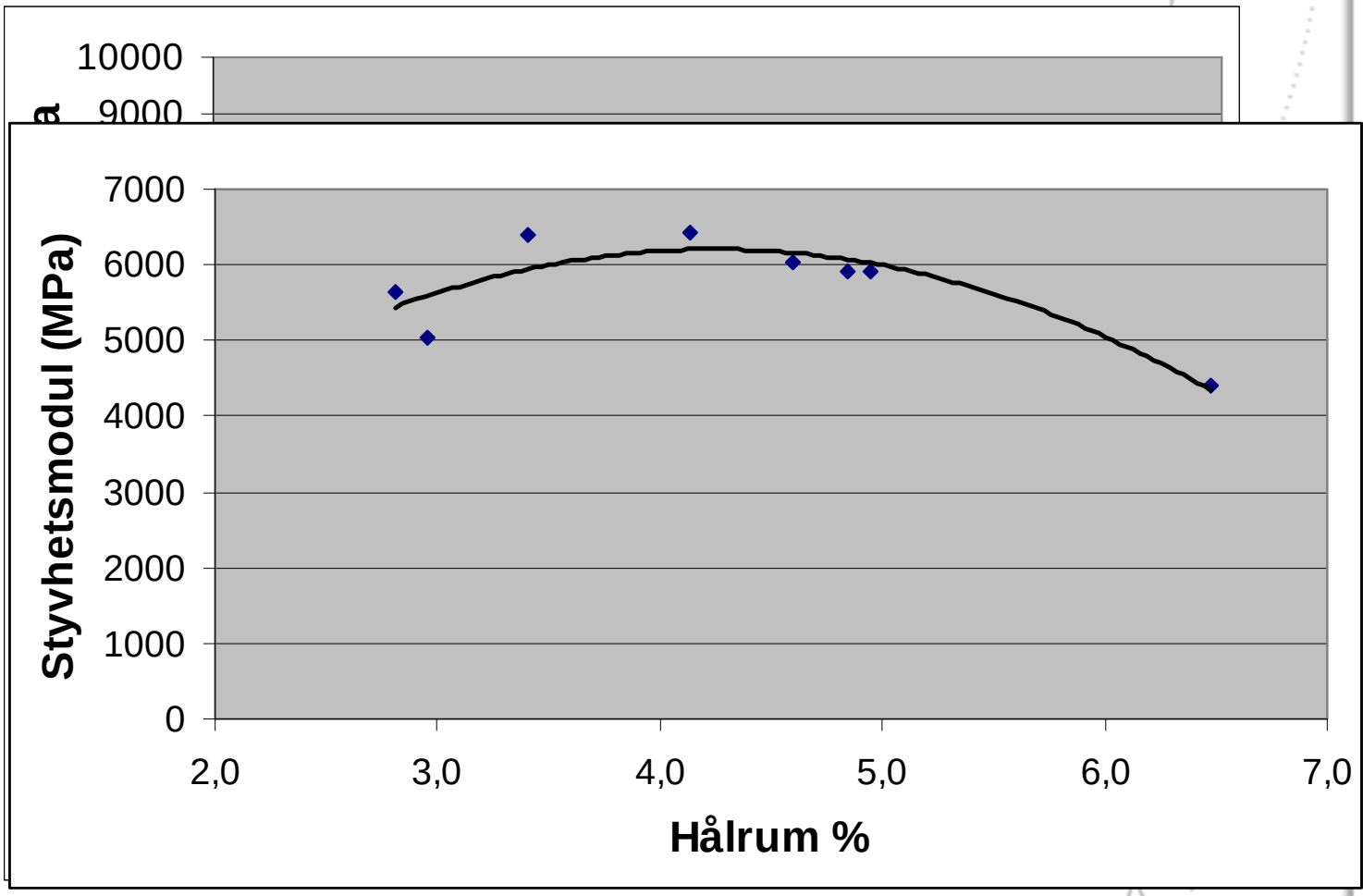
Definition av styvhetsmodul



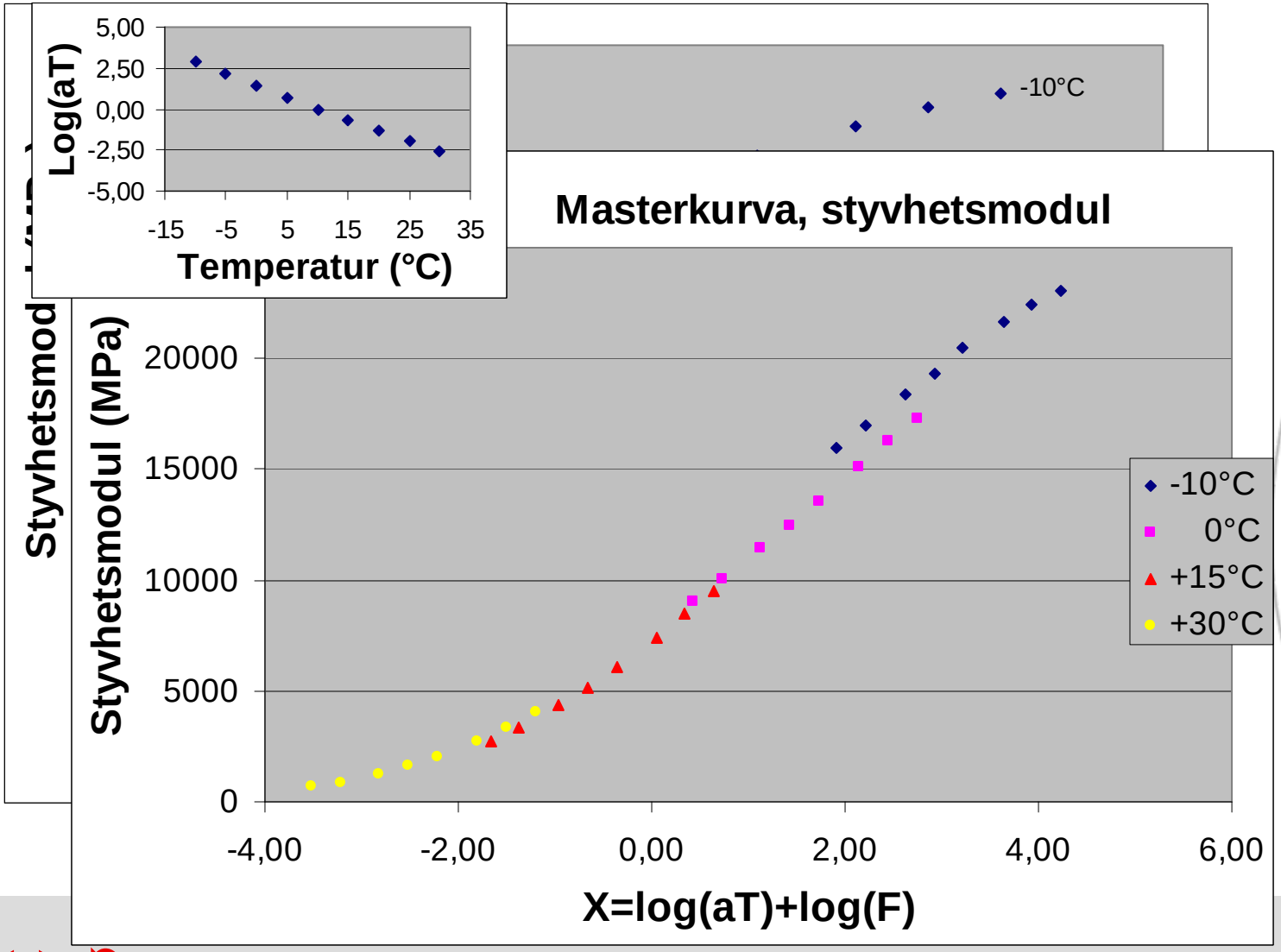
$$\text{Styvhetsmodul} = f\left(\frac{\text{Kraft (spänning)}}{\text{Deformation (töjning)}}\right)$$

Hur kan styvhetsmodulen påverkas, Proportionering

- Bindemedelshalt
- Bindemedelstyp
- Korngradering
- Hålrumshalt
- Tillsatser

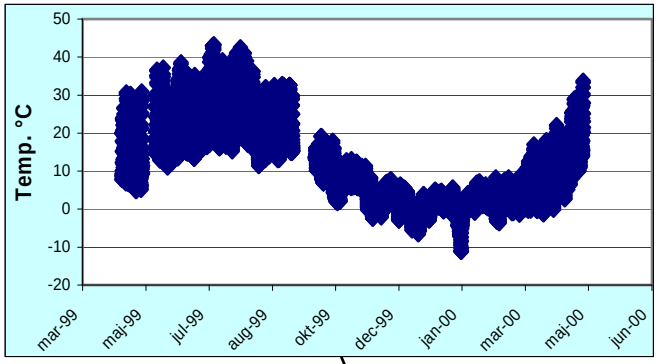


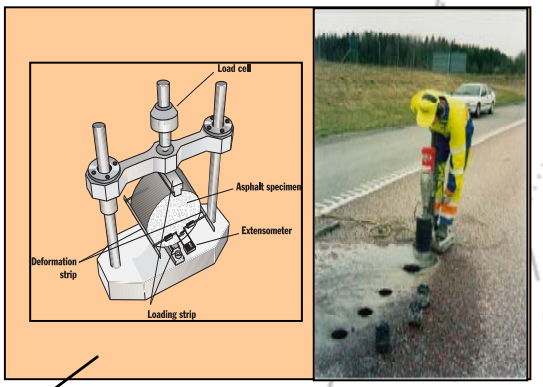
Styvhetsmodulens variation m.h.t. temperatur och trafikhastighet



Användningsområden

t.ex. dimensionering av vägöverbyggnad





												Total ESAL
Temperatur i bärlager °C			-8	-3	2	7	12	17	22	27	32	37	
Antal dagar/år			1	16	107	66	41	47	53	26	7	1	
Styvhets-modul (MPa)	Slitlager		16281	11589	8248	5871	4179	2974	2117	1507	1073	763	
	Bindlager		29626	22168	16588	12412	9287	6949	5200	3891	2911	2179	
	Bärlager		25900	18700	13500	9800	7000	5100	3700	2700	1900	1400	
Töjning µm/m			23	29	42	53	64	79	96	114	135	155	
ESAL		5,9E+07	5,5E+07	3,1E+07	2,8E+07	3,1E+07	3,1E+07	3,2E+07	3,6E+07	4,4E+07	5,4E+07		
Delskada ESAL		1,7E-08	2,9E-07	3,4E-06	2,3E-06	1,3E-06	1,5E-06	1,6E-06	7,2E-07	1,6E-07	1,8E-08	**3,2E+07**	

PMS Objekt

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

Krav; Antal N_{100}, X år

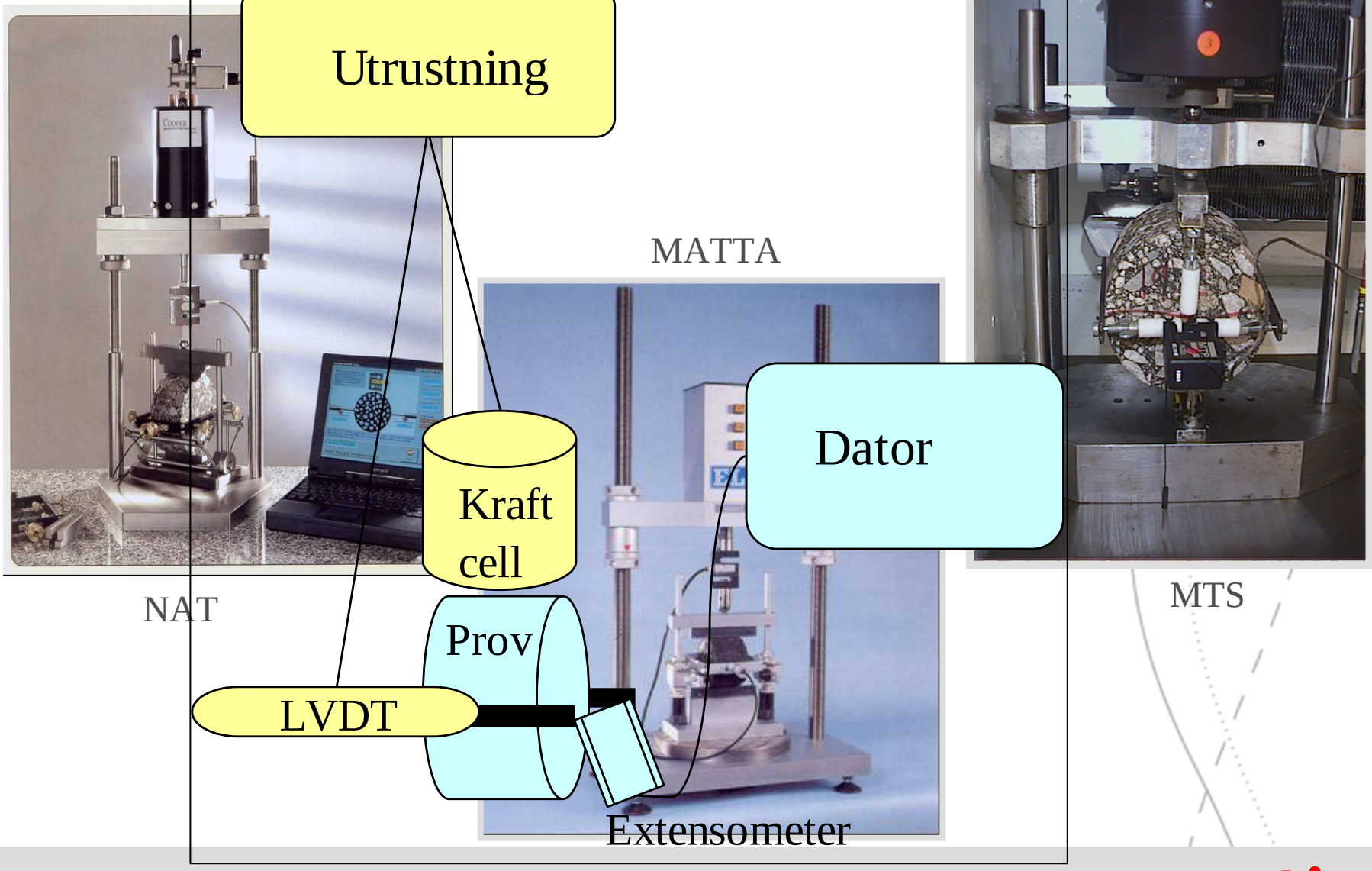
Vad är problemet?

- Ringanalyser har visat stor spridning i resultaten
- CEN standard - begränsningar
- Tillgång till rådata saknas i en del utrustningar
- Mjukvaran – svarta lådan

Granskning av kraven i EN 12697-26 Annex C

- Principen vid deformationsmätning
- Lastfördelningsbommarnas tolerans på ±1 mm
- Betydelsen av deformationsstorlek
- Noggrannhet på deformationsgivare
- Definitionen av pålastning och avlastning
- Effekt av provkroppens diameter bör beaktas
- Korrigering av styvhetsmodulen med hänsyn till ”Load area factor”

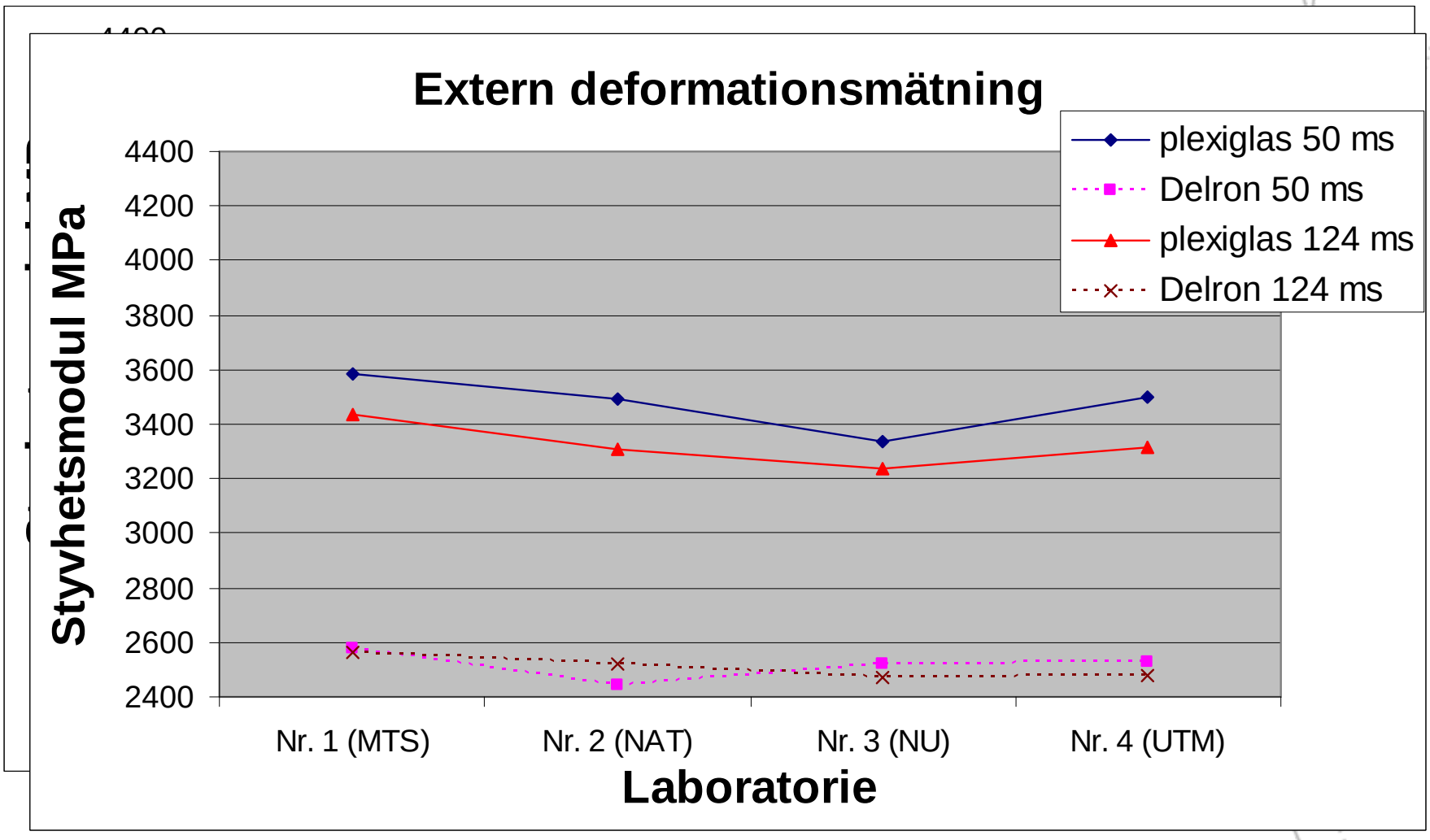
Mätning med olika utrustning



Granskning av kraven i EN 12697-26 Annex C

- Principen vid deformationsmätning
- Lastfördelningsbommarnas tolerans på ±1 mm
- Betydelsen av deformationsstorlek
- Noggrannhet på deformationsgivare
- Definitionen av pålastning och avlastning
- Effekt av provkroppens diameter bör beaktas
- Korrigering av styvhetsmodulen med hänsyn till ”Load area factor”

Mätresultat från olika utrustningar



Slutsatser

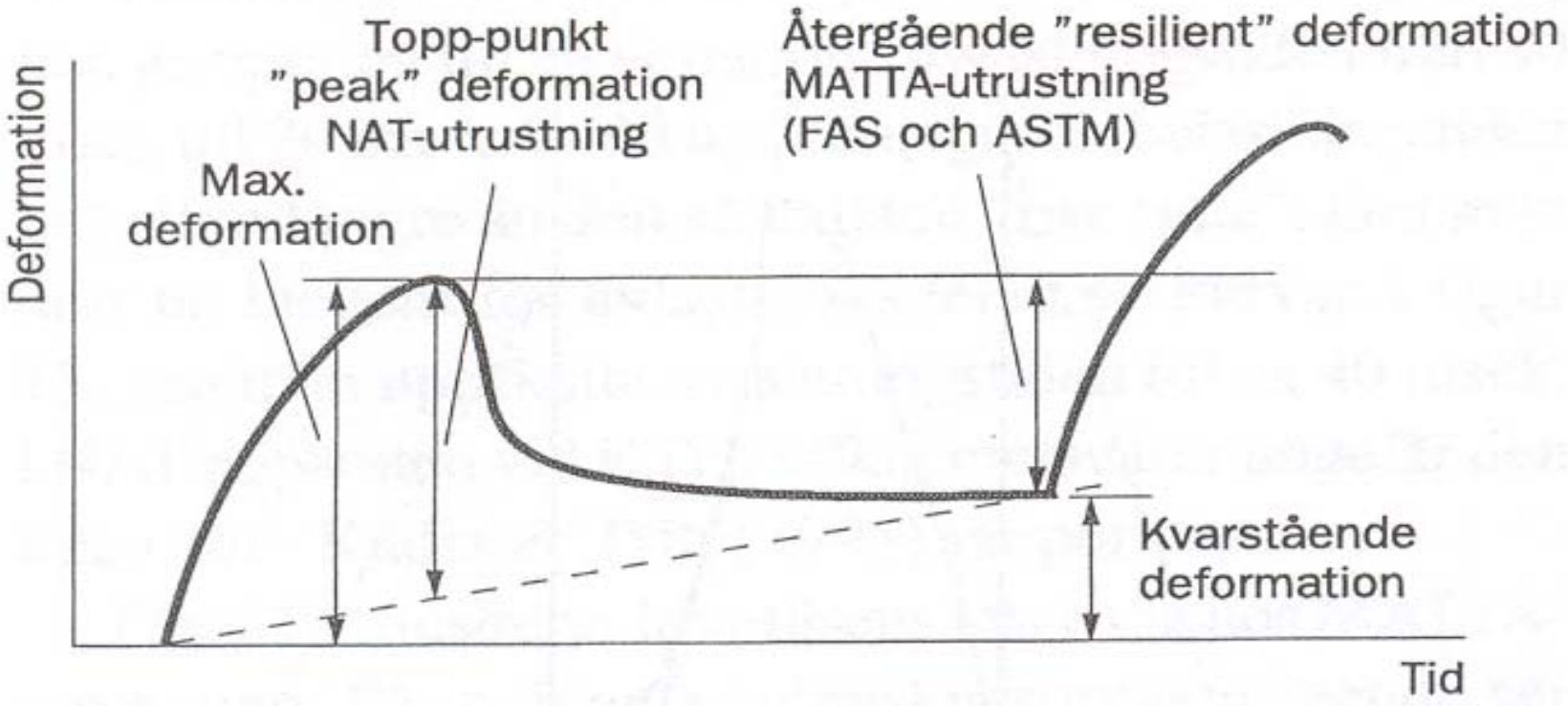
- Bestämning av styvhetsmodul kräver väldefinierad utrustning, tydlig metodbeskrivning och noggrant handhavande vid provningen
- EN-standarden bör förfinas
- Deformationsmätningen är en huvudorsak till variationer i denna undersökning
- Små variationer i asfaltprovet eller vid provningen kan ha en stor effekt på styvhetsmodulen
- Hydrauliska och pneumatiska system kan ge likvärdiga resultat

Tack för mig

hassan.hakim@vti.se

WWW.VTI.se

Principen vid deformationsmätning

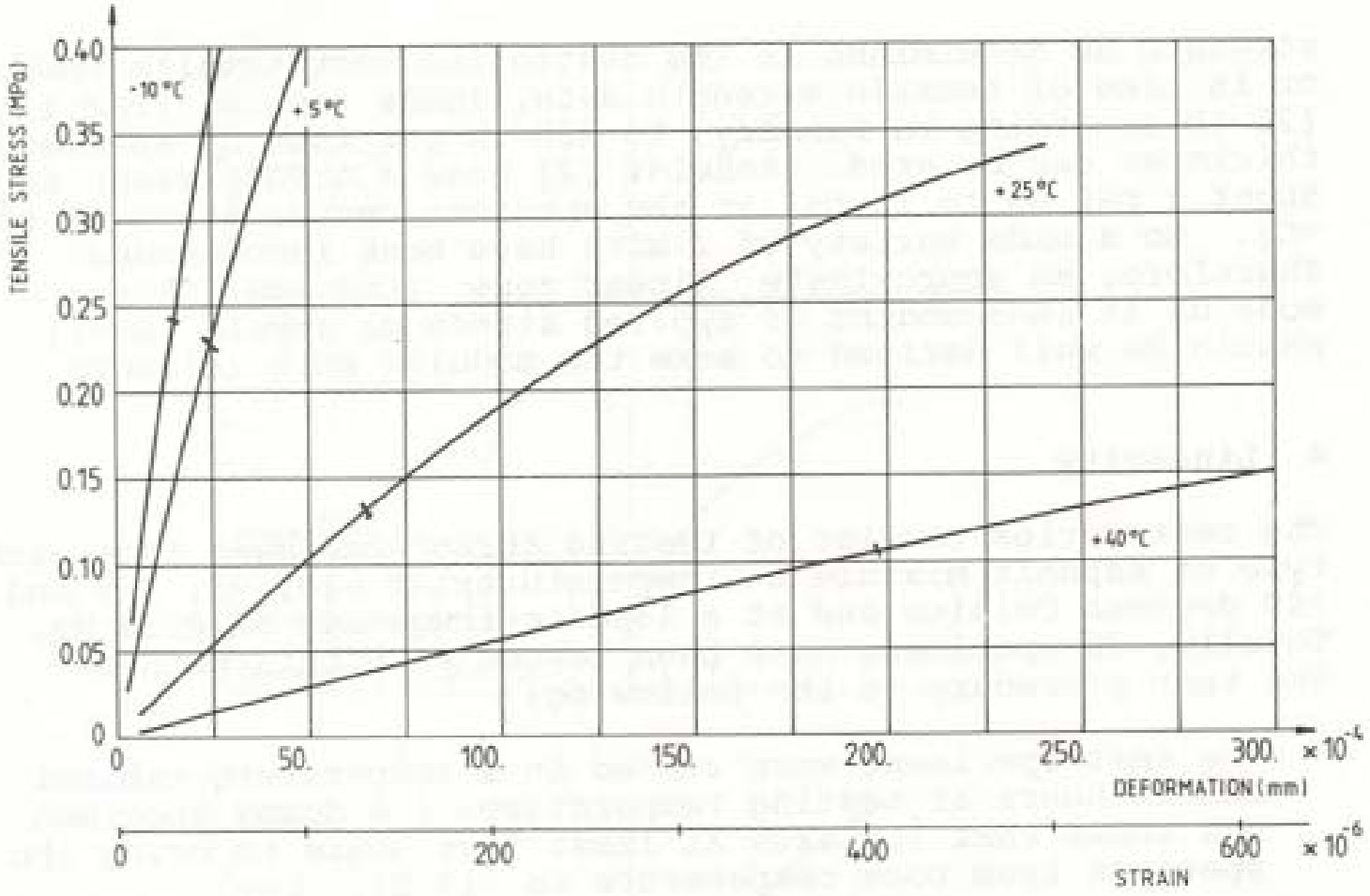


Lastfördelningsbommarnas tolerans

Provkroppens nominella diameter mm	Spänning vid olika bredd på lastfördelningsbom (12±1) MPa		Variation i spänning %
	13 mm	11 mm	
100	6,2	7,3	17

Ändring av toleransen från 1 mm to 0,1 mm resulterar i 1,7% i stället of 17% ändring i spänning

Betydelsen av deformationsstorlek

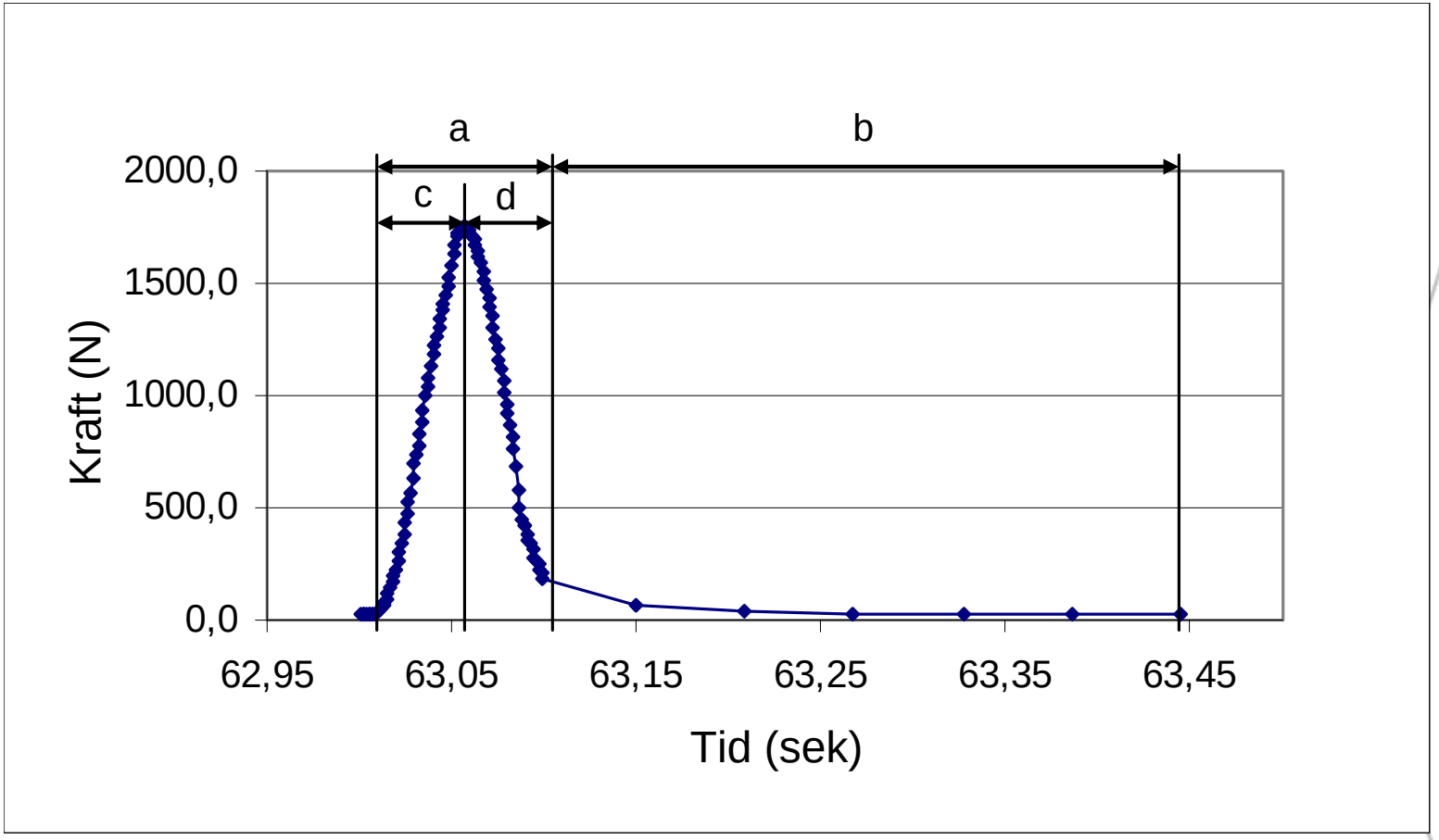


Noggrannhet på deformationsgivare

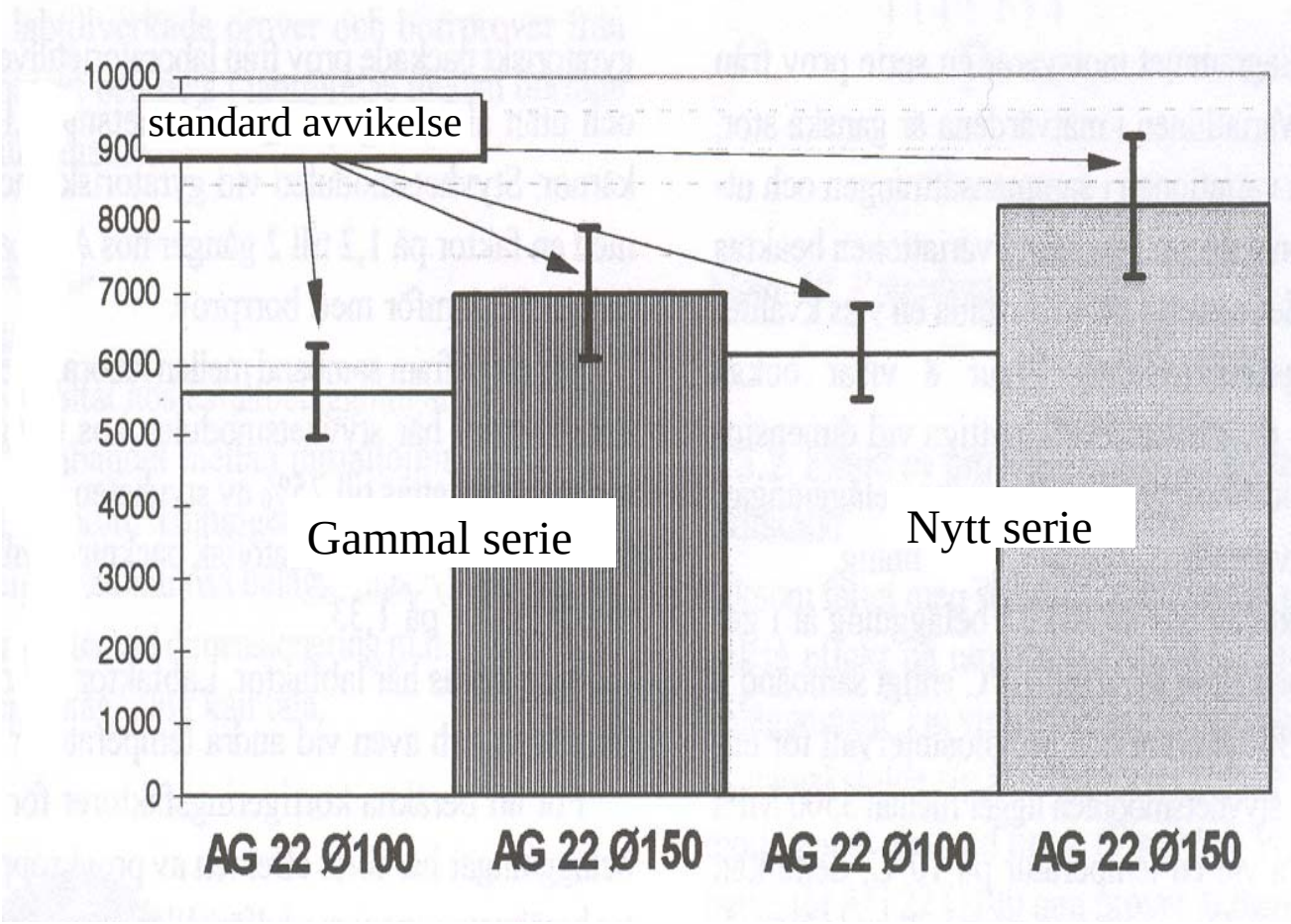
Temperatur, °C	Horizontal deformation, µm	Maximum fel (EN standard ±1 µm), %	Maximum fel (±0.2 µm), %
-5	2	50	**10**
+10	4	25	**5**

Ändring av noggrannhetskrav till 0,2 µm minskar felet

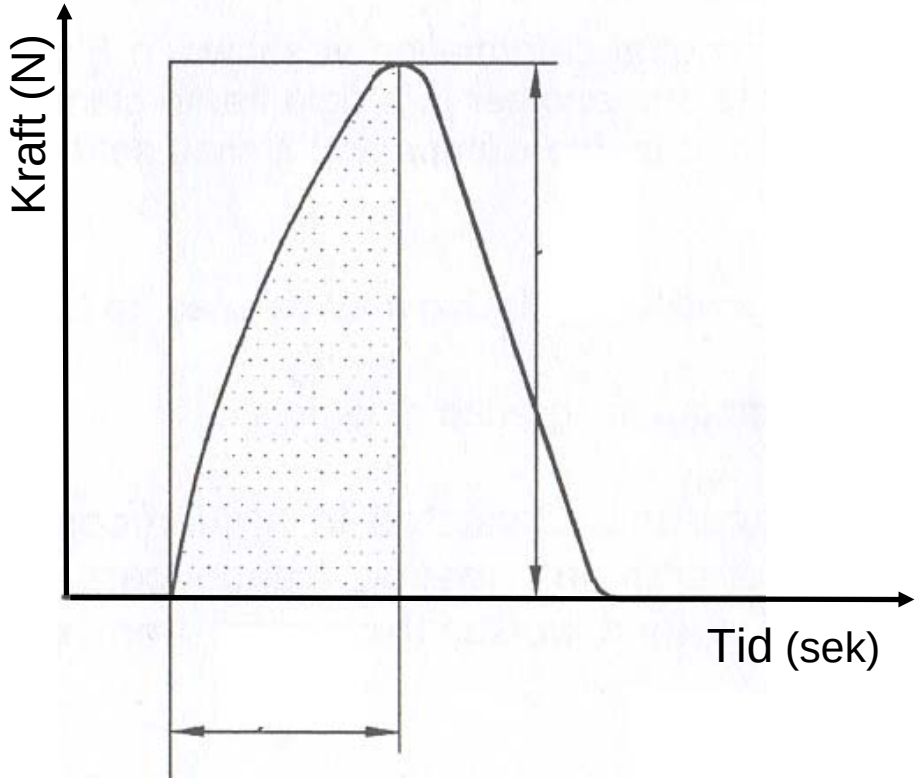
Definitionen av pålastning och avlastning



Effekt av provkroppens diameter bör beaktas



Korrigering av styvhetsmodulen med hänsyn till ”Load area factor”



“Load area factor”, andel skuggad area av rektangel area,

är relaterad till olika fabrikat och bör tas bort från standarden

Bilag

1. **Mødeprogram for forbundsudvalgsmøde d. 8. juni 2009**

Forbundsudvalgsmøde d. 8. juni 2009

09.00	Åbning af mødet v. Lotte Regel Josephsen	
09.15	**Forskerkonkurrencen** – præsentation af FoU-projekterne landsvis	
	Introduktion v. Bo Wamsler	5 min
	FoU-projekt Danmark	20 min
	FoU-projekt Norge	20 min
	FoU-projekt Finland	20 min
	FoU-projekt Sverige	20 min
10.45	Kaffe	
11.00	Hovedemne; **Miljøtilpassede belægninger** German experience in using WMA by Lothar Drüschner	
12.00	Frokost og afstemning	
13.00	Hovedemne fortsat – mødeleder Lars Forstén	
	Hvert land præsenterer kort aktuel ”state of the art” for landet max. 10 min pr. land Sverige, Norge, Island, Danmark og Finland Lars Forstén præsenterer de spørgsmål, der skal besvares i gruppearbejdet	
	Gruppearbejde og kaffe	45 min
	Præsentation og diskussion af gruppernes besvarelser	45 min
15.45	Afslutning og information	
16.00	Afgang til ”Brøggeriet”	

2. Deltagerliste

Land	Deltager	Ledsager	Firma	e-post-adresse
Danmark	Bo Wamsler		Vejdirektoratet	bow@vd.dk
Danmark	Peter Andersen		Vejdirektoratet	pja@vd.dk
Danmark	Svend Toft		Vejdirektoratet	svt@vd.dk
Danmark	Lars Ladehoff		Colas	lars.ladehoff@colas.dk
Danmark	Ernst Nielsen		Vejdirektoratet	en@vd.dk
Danmark	Tina Jacobsen		Rambøll	tja@ramboll.dk
Danmark	Bjarne Bo Jensen	Lisbet Juul	NCC	bbj@ncc.dk
Danmark	Lotte Josephsen		LMK VEJ	ljo@lmkvej.dk
Danmark	Svend Petersen	Jytte Gellert Petersen	COWI	svpe@cowi.dk
Danmark	Jørgen Pedersen		COWI	jgp@cowi.dk
Danmark	Finn Jensen	Charlotte Tychsen	DOB I/S	fj@dob.dk
Danmark	Jens Ove Mortensen	Susanne Mortensen	Arkil	jom@arkil.dk
Danmark	Anders Johansen (FoU)	Tine Johansen	NCC	ajh@ncc.dk
Danmark	Dan Marquart	Dorte Marquart	LMK VEJ	dma@lmkvej.dk
Danmark	Anders Hundahl		Asfaltindustrien, direktør	
Danmark	Marianne Würtz		COWI	mawz@cowi.dk
Sverige	Sven Fahlstrøm	Gunilla Fahlstrøm	Nynäs	sven.fahlstrom@nynas.com
Sverige	Henrik Sjöholm		Skanska	henrik.sjoholm@skanska.se
Sverige	Per Centrell		Rambøll	per.centrell@ramboll.se
Sverige	Åke Sandin	Gunvor Sandin	Gatubolaget, Teknisk Service	ake.sandin@tk.goteborg.se
Sverige	Thorsten Nordgren	Sol-Britt Nordgren	Vägverket	thorsten.nordgren@vv.se
Sverige	Björn Kalman	Lotta Kalman	VTI	bjorn.kalman@vti.se
Sverige	Håkan Hakeröd	Pernilla Hakeröd	NCC	hakan.hakerod@ncc.se
Sverige	Mansour Ahadi		Svevia	mansour.ahadi@svevia.se
Sverige	Torbjørn Jacobsen	Britt-Louise Carlehed	Vägverket	torbjorn.jacobson@vv.se
Sverige	Kristina Göransson Rudberg	Martin Rudberg	Vägverket	kristina.g-rudberg@vv.se
Sverige	Hassan Hakim (FoU)	Zahra-Susanne Ghomashi	VTI	hassan.hakim@vti.se
Danmark	Morten Friis Jørgensen		Journalist	
Norge	Bjørn Ove Lerfald		Sintef	bjorn.o.lerfald@sintef.no
Norge	Øyvind Moen		Veidekke	oyvind.moen@veidekke.no
Norge	Torgrim Dahl	Berit Hvoslef Dahl	Statens Vegvesen	torgrim.dahl@vegvesen.no
Norge	Jostein Aksnes	Eli Krokstad	Statens Vegvesen	jostein.aksnes@vegvesen.no
Norge	Thor Asbjørn Lunass		Statens Vegvesen	thor.lunaas@vegvesen.no
Norge	Eivind Olav Andersen	May Eli Vatn Kristiansen	Veidekke	eivind.andersen@veidekke.no
Norge	Torleif Terum		NCC	torleif.terum@ncc.no
Norge	Eirik Wulvik		Asfaltteknisk Institutt	eirik@asfaltteknisk.no
Finland	Jarkko Valtonen		Helsikni University of Technology - TKK	jarkko.valtonen@tkk.fi
Finland	Tero Ahokas	Tarja Varjus	Tiehallinto - Finish Road Administration	tero.ahokas@tiehallinto.fi
Finland	Timo Blomberg	Tarja Blomberg	Nynas	timo.blomberg@nynas.com
Finland	Lars Forstén	Karola Forstén	Lemminkäinen	lars.forsten@lemminkainen.fi
Finland	Harri Spoof		Pöyry	harri.spoof@poyry.com
Finland	Kyösti Laukkanen		VTT Technical Research Centre	Kyosti.Laukkanen@vtt.fi
Finland	Pertti Peltomaa		NCC	pertti.peltomaa@ncc.fi
Finland	Pekka Isoniemi	Jaana Kekäläinen	City of Helsinki	pekka.isoniemi@hel.fi
Finland	Pekka Mild (FoU)			
Færøerne	Torkil Olsen	Ann Haraldsen	Landsverk	to@lv.fo
Island	Lars Peter Jensen		Colas	Lars@colas.is
Island	Halldór Torfason	Védis Stefánsdóttir	Malbikunarstöðin HÖFÐI hf	halldort@malbik.is
Island	Pétur Pétursson	Dóra Bjørnsdóttir	Innovtion Centre Island	petur.p@nmi.is
Island	Ingvi Árnason	Ása Helga Halldórsdóttir	Vegagerdin - The Icelandic Road Administration	ia@vegagerdin.is
Island	Baldur Einarsson	Steinunn Knúdsdóttir	Malbikunarstöðin HÖFÐI hf	baldur@malbik.is
Island	Sigursteinn Hjartarson		Vegagerdin - The Icelandic Road Administration	sigursteinn.hjartarson@vegagerdin.is
Tyskland	Lothar Drüeschner			Drueschner@deutag.de
Danmark	Erik Lauritzen		Sønderborg Kommune, Formand for teknik og miljøudvalg	
Danmark	Kristian Pallesen		Sønderborg Kommune, Informationschef	kpal@sonderborg.dk

3. Gruppesammensætning

Gruppe 1

Land	Deltager
Danmark	Ernst Nielsen
Danmark	Svend Petersen
Danmark	Dan Marquart
Sverige	Sven Fahlstrøm
Sverige	Björn Kalman
Norge	Bjørn Ove Lerfald
Finland	Harri Spoof
Island	Lars Peter Jensen

Gruppe 2

Danmark	Peter Andersen
Danmark	Peter Trols Fenger
Sverige	Henrik Sjöholm
Sverige	Torbjørn Jacobsen
Norge	Thor Asbjørn Lunass
Finland	Tero Ahokas
Finland	Pekka Mild (F&U-kandidat)
Island	Pétur Pétursson

Gruppe 3

Danmark	Anders Johansen (FoU)
Danmark	Tina Jacobsen
Sverige	Håkan Hakeröd
Sverige	Åke Sandin
Norge	Torgrim Dahl
Finland	Lars Forstén
Island	Halldór Torfason

Gruppe 4

Danmark	Bo Wamsler
Danmark	Marianne Würtz
Sverige	Per Centrell
Sverige	Kristina Göransson Rudberg
Norge	Jostein Aksnes
Norge	Eirik Wulvik
Finland	Kyösti Laukkanen
Finland	Pertti Peltomaa
Island	Ingvi Árnason

Gruppe 5

Danmark	Bjarne Bo jensen
Danmark	Finn Jensen
Sverige	Thorsten Nordgren
Sverige	Mansour Ahadi
Norge	Eivind Olav Andersen
Finland	Timo Blomberg
Finland	Pekka Isoniemi
Island	Sigursteinn Hjartarson

Gruppe 6

Danmark	Svend Toft
Danmark	Lars Ladehoff
Sverige	Hassan Hakim (FoU)
Norge	Øyvind Moen
Norge	Torleif Terum
Finland	Jarkko Valtonen
Færøerne	Torkil Olsen
Island	Baldur Einarsson
Island	Baldur Einarsson