



Utvärdering av gummiasfalt – provväg E22 Mönsterås

Etapp 1

Abubeker Ahmed
Håkan Carlsson
Thomas Lundberg

Utvärdering av gummiasfalt – provväg E22 Mönsterås

Etapp 1

Abubeker Ahmed

Håkan Carlsson

Thomas Lundberg

Författare: Abubeker Ahmed, VTI, <http://orcid.org/0000-0002-6327-4709>
Håkan Carlsson, VTI,
Thomas Lundberg, VTI, www.orcid.org/0000-0002-9893-0067
Diarienummer: 2017/0550-9.2
Publikation: VTI notat 6-2019
Omslagsbilder: Bilder från VTI:s RST-mätbil.
Utgiven av VTI, 2019

Förord

VTI har fått i uppdrag av Trafikverket att genom laboratorieundersökningar och vägytemätningar utvärdera konventionella och gummimodifierade asfaltbeläggningar på E22 Mönsterås. Projektet inleddes 2017 strax efter belägningsåtgärder hade utförts på vägavsnitten.

Torsten Nordgren har varit kontaktperson på Trafikverket för projektet.

Linköping, april 2019

Abubeker Ahmed
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Extern peer review har genomförts hösten 2018 av uppdragsgivaren Torsten Nordgren, Trafikverket och intern peer review har genomförts av Safwat Said. Abubeker Ahmed har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Björn Kalman har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 25 april 2019. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

External peer review was performed during autumn 2018 by Torsten Nordgren, Swedish Transport Administration. Internal peer review was performed by Safwat Said. Abubeker Ahmed has made alterations to the final manuscript of the report. Research director Björn Kalman examined and approved the report for publication on 25 April 2019. The conclusions and recommendations expressed are the authors' and do not necessarily reflect VTI's opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
Summary	9
1. Inledning	11
2. Laboratorieundersökningar	12
2.1. Styvhetsmodul.....	12
2.2. Skjuvmodul	14
2.2.1. Beräkning av spår djup	16
2.3. Utmattnings	16
2.4. Kommentarer	17
3. Fältmätning – vägytemätning	18
3.1. Spår djup	18
3.2. Jämnhet IRI	20
3.3. Textur MPD	21
3.4. Kommentarer	22
4. Slutsatser och förslag till fortsatt uppföljning	23
Referenser	25

Sammanfattning

Utvärdering av gummi-asfalt – provväg E22 Mönsterås, Etapp 1

av Abubeker Ahmed (VTI), Håkan Carlsson (VTI) och Thomas Lundberg (VTI)

Laboratorieundersökningar och vägytemätningar utfördes på referens- och gummi-modifierade asfaltbeläggningar på E22 Mönsterås.

Laboratorieundersökningarna visar inte några tydliga skillnader i styvhet och skjuvmodul mellan massorna. Gummi-asfalt har dock lägre fasvinkel jämfört med referens vilket betyder att gummi-asfalten är mer elastisk. Gummi-asfalten visar också lite lägre modul i låga temperaturer och lite högre modul i höga temperaturer vilket är bra för sprickbildning vid låga temperaturer respektive deformationsstabilitet. Utmattningsprovet visar att gummi-asfalt har något bättre utmattningssegenskaper men skillnaderna är inte signifikanta.

De initiala fältmätningarna visar inte på några framträdande skillnader mellan sträckorna utan mätresultaten är väldigt likvärdiga. Det är dock för tidigt att dra slutsatser efter mindre än ett års trafik och fortsatta tillståndutvecklingen bör följas ytterligare innan slutsatser kan dras. Någon skillnad i spårbildning mellan sträckorna kan inte fastställas p.g.a. systematiska variationer inom provsträckan.

Summary

Evaluation rubber modified asphalt pavement section – test road E22 Mönsterås, phase 1

by Abubeker Ahmed (VTI), Håkan Carlsson (VTI) and Thomas Lundberg (VTI)

Laboratory and field investigations have been carried out to evaluate the performance of rubber modified asphalt test road on E22 Mönsterås.

The laboratory investigations indicated that there are no significant differences in stiffness and shear modulus between the reference and rubber modified mixtures. The rubber modified mixture however showed slightly lower phase angle compared to the reference mixture which indicate that the rubber modified mixture is more elastic. The rubber modified mixtures also showed lower modulus at lower temperatures and slightly higher modulus at higher temperature which are desired properties for resistance against low temperature cracking and permanent deformation respectively. The fatigue tests indicated that the rubber modified asphalt mixture has slightly better fatigue cracking performance. But the difference is not significant.

The road surface profile measurements indicated no significant differences between the reference and asphalt rubber sections. It is however early to draw conclusions after one year of traffic therefore additional follow-up of the test sections is needed to draw a conclusion.

1. Inledning

På uppdrag av Trafikverket har VTI utfört laboratorieundersökningar och vägytemätningar på referens- och gummimodifierade asfaltbeläggningar på E22 Mönsterås. Laboratorieundersökningar bestod av styvhetsmodul, skjuvmodul och utmattningsprovning på borrhärdar uppborrade från fält. Frekvenssvep pressdragprovning och skjuvtest utfördes för bestämning av masterkurvor för styvhetsmodulen respektive skjuvmodulen. Utmattningsprovning är utförd enligt VTI notat 38-1995. Vägytemätningar med mätbil (RST) utfördes på sträckor med både referens- och gummibeläggning för bestämning av spår djup och andra ytegenskaper. Referenssträckan har en längd av 920 meter och den gummimodifierade är 300 meter lång. Vägytemätningar utfördes vid tre tillfällen, strax efter åtgärd (31 oktober 2017), innan sommaren 2018 (7 juni 2018-) och efter sommaren 2018 (26 september 2018).

2. Laboratorieundersökningar

2.1. Styvhetsmodul

Frekvenssvep pressdragprovning utfördes för bestämning av masterkurvor för styvhetsmodulen enligt Europiska standard (SS-EN 12697–26:2012). Från ett frekvenssvep kan den dynamiska modulen och fasvinkeln bestämmas. Dessa parametrar beskriver de mekaniska egenskaperna hos ett viskoelastiskt material såsom asfaltmassor och beskriver relationen mellan spänning och töjning under en sinusformad belastning. Frekvenssvep utfördes vid 7 frekvenser (0,05, 0,5, 1, 2, 5, 10, 16 Hz) och 3 temperaturer (0, 10 och 20°C). Figur 1 visar masterkurvor för styvhetsmodulen för två serier. Fasvinkelmasterkurvor visas i Figur 2. Samband för framtagning av masterkurvorna visas i ekvationer 1–4 och modellkonstanterna visas i Tabell 1. Symbolerna är uppmätta data. Tre provkroppar testades per temperatur. Figur 3 visar styvhetsmoduler för referens och gummi-asfalt bestämda från masterkurvan. Vid bestämningen har en frekvens på 2 Hz använts. Denna frekvens har vid tidigare studier visat sig ge relativt god överensstämmelse med styvhetsmodul bestämd enligt pressdragprovning FAS metod (FAS 454, 1998).

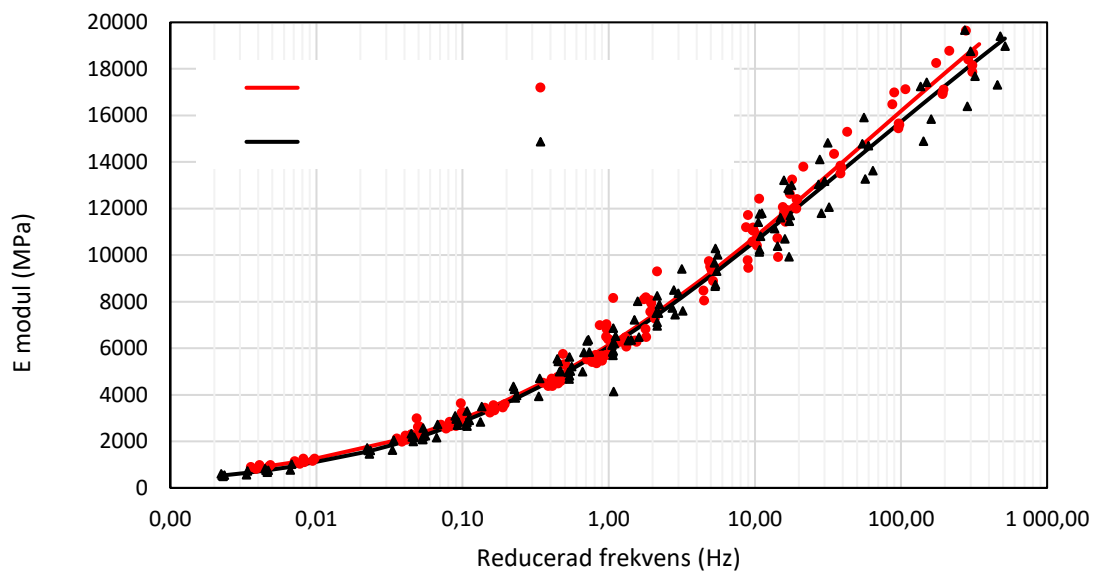
$$\log(|G^*| \text{ eller } |E^*|) = f + \frac{g}{1 + \exp(h - i \cdot \log(f_r))} \quad (1)$$

$$\phi = d \left(1 - \frac{\exp\left(\frac{\log(f_r) - a}{e}\right)}{1 + \exp\left(\frac{\log(f_r) - a}{e}\right)} + \frac{c}{1 + \left(\frac{\log(f_r) - a}{b}\right)^2} \right) \quad (2)$$

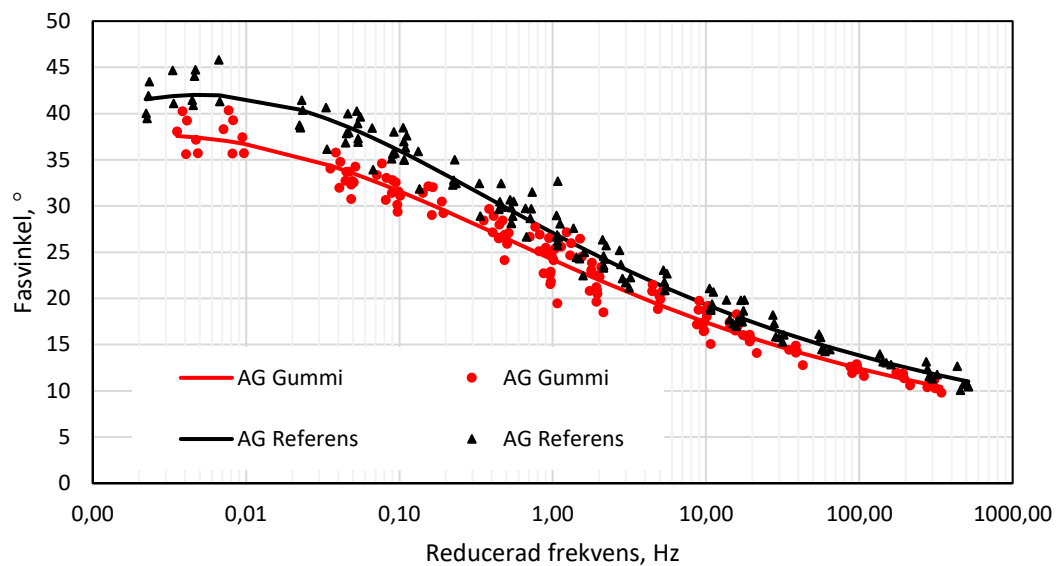
$$\text{Log}(a_T) = R \left(\frac{1}{T + 273} - \frac{1}{T_0 + 273} \right) \quad (3)$$

$$a_T = \frac{f_r}{f_T} \quad (4)$$

G:	Skjuvmodul
E:	Styvhetsmodul
ϕ :	Fasvinkel
f_r :	Reducerade frekvens, Hz
f_T :	Testfrekvens, Hz
f_r :	Reducerad frekvens, Hz
a_T :	Skiftfaktor
R:	Arrheniuskonstant



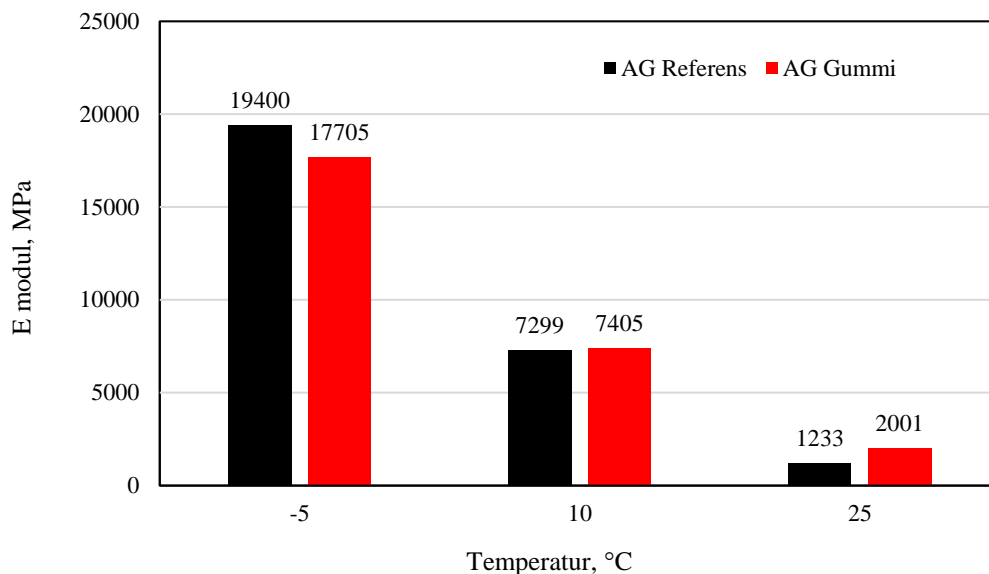
Figur 1. Styvhetsmodul vid referenstemperatur 10 °C.



Figur 2. Fasvinkel vid referenstemperatur 10 °C.

Tabell 1. Modellkonstanterna för styvhetsmodulmasterkurvor.

Parametrar	AG Referens	AG Gummi
a	-1,77	-1,81
b	3,05	3,37
c	34,58	25,67
d	12,73	20,71
e	0,78	1,34
f	4,55	4,56
g	-4,98	-3,38
h	1,70	1,23
i	-0,44	-0,47
R	12 283,98	10 004,94

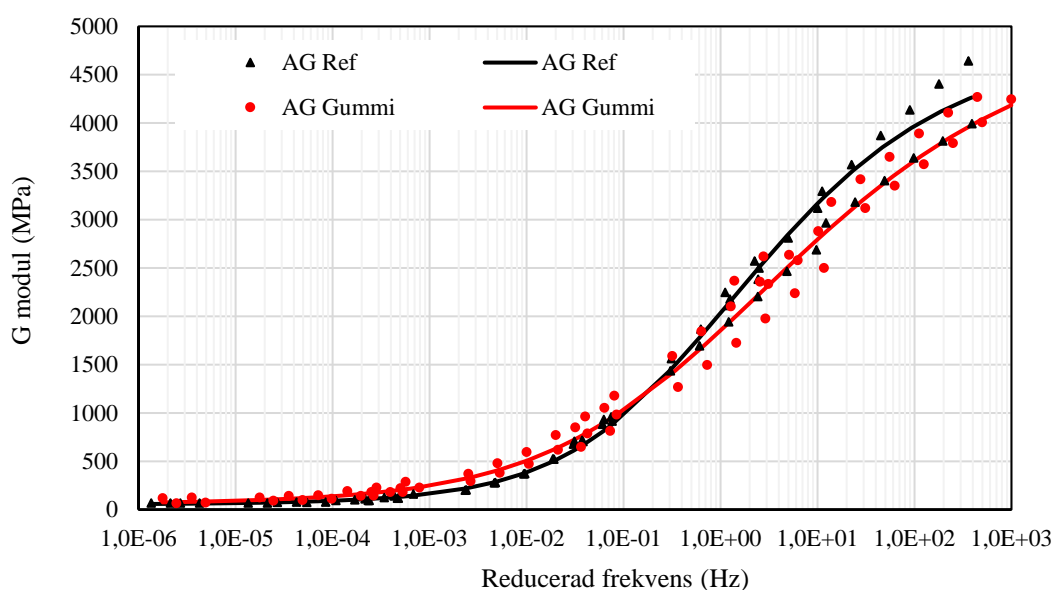


Figur 3. Styvhetsmoduler för referens och gummiastfalt bestämda från masterkurvan vid 2Hz.

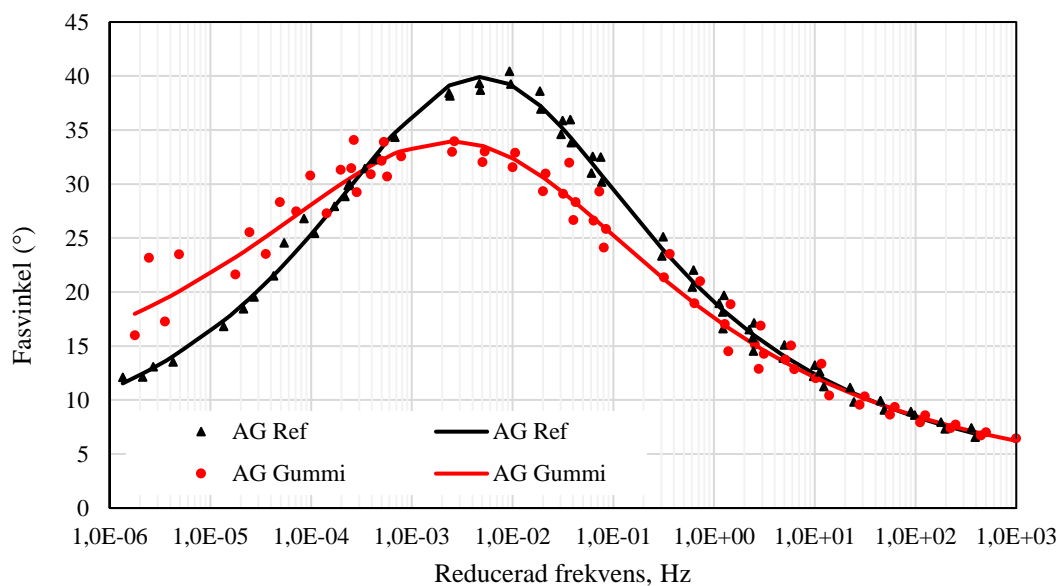
Figur 1 och Figur 3 indikerar att, i genomsnitt, finns det liten skillnad mellan de uppmätta styvhetsmodulerna. Gummiastfalt visar lägre fasvinkel, se Figur 2, jämfört med AG referens vilket betyder att gummiastfalten är mer elastisk. Gummiastfalten visar i genomsnitt lite lägre modul i låga temperaturer och lite högre modul i höga temperaturer, se Figur 3.

2.2. Skjuvmodul

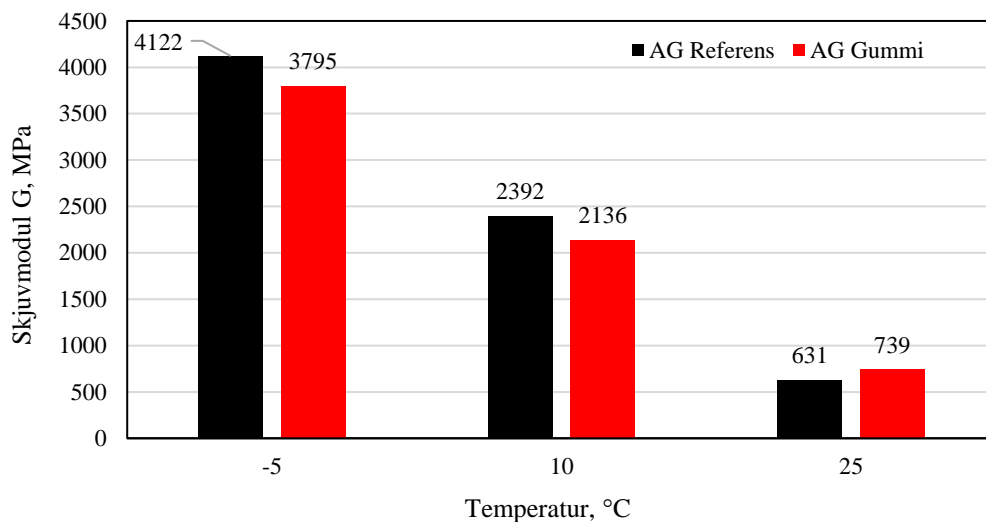
Frekvenssvep skjuvtest utfördes för bestämning av masterkurvor skjuvmodulen. Från ett frekvenssvep kan den dynamiska skjuvmodulen och fasvinkeln bestämmas (Said et al., 2013). Frekvenssvep utfördes vid 8 frekvenser (0,05, 0,5, 1, 2, 5, 10, 16 Hz) och 4 temperaturer (-5, 10, 30 och 50°C). Figur 4 visar masterkurvor för skjuvmodulen för två serier. Fasvinkelmasterkurvor visas i Figur 5. Samband för framtagning av masterkurvorna visas i ekvationerna 1–4 och modellkonstanterna visas i Tabell 2. Två provkroppar testades vid varje temperatur. Symbolerna är uppmätta data. Figur 6 visar skjuvmoduler för referens och gummiastfalt bestämda från masterkurvan vid 2Hz.



Figur 4. Skjuvmodul masterkurvor vid referenstemperatur 10 °C.



Figur 5. Skjvning fasvinkel vid referenstemperatur 10 °C.



Figur 6. Skjuvmoduler för referens och gummi-asfalt bestämda från masterkurvan vid 2Hz.

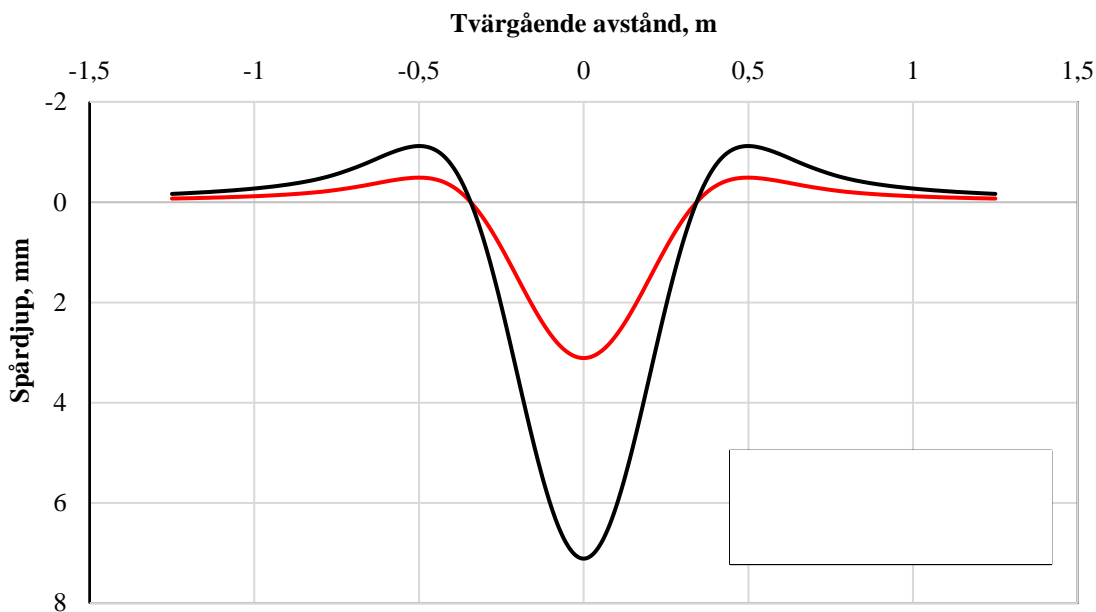
Tabell 2. Modellkonstanterna för skjuvmodulmasterkurvor.

Parametrar	AG Referens	AG Gummi
a	-2,31	-2,48
b	2,19	2,73
c	39,36	31,09
d	1,09	5,55
e	6,03	1,14
f	3,68	3,70
g	-1,98	-1,99
h	1,46	1,29
i	-0,84	-0,64
R	9999,96	9999,96

På samma sätt som styvhetsmodultestet visar skjuvprovningen i Figureerna 4 och 6 att det finns liten skillnad mellan de uppmätta skjuvmodulerna för AG referens och AG med gummi. Gummi-asfalt visar lägre maxfasvinkel, se Figur 5, jämfört med AG referens vilket betyder att gummi-asfalten är mer elastisk vid mellan och höga frekvenser. Gummi-asfalten visar i genomsnitt lite högre skjuvmodul i höga temperaturer, se Figur 6, vilken är bra för stabilitet.

2.2.1. Beräkning av spårdjup

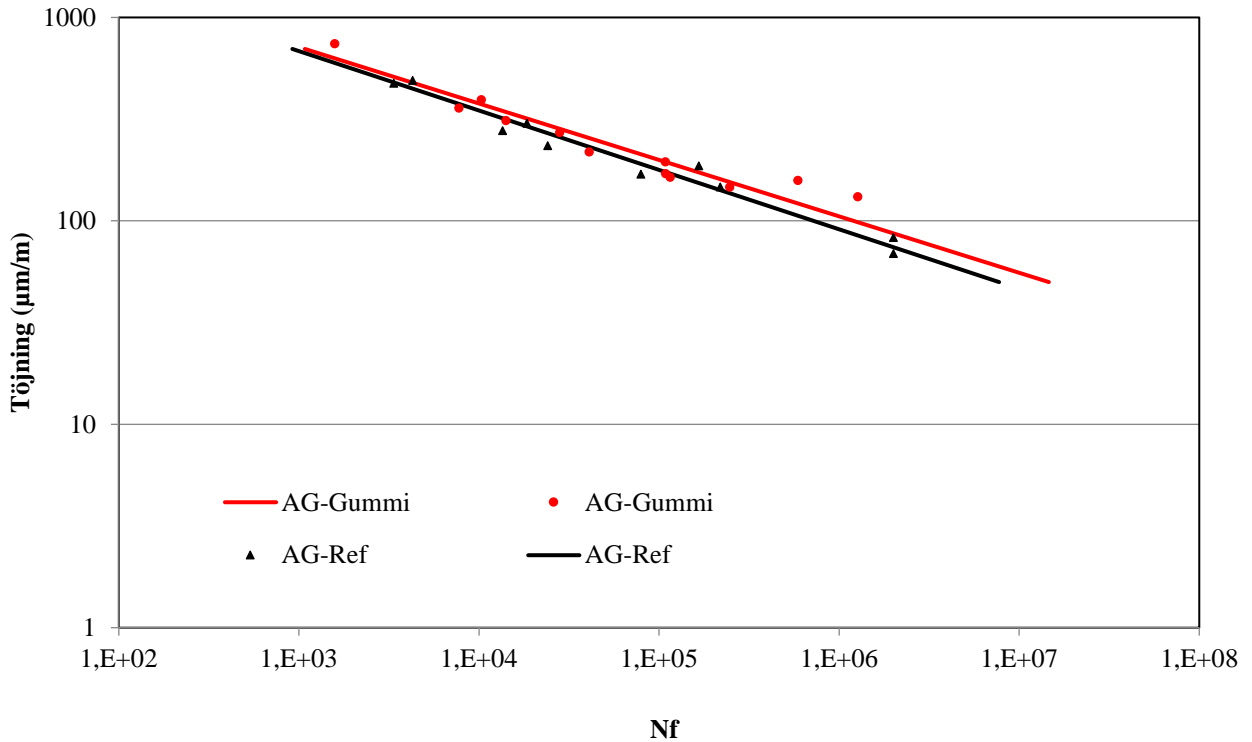
Spårprognostiseringsverktyg PEDRO (Said och Hakim, 2014; Jelagin et al., 2018) används för att uppskatta spårdjuputveckling i referens AG och -gummibeläggningar efter 20 års trafik, Figur 7. Indata till PEDRO verktyget bestämdes från skjuvtestet. Det framgår av figur 7 att AG med gummi är betydligt bättre jämfört med referens AG.



Figur 7. Beräknat spårdjup i referens AG och gummibeläggningar.

2.3. Utmattning

Utmattningsprovning är utförd enligt VTI notat 38-1995. 12 provkroppar testades för varje serie. Utmattningskurvor visas i Figur 8. Tabell 3 visar konstanter för utmattningskurvor enligt ekvation 5.



Figur 8. Utmattningskurvor.

Utmattningsresultatet visar liten skillnad mellan AG och AG med gummi. Även om AG med gummi visar något bättre utmattningsegenskaper jämfört med referens AG men skillnaden är inte signifikant.

$$N_f = K \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^n \quad (5)$$

Tabell 3. Utmattningskonstanter

Konstanter	AG Referens	AG Gummi
K	5.08E+12	1.95E+13
n	3.42	3.61

- K : Materialkonstant
- n : Materialkonstant
- ε : Initial töjning, $\mu\text{m/m}$

2.4. Kommentarer

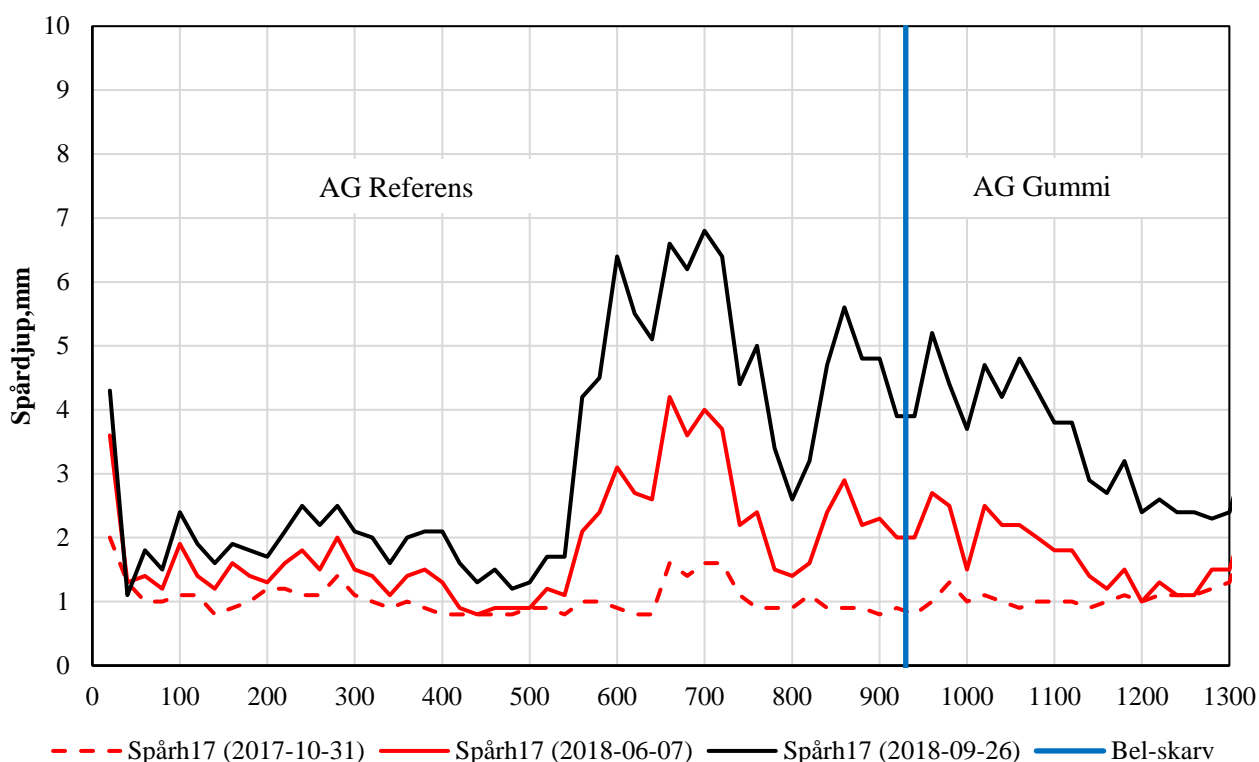
Laboratorieundersökningarna visar inte några tydliga skillnader i styvhet och skjuvmodul mellan massorna. Gummiäsfalt har dock lägre fasvinkel jämfört med referens vilket betyder att gummiäsfalten är mer elastisk. Gummiäsfalten visar också lite lägre modul i låga temperaturer och lite högre modul i höga temperaturer vilket är bra för sprickbildning vid låga temperaturer respektive deformationsstabilitet. Beräknat spår djup med PEDRO verktyget visar att AG med gummi är betydligt bättre jämfört med referens AG. Utmattningsprovet visar att gummiäsfalt har lite bättre utmattnings-egenskaper men skillnaden är inte signifikant.

3. Fältnätning – vägytemätning

Vägytemätningar med mätbil (RST) utfördes på sträckor med både referens- och gummibeläggning för bestämning av spår djup och andra ytegenskaper. Vägytemätningar utfördes på färdig yta med slitlagret. Referenssträckan har en längd av 920 meter och gummisträckan 300 meter. Vägytemätningar utfördes vid tre tillfällen, strax efter åtgärd (2017-10-31), innan sommaren 2018 (7 juni 2018) och efter sommaren 2018 (26 september 2018).

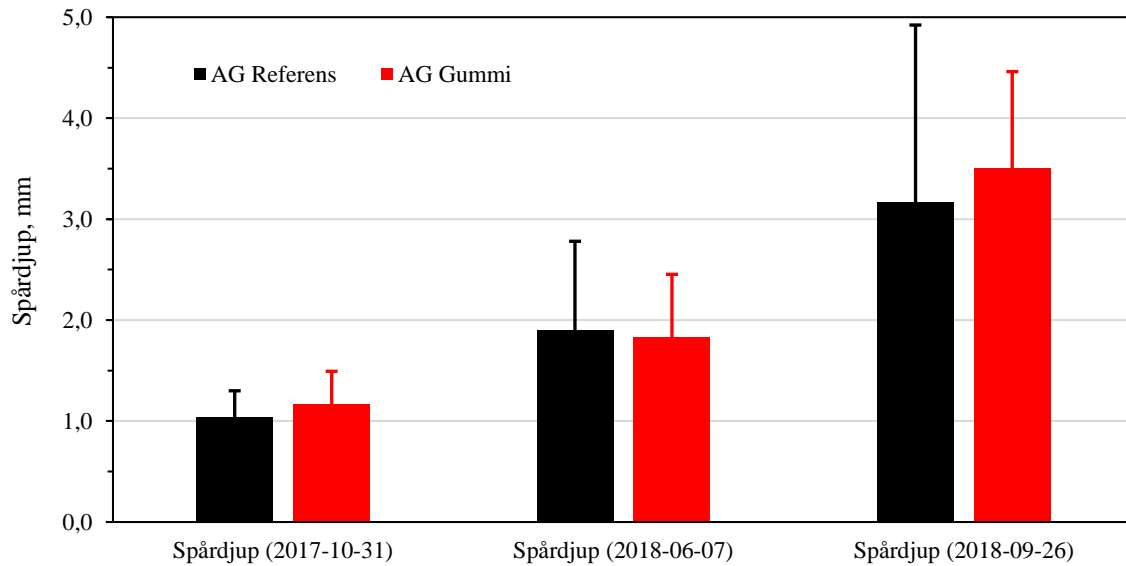
3.1. Spår djup

Figur 9 visar höger spår djup för referens- och gummisträckan vid tre tillfällen mätt med användning av 17 lasrar. Figur 10 visar medelvärde för spår djup för vägytemätningar.

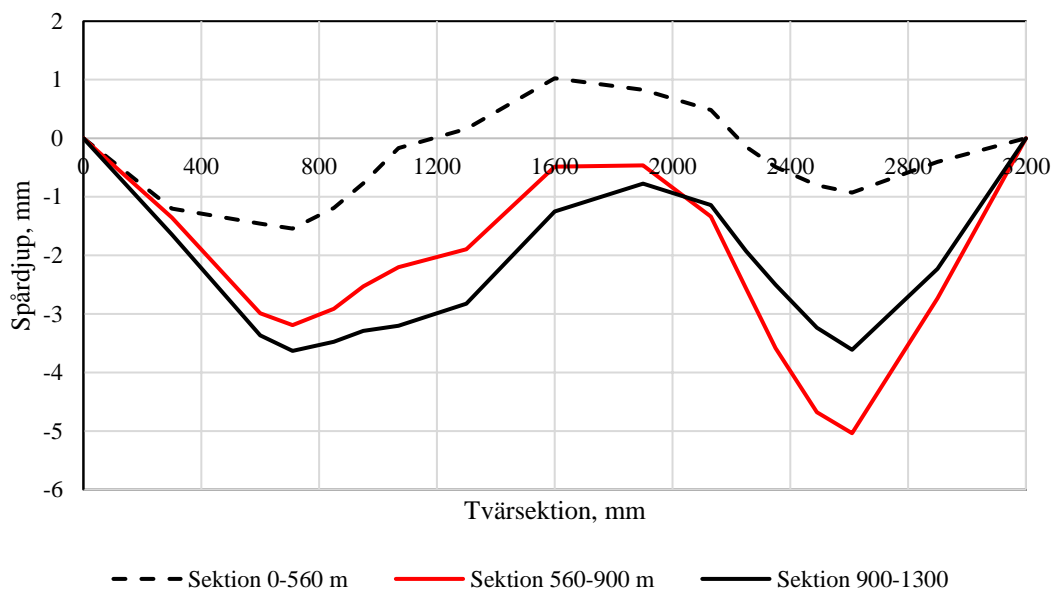


Figur 9. Höger spår djup med 17 lasrar för referens och gummisträckor vid tre tillfällen (2017-10-31, 2018-06-07 och 2018-09-26).

Det framgår från RST mätningar i Figur 9 en tendens till variationer inom sträckan. Redan vid andra mätningen är det en tydlig gräns vid ca 550 meter. Spår djupet ändras markant minst till det dubbla. Denna skillnad bekräftas ännu tydligare vid den tredje mätningen. Spår djupet avtar i slutet av asfaltgummisträckan. I sektion 0–540 meter har spår djupet ökat 0,5 millimeter under sommaren 2018 medan ökningen i sektion 560–1 340 är hela 2 millimeter. Det kan finnas många orsaker till detta och ytterligare analys och fältundersökning såsom kontroll av vägens konstruktion, fallviktmätningar och laboratorieundersökningar i dessa sektioner behövs för att klarlägga orsaken till skillnaderna. Skillnaderna längs sträckan beror troligen inte på gummiasfalten. Figur 11 visar medeltvärprofil från sista RST-mätningen för sektioner 0–560 meter, 560–900 meter och 900–1 300 meter. Det framgår inte av Figur 11 att profilerna vid sektioner 560–900 meter och 900–1 300 meter är hängande profil vilket betyder att det inte är tydligt om undergrunden är orsaken.



Figur 10. Medelvärde för höger spår djup beräknat från 17 lasrar.

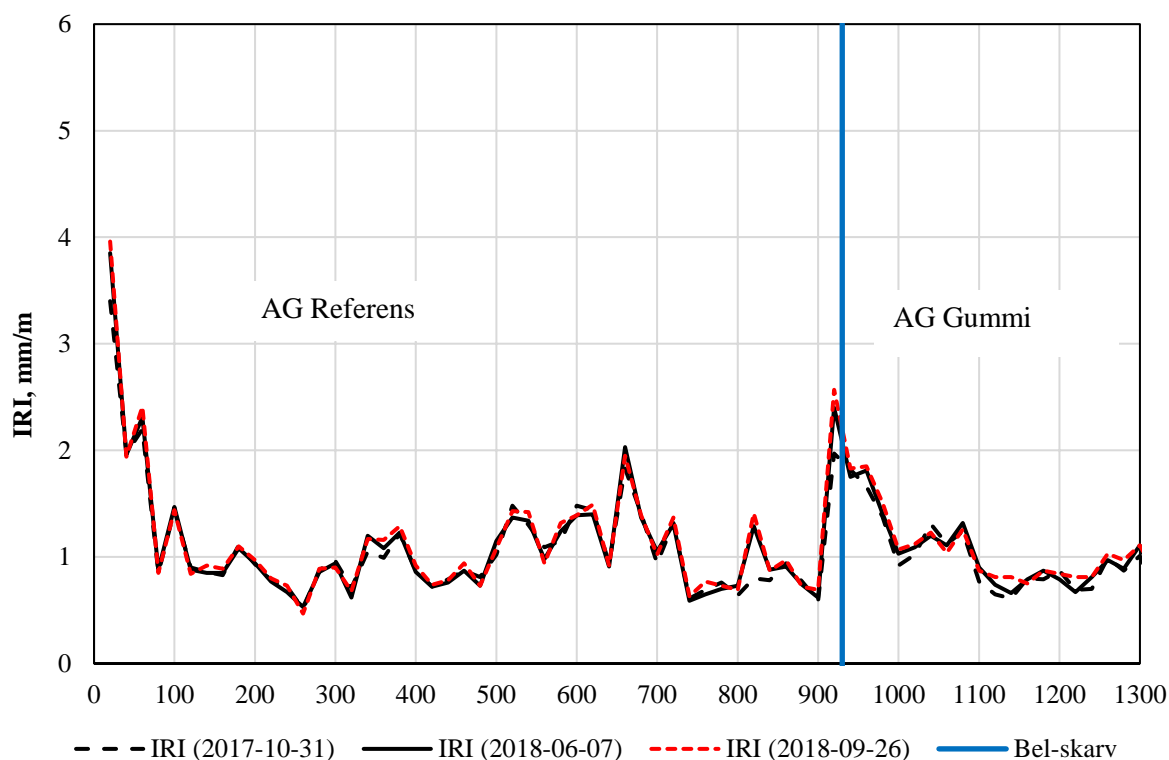


Figur 11. Medeltvärprofil från tredje RST mätningen med 17 lasrar för Sektioner 0–560 m, 560–900 m och 900–1 300 m.

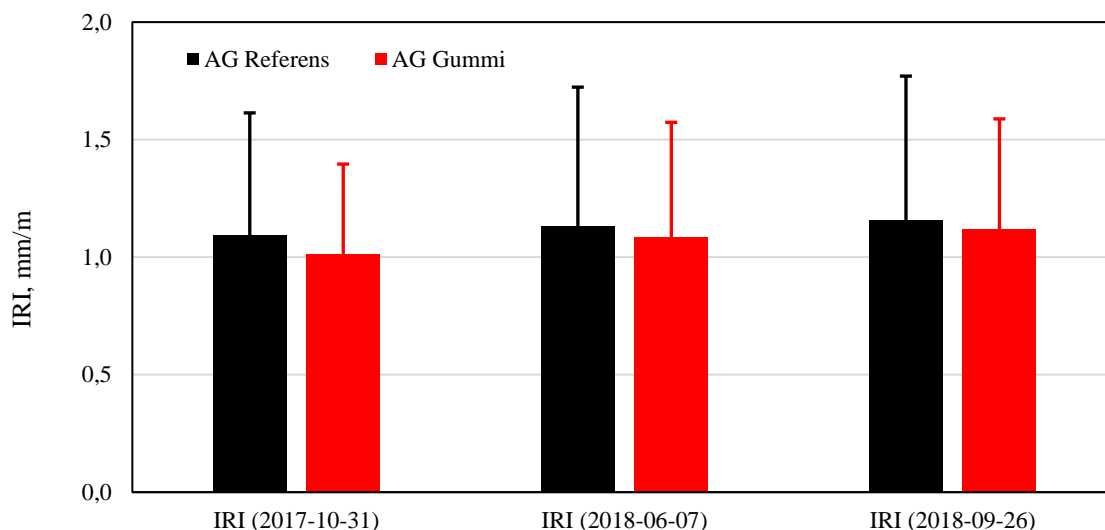
I de första och sista RST-mätningarna, som utfördes 31 oktober 2017 och 26 september 2018, är spår djupet på sträckan med gummibeläggning i genomsnitt högre i jämförelse med sträckan utan gummi. Skillnaden är inte signifikant och kan bero på efterpackning och ojämnheter i ytskiktet. Observera att det är litet spår djup generellt på bara några millimeter, vilket är förväntat med hänsyn till den korta tiden med trafikering. Samtidigt har spår djupen ökat med ca 2 millimeter första året och med mer än 1 millimeter bara under sommaren. Det är något mer än vad som är normalt. Till viss del får det tillskrivas den mycket varma sommaren med deformationer som följt.

3.2. Jämnhet IRI

Figur 12 visar IRI för referens- och gummisträckan vid de tre tillfällena. Medelvärde per sträcka för IRI visas i Figur 13.



Figur 12. IRI för referens och gummisträckan vid tre tillfällen (2017-10-31, 2018-06-07 och 2018-09-26).

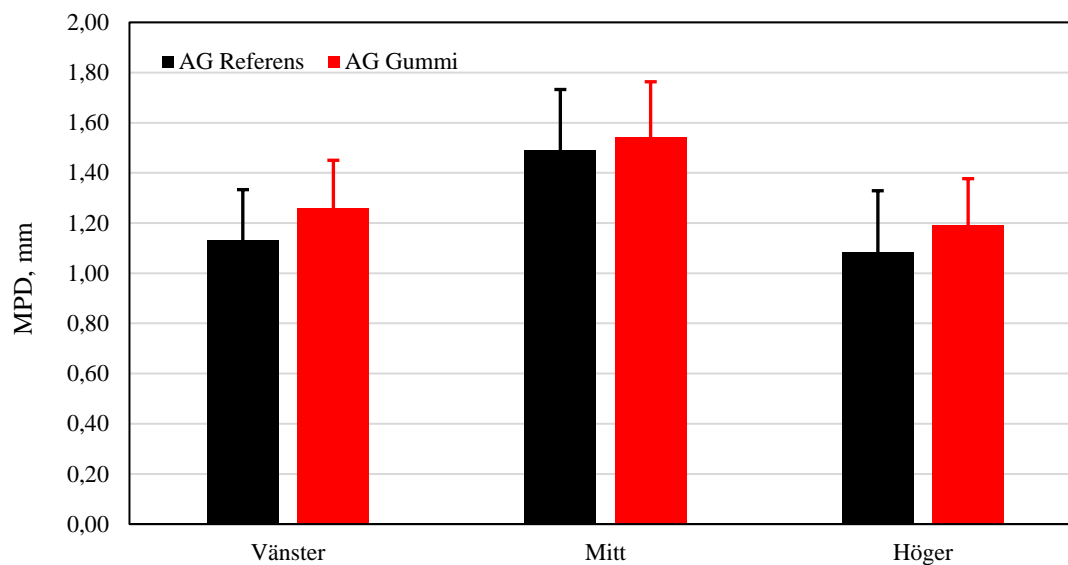


Figur 13. Medel IRI.

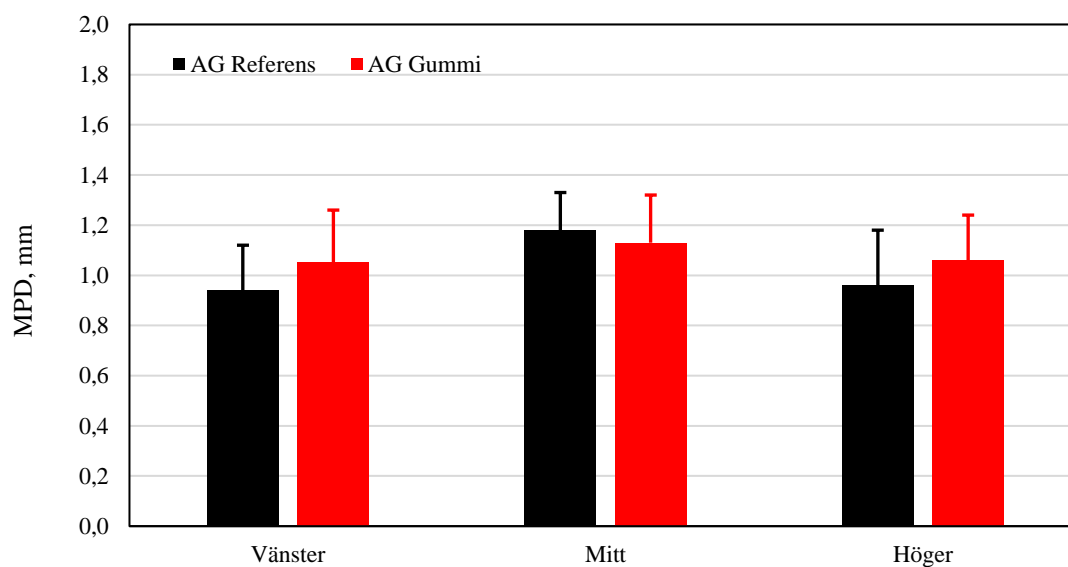
I genomsnitt visar sträckan med gummibeläggning en tendens till lägre IRI i jämförelse med den sträckan utan gummi men skillnaden är inte signifikant. Förändringen av IRI över vintern är relativt normal för beläggningskategorin och trafikmängd, en ökning mellan 0,04 mm/m och 0,10 mm/m.

3.3. Textur MPD

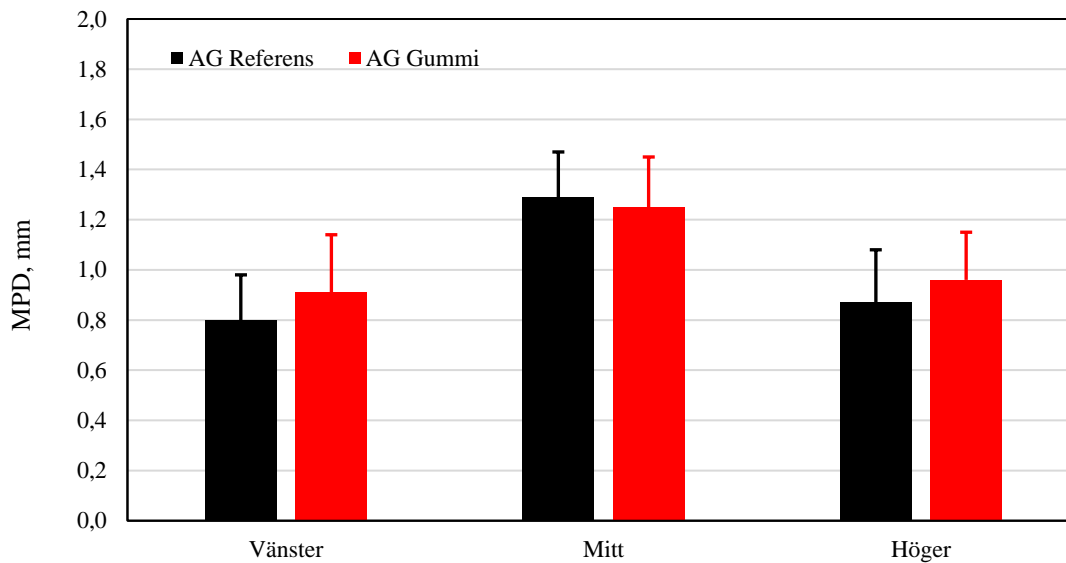
Sträckornas yttextur uttryckt som MPD redovisas i Figurer 14–15.



Figur 14. MPD för referens och gummisträcka vid mätning 2017-10-31.



Figur 15. MPD för referens och gummisträcka vid mätning 2018-06-07.



Figur 16. MPD för referens och gummisträcka vid mätning 2018-09-26.

Av Figurer 14, 15 och 16 framgår att texturen minskat något mellan de första och sista tillfällena, vilket är förväntat när trafikbelastningen jämnar till ytan. Nivåerna på MPD ligger också i paritet med normalvärden för beläggningstyperna. Det finns en liten tendens till något högre textur på sträckan med gummibeläggning men den är inte signifikant.

3.4. Kommentarer

De initiala fältmätningarna visar inte på några framträdande skillnader mellan sträckorna utan mätresultaten är väldigt likvärdiga mellan sträckorna. Det är dock för tidigt att dra slutsatser efter mindre än ett års trafik och den fortsatta tillståndsutvecklingen bör följas ytterligare innan slutsatser kan dras. Någon skillnad i spårbildning mellan sträckorna kan inte fastställas p.g.a. systematiska variationer inom provsträckan.

4. Slutsatser och förslag till försatt uppföljning

Laboratorieundersökningarna visar inte några tydliga skillnader i styvhet och skjuvmodul mellan massorna. Gummiasfalt har dock lägre fasvinkel jämfört med referens AG vilket betyder att gummiasfalten är mer elastisk. Gummiasfalten visar också lite lägre modul i låga temperaturer och lite högre modul i höga temperaturer vilket är bra för sprickbildning vid låga temperaturer respektive deformationsstabilitet. Beräknat spår djup med PEDRO-verktyget visar att AG med gummi är betydligt bättre jämfört med referens AG. Utmattningsprovningsen visar att gummiasfalt har lite bättre utmattningssegenskaper men skillnaden är inte signifikant.

Någon skillnad i spårbildning mellan sträckorna kan inte fastställas p.g.a. systematiska variationer inom provsträckan. Ytterligare analys och fältundersökning såsom kontroll av vägens konstruktion, fallviktmätningar och laboratorieundersökningar behövs för att klarlägga orsaken till variationerna.

Det är för tidigt att dra slutsatser efter mindre än ett års trafik och den fortsatta tillståndsutvecklingen bör följas ytterligare innan slutsatser kan dras. Skillnader mellan gummiasfalt och konventionell beläggning kan förekomma att visa sig i fältmätningar i ett senare skede då vägen börjar spricka.

Referenser

- [1]. SS-EN 12697-26:2012. Vägmateriäl – Asfaltmassor – Provningsmetoder – Del 26: Styvhet.
- [2]. FAS Metod 454, 1998. Bestämning av styvhetsmodulen hos asfaltbetong genom pulserandepressdragprovning.
- [3]. Said, S.F., Hakim, H. & Eriksson, O., 2013. Rheological Characterization of Asphalt Concrete Using a Shear Box, *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 41, No. 4, 2013.
- [4]. Said, S.F., 1995. Bestämning av utmattningshållfasthet hos asfaltbetong genom pulserande pressdragprovning, VTI-notat Nr. 38-1995.
- [5]. Said, S.F. & Hakim, H. 2014. Asphalt concrete rutting predicted using the PEDRO model, *International Journal of Pavement Engineering*, <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2014.993184>.
- [6]. Jelagin, D., Ahmed, A., Lu, X., & Said, S. F. 2018. Asphalt layer rutting performance prediction tools, VTI rapport 968A.

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Bruksgatan 8
SE-222 36 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

