

Utveckling av provningsmetod för bestämning av styvhetsmodul

Hassan Hakim
Richard Nilsson
Safwat Said

Förord

VTI har på uppdrag från Trafikverket (tidigare Vägverket) och SBUF undersökt utrustningen för bestämning av styvhetsmodul i laboratorier. Rapporten innehåller effekten av testparametrar och utrustnings hårdvara och mjukvara på styvhetsmodul. Projektet är ett samarbete mellan VTI och Skanska Sverige AB, VTC Syd, Malmö. Kontaktperson på Trafikverket har varit Torbjörn Jacobson.

Deltagande laboratorier är NCC i Göteborg, Skanska i Malmö (med två olika utrustningar), Peab i Helsingborg, NCC i Umeå och VTI .

Ett tack till samtliga som medverkat i projektet.

Linköping november 2010

Hassan Hakim

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 2010-11-18 av Leif Viman, VTI. Hassan Hakim har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Projektledarens närmaste chef Gunilla Franzén, VTI, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2010-11-23.

Quality review

Internal peer review was performed on on 18 November 2010 by Leif Viman, VTI. Hassan Hakim has made alterations to the final manuscript of the report. The research director of the project manager Gunilla Franzén, VTI, examined and approved the report for publication on 23 November 2010.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
2 Syfte.....	10
3 Beskrivning av utförandet	11
3.1 Utrustningar	11
3.2 Dummyprovkroppar	14
3.3 Kraft- och deformationsgivare.....	14
3.3.1 Kraftpuls	15
3.3.2 Deformationssystem	17
4 Modulbestämningar	24
5 Slutsatser.....	29
Referenser.....	30

Utveckling av provningsmetod för bestämning av styvhetsmodul

av Hassan Hakim, Richard Nilsson* och Safwat Said

VTI

581 95 Linköping

Sammanfattning

Det finns stor variation mellan laboratorierna vid bestämning av styvhetsmodul hos asfaltbeläggning. Detta är ett problem vid utvärdering och kontroll av asfaltbeläggning med avseende på styvhetsmodul bestämda av olika laboratorier. Detta är också ett hinder vid återopande av asfaltbeläggnings styvhetsmodul vid funktionsentreprenader. Styvhetsmodul är också en viktig parameter vid dimensionering av vägöverbyggnader. Onoggrannhet i uppmätt styvhetsmodul kan leda till orimliga överbyggnadstjocklekar. Det konstaterades vid tidigare undersökning, angående bestämning av styvhetsmodul hos asfaltbeläggning, att de jämförande provningarna visade att det finns stor spridning inom och mellan olika laboratoriers resultat.

Målsättningen är att förfina provningsmetoden för bestämning av styvhetsmodul så att det leder dels till mindre variation mellan styvhetsmoduler bestämda vid olika laboratorier, dels ökad kunskap om olika utrustningar som används i landet. Detta utförs genom kontroll och jämförelse av kraftpulsen och den resulterade deformationspulsen vid varierande belastningar. Kraft och deformation registrerades med olika system (extra kraft- och deformationsgivare). Dummyprovkroppar, med mer konstanta egenskaper än asfaltprov, används som en komplettering till kalibrering och för analys av kraft, deformation, belastningstid och pulsformen hos olika utrustningar.

Den föreliggande rapporten klarlägger effekten av de testparametrar som har störst påverkan på resultatet. Några viktiga testparametrar är till exempel på- och avlastningspulsen, deformationssignalen och frekvensen. Det är nödvändigt med kontroll av deformationsmätningar vid provning även om givarna är kalibrerade. Detta bidrar till att upptäcka avvikelser samt för att garantera att mätdata analyseras enligt gällande standard. Slutkommentaren är att bättre kontroll av testparametrar vid provning och krav på kontroll av mätdata är ett måste för att uppnå säkra resultat och höja kompetensnivån inom området.

* Skanska Sverige AB

Development of test method for determination of stiffness modulus

by Hassan Hakim, Richard Nilsson* and Safwat Said
VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

There is a great variation between the laboratories when determining the stiffness modulus of bituminous pavements. This is a problem in connection with the evaluation and control of the stiffness modulus of bituminous pavements performed by different laboratories. It is also an obstacle with reference to the stiffness modulus of bituminous pavements in connection with performance based contracts. Stiffness modulus is also an important parameter when designing road structures. Inaccuracy about the measured stiffness modulus can lead to unreasonable thicknesses of pavement layers. In an earlier study concerning the determination of stiffness modulus, it was stated that the comparative tests showed that there is a great variation both within and in-between the results of different laboratories.

The aim is to refine the test method for determining the stiffness modulus in a way that partly leads to less variation between stiffness modulus measurements performed by different laboratories, partly to increased knowledge of different apparatuses used in Sweden. This is done by controlling and comparing the load pulse and the resulting deformation pulse when using variable loading. Force and deformation were registered by different systems (additional stress and strain gauges). Dummy specimens, with more stable characteristics than bituminous test specimens, were used as a completion to the calibration and for the analysis of stress, deformation, loading time and pulse of different apparatuses.

This report explains the effect of the test parameters that affect mostly the result of stiffness modulus measurement. Important test parameters are, for example, the loading pulse, the deformation signal and the load frequency. It is essential to control the deformation measurements when testing even if the strain gauges are calibrated. This helps to find out deviations, and guarantees that the measurement data will be analysed according to current standards. Finally it can be stated that better control of the test parameters when performing the tests, and requirements for the control of measurement data are necessary in order to attain secure results and to increase the competence.

* Skanska Sverige AB

1 Inledning

Det finns stor variation mellan laboratorierna vid bestämning av styvhetsmodul hos asfaltbeläggning. Detta är ett problem vid utvärdering och kontroll av asfaltbeläggning med avseende på styvhetsmodul bestämda av olika laboratorier. Detta är också ett hinder vid återopande av asfaltbeläggnings styvhetsmodul vid funktionsentreprenader. Styvhetsmodul är också en viktig parameter vid dimensionering av vägöverbyggnader. Onoggrannhet i uppmätt styvhetsmodul kan leda till orimliga överbyggnadstjocklekar. Jämförande provningar angående bestämning av styvhetsmodul hos asfaltbeläggning har utförts tidigare. Se till exempel Viman et al. (2007), Said och Viman (1998) och dess referenslistor. Det konstaterades i litteraturen att de jämförande provningarna visade att det finns stor spridning inom och mellan olika laboratoriers resultat. Orsaken till variation i styvhetsmodulbestämningar relateras till brister i:

- Provningsstandard; metodbeskrivning är anpassad till en utrustning (NAT-utrustning) som kan ifrågasättas vid utnyttjande av andra utrustningar, Till exempel genom beskrivning av pulsens area för beräkning av kraft och belastningstid
- Rapportering av mätdata; uppmätt data vid modulmätning finns inte tillgängligt för vissa utrustningar för den som använder utrustningen.

Det påpekades dessutom behovet av kunskap och förståelse för hur olika testparametrar påverkar resultaten vid styvhetsmodulbestämningar.

Utöver det konstateras att de brister som har påtalats inte följts upp vare sig i form av förbättringar i provningsstandard (EN 12697-26) eller i konfigurering (krav på rapportering av rådata) av utrustningar. Dessvärre ledde dessa slutsatser till att endast resultat från en utrustning kan accepteras vid tvist, vilket inte är positivt för effektiviteten i branschen.

Den föreliggande rapporten klarlägger effekten av de testparametrar som har störst påverkan på resultatet. Några viktiga testparametrar är till exempel på- och avlastningspuls, deformationssignalen och frekvensen. Beräkningsförfarande bör utvecklas för bättre jämförelser av resultat från olika maskiner genom analys av mätdata från några utrustningar.

2 Syfte

Målsättningen är att förfina provningsmetoden för bestämning av styvhetsmodul så att det leder dels till mindre variation mellan styvhetsmoduler bestämda vid olika laboratorier, dels ökad kunskap om olika utrustningar som används i landet. Syftet är också att klarlägga skillnader mellan olika utrustningar vid utförandet av styvhetsmodulbestämningar. Detta utförs genom kontroll och jämförelse av kraftpulsen och den resulterade deformationspulsen vid varierande belastningar. Kraft och deformation registrerades med olika system (extra kraft- och deformationsgivare). Dummyprovkroppar, med mer konstanta egenskaper än asfaltprov, används som en komplettering till kalibrering och för analys av kraft, deformation, belastningstid och pulsformen hos olika utrustningar.

3 Beskrivning av utförandet

Styvhetsmodulen hos dummyprov bestämdes med sex utrustningar från fem laboratorier. Undersökningarna utfördes vid rumstemperatur med varierande belastningsamplituder och belastningstider (frekvenser).

Kraft- och deformationsgivare kontrollerades först med en kalibrerad kraftcell respektive mikrometer innan någon mätning utfördes. Tre dummyprovkroppar har använts i den första etappen. Den första provkroppen består av ett stålrör, den andra är av plexiglas och den tredje provkroppen av delron-material. Deformation vid belastning, som är den viktigaste mätparametern vid modulbestämning, mättes samtidigt på två olika sätt och med två olika typer av deformationsgivare. Den ena mättes med LVDT-givare och den andra med en extensometer (deformationsgivare från MTS). För rutinprovningar förekommer både LVDT-givare och extensometer vid modulbestämningar beroende av fabrikat.

3.1 Utrustningar

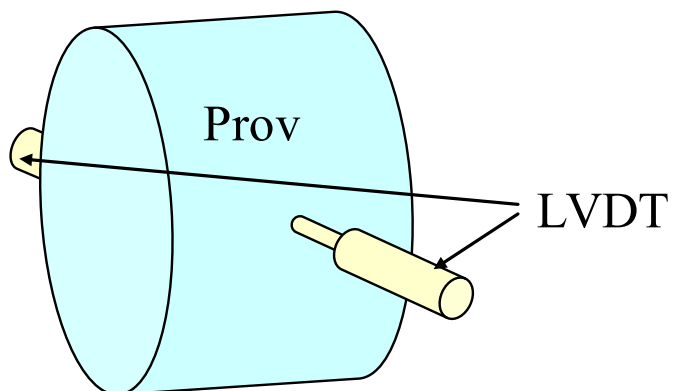
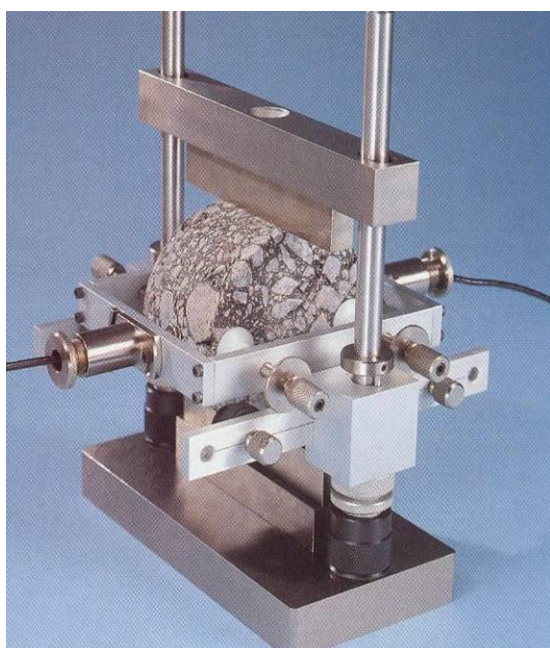
I tabell 1 redovisas en sammanställning av använda utrustningar i det här arbetet. MTS, UTM1 och UTM2 är hydrauliska system medan de övriga systemen är pneumatiska. NAT utrustningarna är av typ enkelverkande belastning. Endast pålastningen kan styras, medan man i dubbelverkande system kan styra både på- och avlastningspulserna för kraften. Det innebär att belastningstiden för kraftpulsen och därmed frekvensen kan bestämmas med hög precision för dubbelverkande system, medan endast pålastningstiden kan styras vid användning av enkelverkande system. Belastningstiden, tillsammans med temperaturen, är avgörande faktorer vid bestämning av styvhetsmodul.

I MTS, UTM och NU utrustningarna registrerades kraftpulsen (kraft i relation till tid) för kontroll av belastningstid, maxkraft och kraftpulsens form (för NU-utrustningen registrerades kraftpulsen via en extern kraftcell i detta arbete). Kraftpulsen skall likna en haversine. För NAT-utrustning rapporteras bara maxkraft och ingen rådata (rådata kan tas fram fast utan hänsyn till tid).

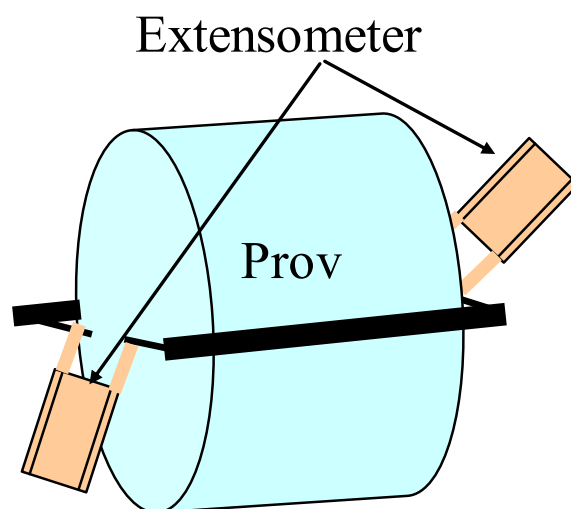
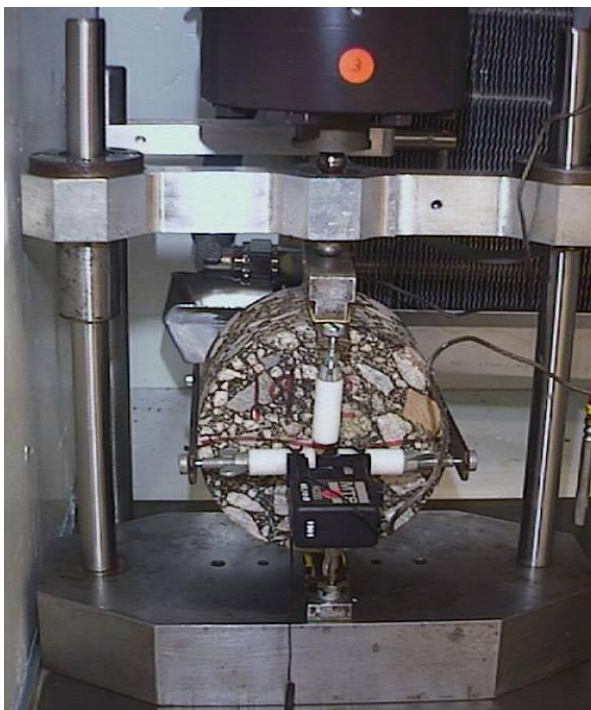
Utrustningar med LVDT-system, för registrering av deformation, använder sig av två LVDT:er. De är placerade på mittpunkt av vardera sidan av mantelytan, se figur 1. För MTS-utrustningen används två extensometrar monterade på ditklistrade skenor på vardera sidan av mantelytan, se figur 2. Skillnaden blir att med LVDT mäts deformationen i en punkt på det horisontella diameterplanet medan med extensometer mäts deformationen som ett medelvärde av deformationen på det horisontella diameterplanet. Detta kan leda till vissa systematiska skillnader även om deformationsgivarna (LVDT och extensometer) mäter rätt deformation. Figur 3 visar mätdata som är nödvändigt för jämförelse mellan olika utrustningar och effekten av olika beräkningssätt för deformation och kraft.

Tabell 1 Använda utrustningar.

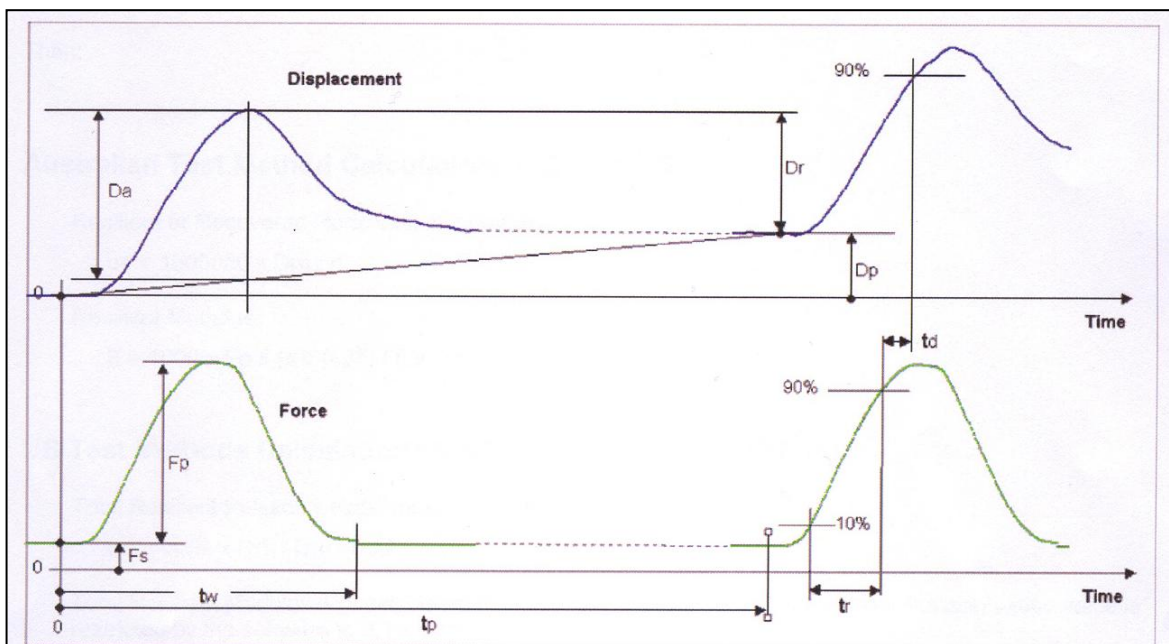
Laboratorium	Utrustning	Kraftsystem	Deformationssystem
NAT1	NAT	Enkelverkande	LVDT
NU	NU-14	Dubbelverkande	LVDT
UTM1	UTM-25	Dubbelverkande	LVDT
UTM2	UTM-25	Dubbelverkande	LVDT
NAT2	NAT	Enkelverkande	LVDT
MTS	MTS-458	Dubbelverkande	Extensometer



Figur 1 LVDT monterade på provkroppen (UTM-utrustning).



Figur 2 Extensometer monterade på provkroppen (VTI:s MTS).



where:

- Fs measured seating force. For the ASTM/AASHTO tests, the requested control value is 10% of the user entered peak force parameter value. For all other test methods, the requested seating force value is 20N.
- Fp measured peak force (ie the maximum force minus the seating force).
- tw loading time or force pulse width
- tp repetition period of the loading force pulses.
- tr rise time of the force wave shape measured from 10% to 90% of the peak force value.
- td phase delay time between applied force and resulting displacement and measured from the 90% amplitude of the force wave shape to 90% amplitude of the horizontal displacement.
- Dp total permanent specimen deformation from the horizontal (Dph) or vertical (Dpv) displacement transducers.
- Dr total resilient or recoverable deformation from the horizontal (Drh) or vertical (Drv) displacement transducers. Note that depending upon the transducer mounting arrangement, this value may equate to either the sum of the individual transducers ie Dr_1+Dr_2 , or, to their average $(Dr_1+Dr_2)/2$.
- Da total deformation amplitude from the horizontal displacement transducers and used exclusively by the British test method to calculate stiffness modulus.

Figur 3 Generell bild på nödvändig utdata vid bestämning av styvhetsmodul (IPCglobal.com.au).

3.2 Dummyprovkroppar

Tre dummyprovkroppar har ingått i första etappen. En provkropp består av ett stålrör, med inre diameter på 71,0 mm och yttre diameter på 100,7 mm. Den används för undersökning av deformationsmätning med olika system. Den andra provkroppen är av plexiglas och den sista består av delron-material som ska efterlikna en asfaltprovkropp.

3.3 Kraft- och deformationsgivare

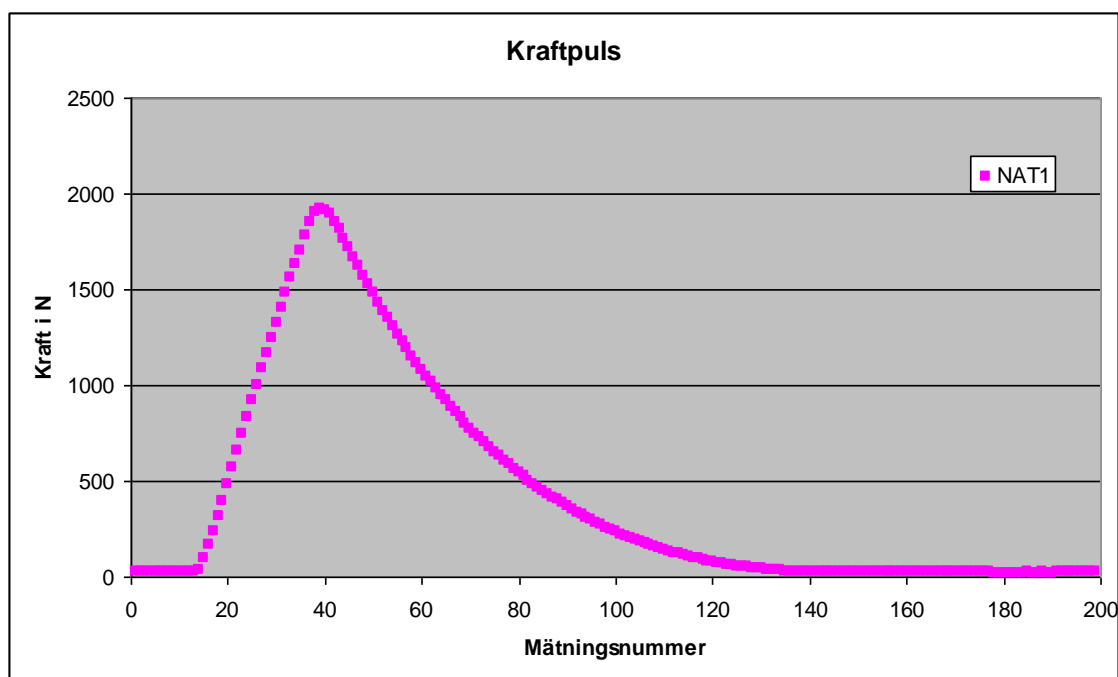
Deformations- och kraftgivarnas mätområden samt utrustning, kalibrering och metodik, har diskuterats vid de deltagande laboratorierorna inför mätningar vid 1:a etappen. Extra

mätutrustning för deformation och kraftmätning användes, särskild vid de laboratorier som saknade tillgång till rådata från utrustning.

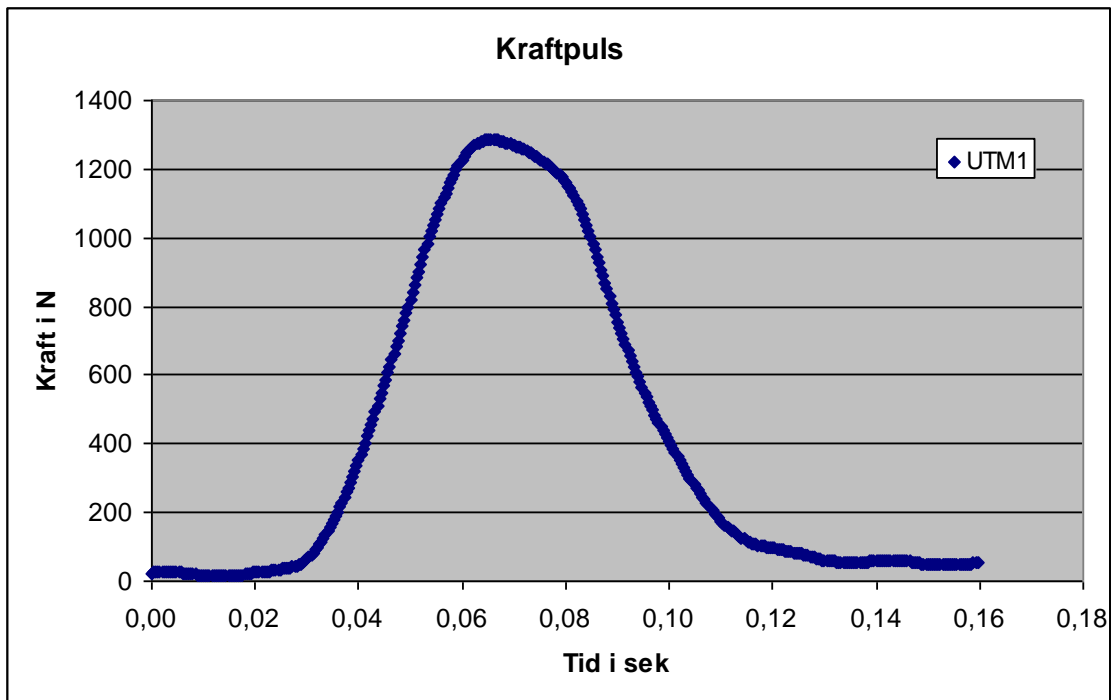
3.3.1 Kraftpuls

Eftersom kraftpulsen och därmed belastningstiden har stor betydelse för resultatet vid modulbestämning har belastningspulsens kontrollerats innan modulummätning. Kraftpulsens från NAT-utrustning kunde inte registreras med den externa kraftcellen inom ramen för detta arbete Kraftpulsens från NAT-maskinerna kan sparas vid undersökningarna, dock utan hänsyn till tid, vilket gör det omöjligt att beräkna den exakta belastningstiden. Kraftpulsens rådata utan hänsyn till tiden illustreras i figur 4. Det framgår att avlastning tar längre tid än pålastningen (rise time). Detta har betydelse vid modulummätning hos asfaltbeläggning och effekten kan variera beroende på testtemperatur och materialegenskaper. Längre belastningstid leder till lägre styvhetsmodul för asfaltmaterial. Belastningstid är en parameter som måste beaktas vid jämförelse mellan utrustningar.

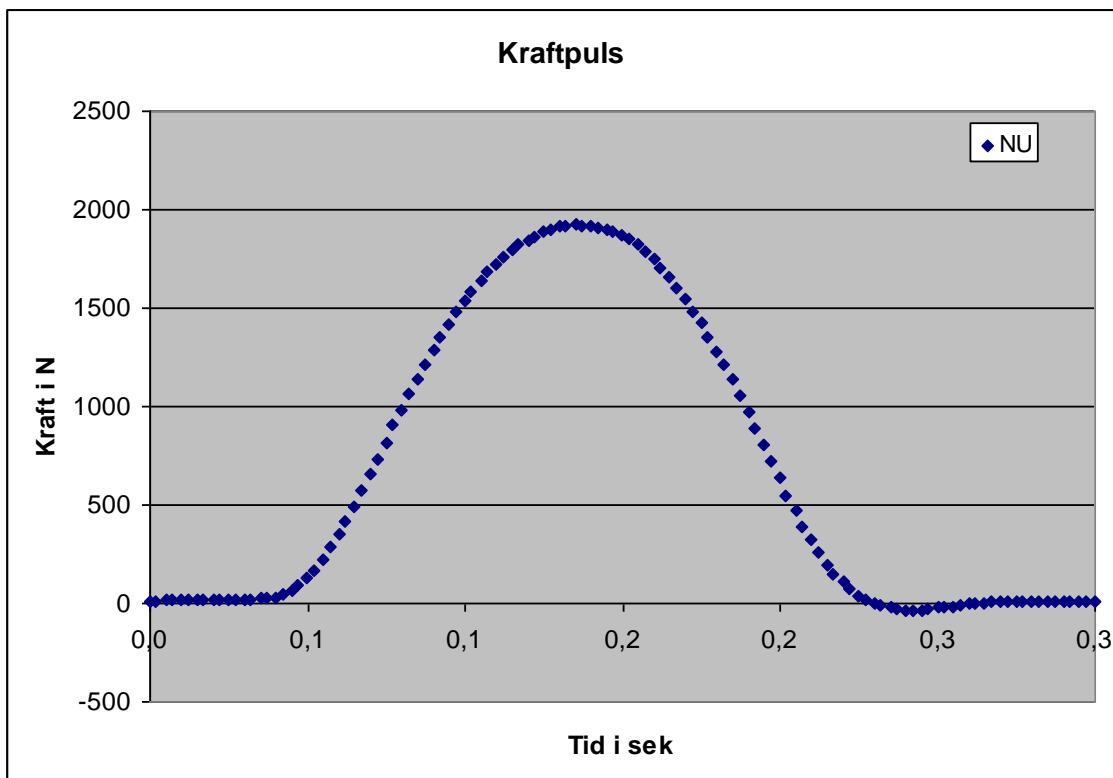
Figur 5 visar uppmätt kraftpuls från UTM1-maskin. Den är mycket lik en halvsinusformad (haversine) puls. Kraftpulsens från NU maskinen har också en halvsinusformad puls. Den har registrerats via den externa kraftcellen, se figur 6. En kraftpuls från MTS-utrustning visas i figur 7. Det konstaterades att det inte är några problem med belastningens form eller tid när dubbelverkande system används. Däremot finns det begränsad möjlighet för styrning av belastningspulsens hos enkelverkande system och osäkerhet råder för visualisering och kontroll av mätdata. Resultaten från undersökningen är att undvika att använda utrustningar som inte kan visa belastningspuls med exakt belastningstid då det föreligger tvister. Förslag på ändring av EN standarden bör diskuteras.



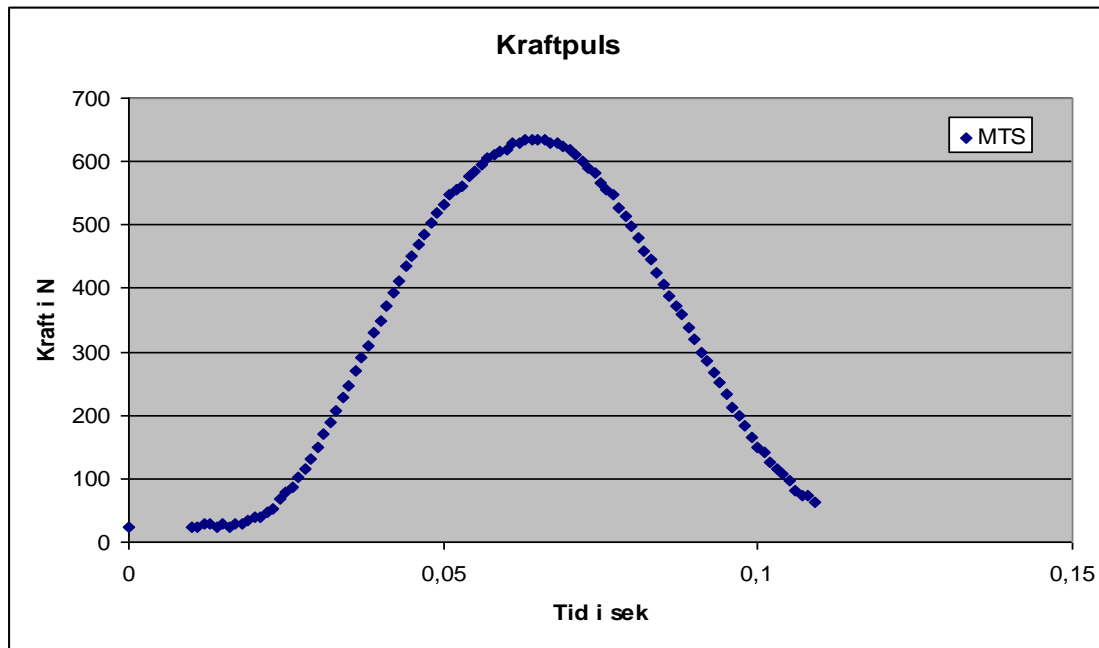
Figur 4 Kraftpuls sparad av NAT1-utrustningen.



Figur 5 Kraftpuls sparad av UTM1-utrustningen.



Figur 6 Kraftpuls sparad av den externa kraftcellen vid NU utrustningen.



Figur 7 Kraftpuls sparad av MTS utrustningen.

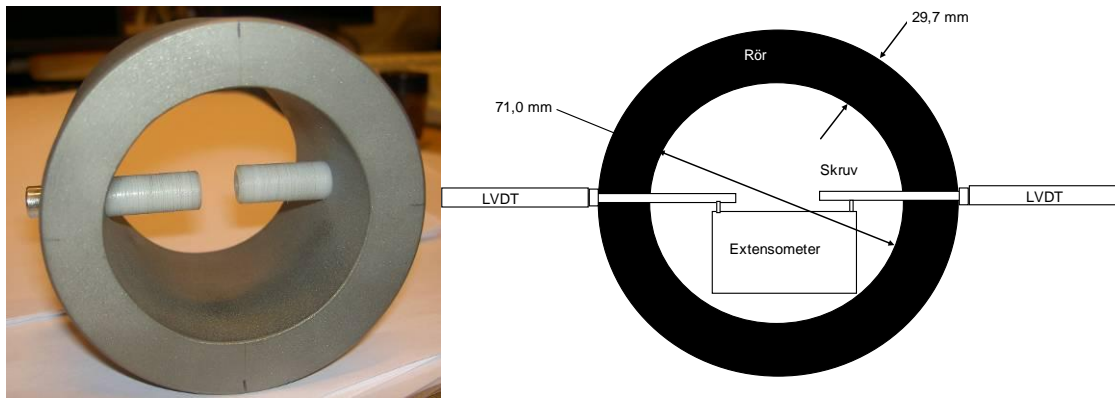
3.3.2 Deformationssystem

Deformationsgivare

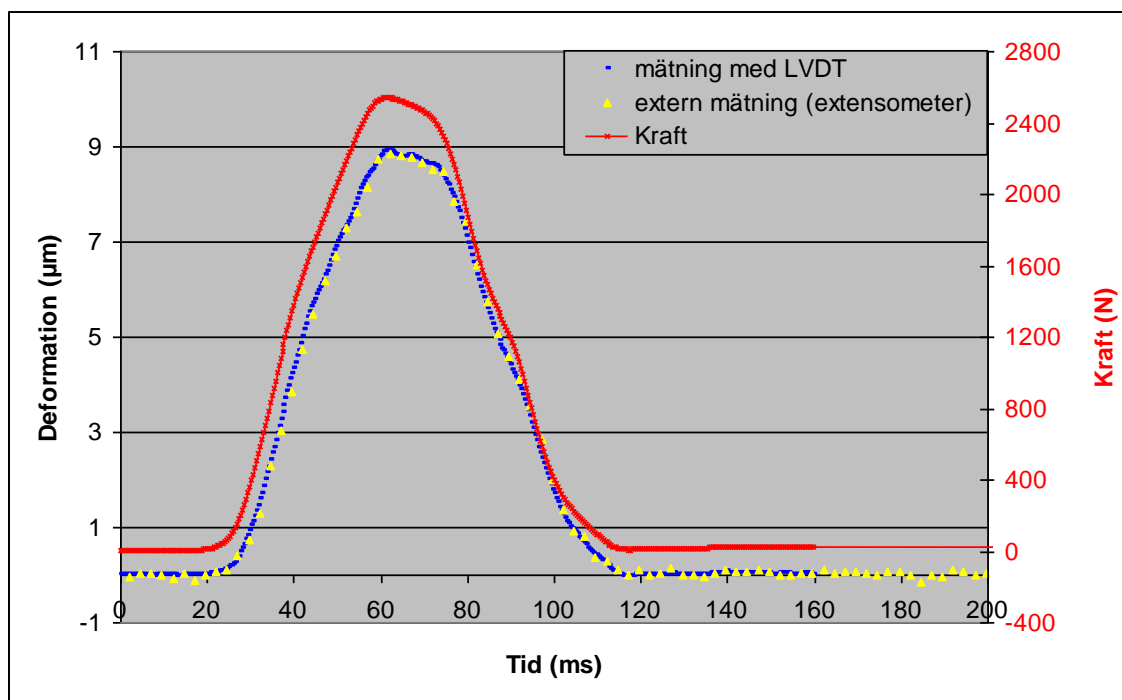
Styvhetsmodulbestämning är mest känslig för uppmätt deformation. Deformationerna är mycket små (några mikrometrar) och höga krav ställs på mätutrustning och utförande vid mätning av deformationer. För utvärdering av Extensometer och LVDT-system vid modulfmätning har två LVDT placerats på mantelytan av stålprovet enligt figur 8.

Extensometern placerades inne i röret vid samma mätpunkter, dock på innersidan (endast en extensometer kan användas). Syftet med mätningen är att undersöka om det finns skillnader i deformation beroende på om extensometer eller LVDT används för att samla in data.

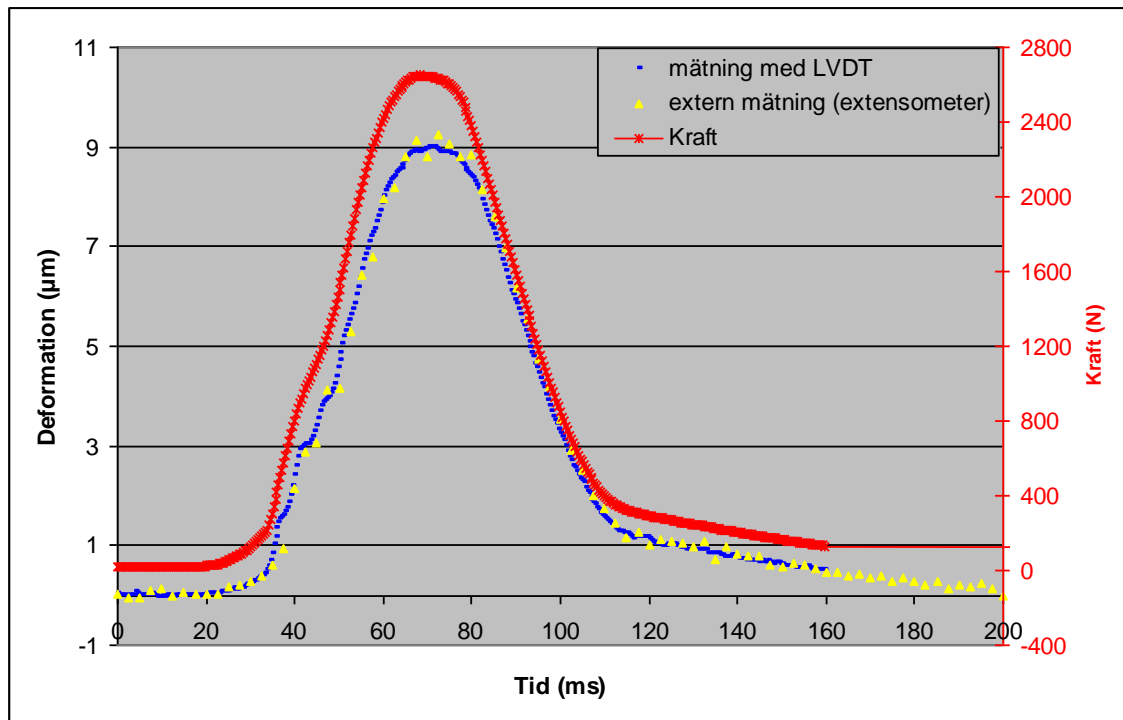
Figur 9 och 10 visar att summan av deformationen från de båda LVDT är lika stor som den uppmätta deformationen med extensometern. Dessa mätningar visar inga signifikanta skillnader mellan systemen för deformationsmätning.



Figur 8 Stålprov med placering av LVDT och extensometer.

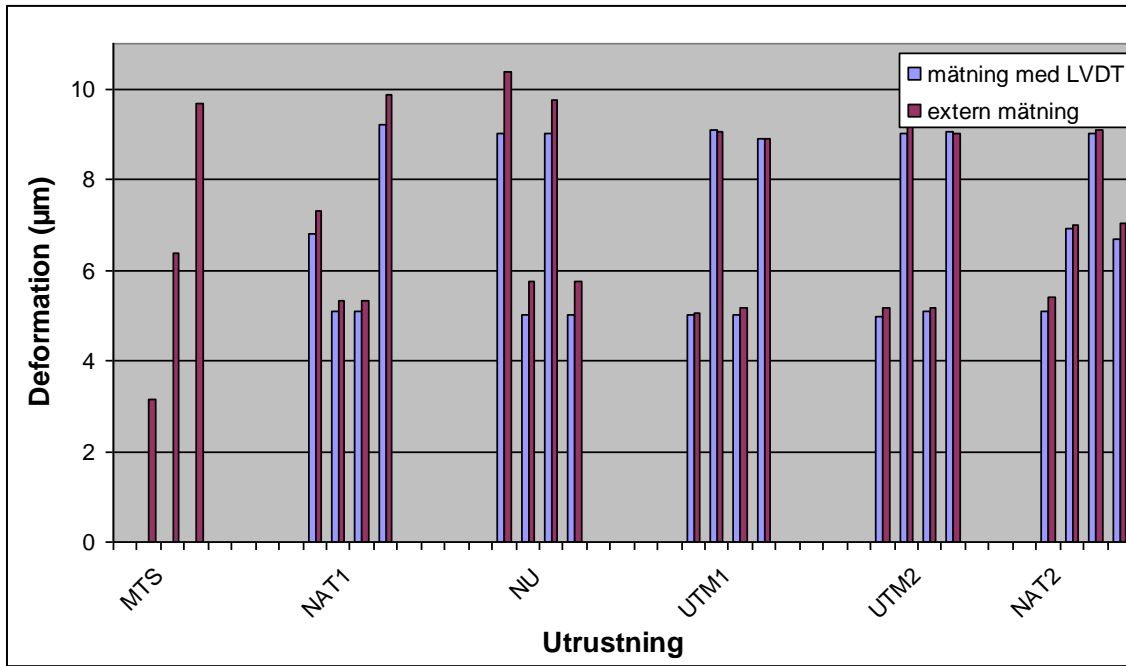


Figur 9 Kraft- och deformationsmätningar på stålprov från UTMI-utrustning samt deformation från extensometer.

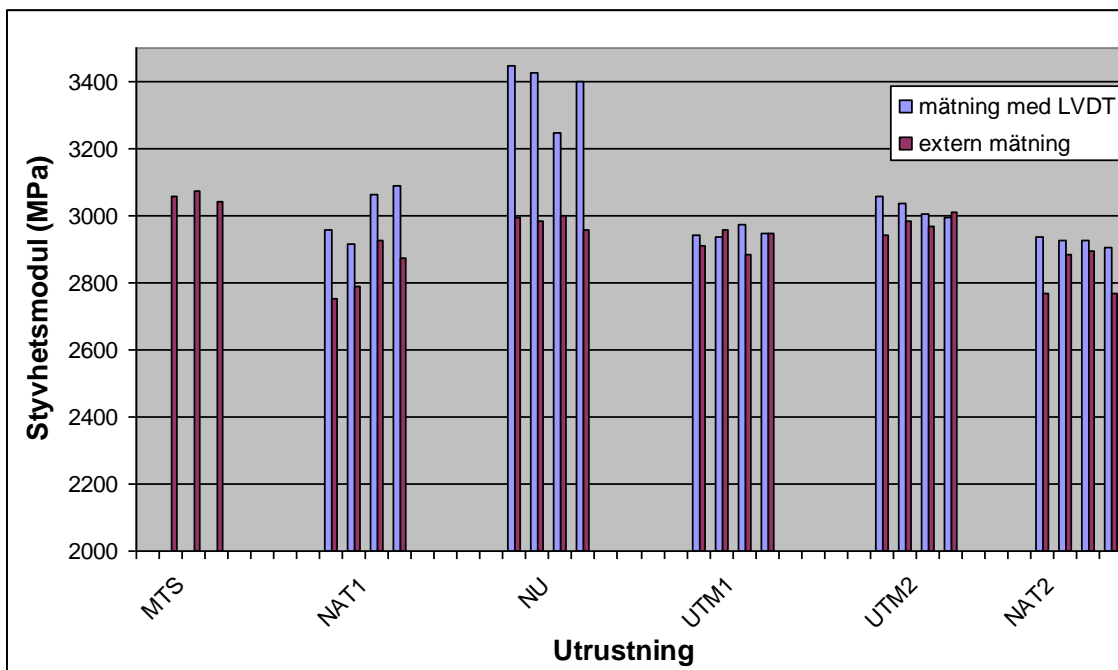


Figur 10 Kraft- och deformationsmätningar på stålprov från UTM2-utrustning samt deformation från extensometer.

I figur 11 visas resultatet från mätningarna på stålprov med extern (extensometer) och LVDT från utrustningarna som ingick i detta arbete. MTS:en kunde inte testas med LVDT:er pga. ett externt system med LVDT saknades. Resultat för MTS visas bara för jämförelsens skull. Eftersom stålroret består av ett elastiskt material blir det ingen skillnad i modulen vid olika deformationsnivåer eller belastningstider och därmed elimineras inverkan av enkel- och dubbelverkande belastningssystem. Det framgår att NU och NAT1 utrustningarna visar något större deformationer med extensometern i jämförelse med utrustningens LVDT. UTM1, UTM2 och NAT2 visar nästan identiska deformationer vilket därmed resulterar i jämförbara styvhetsmoduler. Det kan konstateras att UTM-utrustningarna, som är av senare generation (med bättre kontroll av mätdata), i praktiken inte ger några skillnader mellan deformationer uppmätta med olika mätsystem.



11a



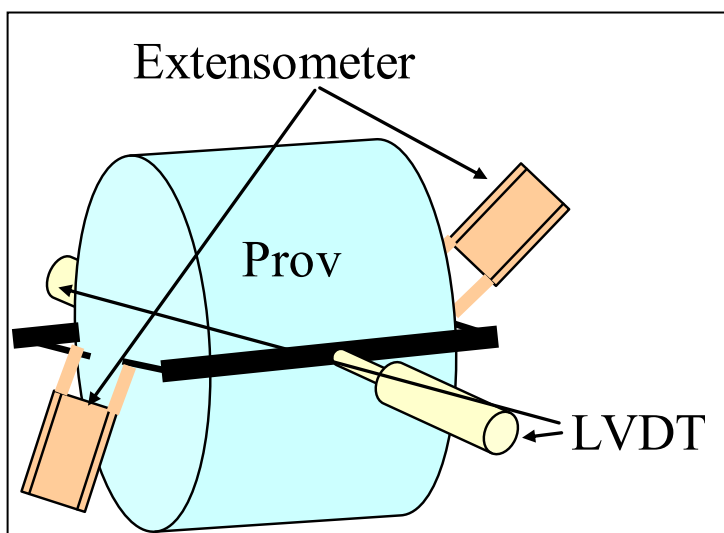
11 b

Figur 11 Deformation och styvhetsmodul på stålprov med extern och utrustningarnas deformationssystem.

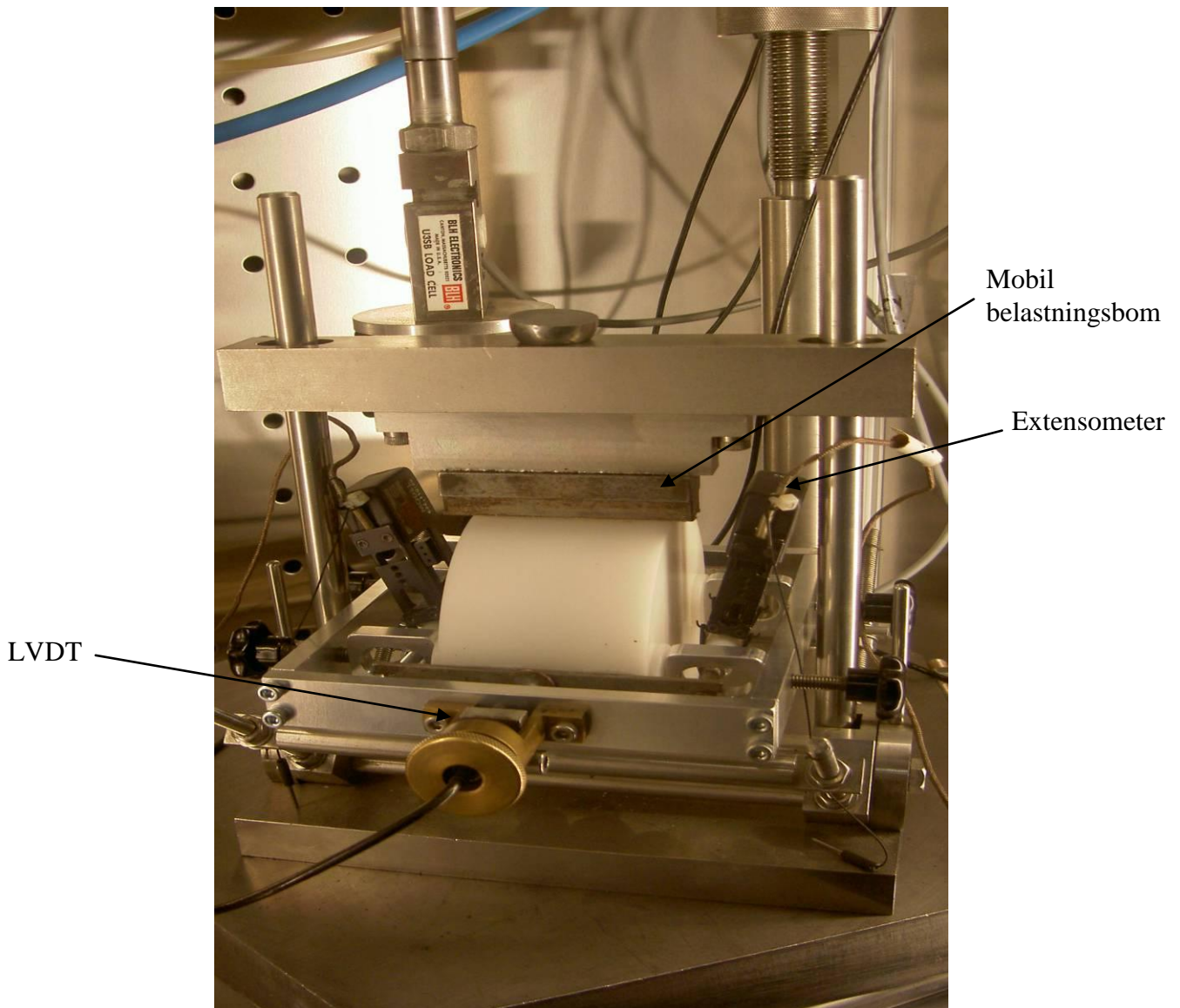
Deformationsanordning

Som påpekades tidigare förekommer det två anordningar vid deformationsmätning. Med LVDT system mäts deformationen med två LVDT i mittpunkten på varje sida av mantelytan medan extensometersystemet (två extensometrar monterade på ditklistrade skenor) påverkas av hela provkroppens tjocklek, vilka visas i figur 12. Vid utförandet antas att lastfördelningen genom belastningsbommen är jämnt fördelad över hela provkroppen. För att nå denna situation måste provet vara homogent och ha en perfekt geometri (samma diameter över hela provets tjocklek). Belastningsbommen måste ha jämn kontakt över hela provets tjocklek. Denna idealiska situation är omöjligt att uppnå i verkligheten. Av den anledningen kan vissa variationer förväntas utöver skillnader i mätsystemen.

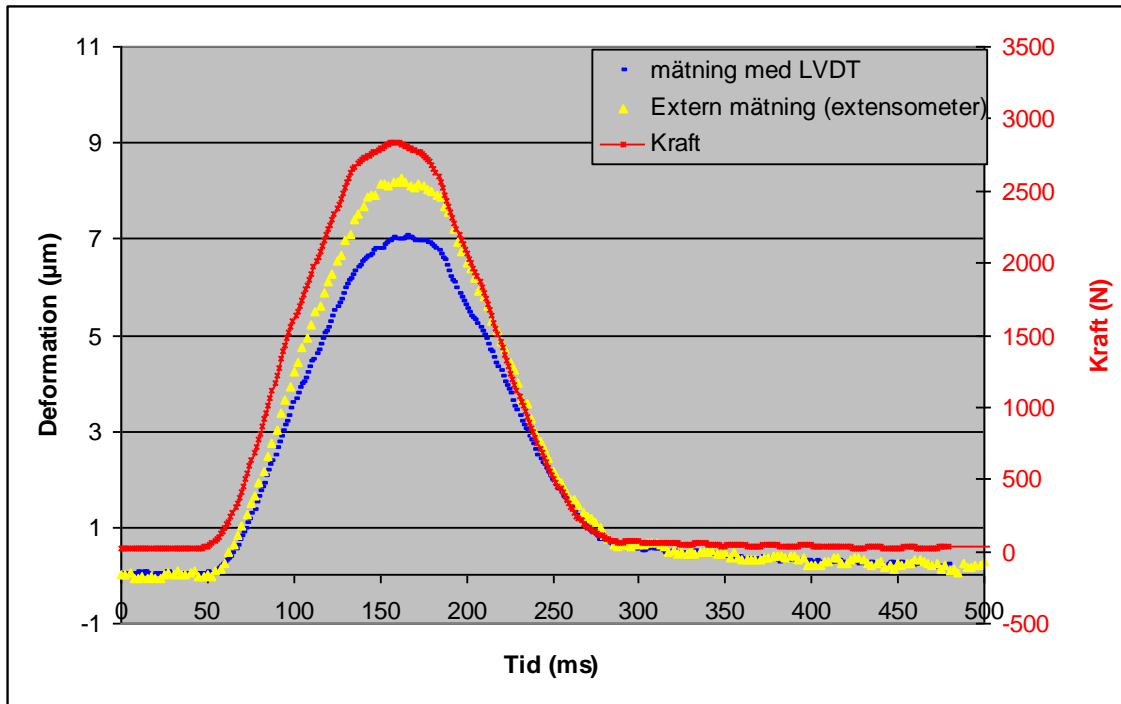
Figur 13 visar den något modifierade anordningen för utförande av ett test med både LVDT- och extensometersystem samtidigt. Eftersom det förekom en viss variation i bredden av den översta belastningsbommen mellan olika laboratorierna har en extra mobil belastningsbom använts i detta arbete. Detta för att ha samma kontaktyta oberoende av utrustning (Hakim et al., 2008). Tyvärr ledde det till en extra kontaktyta mellan utrustningens belastningsbom och den mobila belastningsbommen. Detta kan ha en viss effekt på resultaten. I nästa etapp vid undersökning av asfaltprov måste man använda endast en belastningsbom med samma kontaktyta. Figur 14 och 15 visar deformationsmätningar för två UTM-utrustningar, vilka har visat identiska resultat med deformationssystemen vid undersökning av stålroret. Deformationsamplituden, som uppmätts med extern utrustning (extensometer), visar 12,3 % respektive 7 % högre deformationsamplitud än med LVDT i detta arbete. Som påpekades ovan (utöver skillnader i mätsystemen) kan provkroppens homogenitet och lastfördelning genom belastningsbommarna ha påverkat resultaten också. Det bör påpekas att motstridiga resultat har rapporterats tidigare (Viman et al., 2007; Said och Viman, 1998). Ytterligare undersökningar behövs för att verifiera om det finns signifikanta skillnader mellan deformationssystemen.



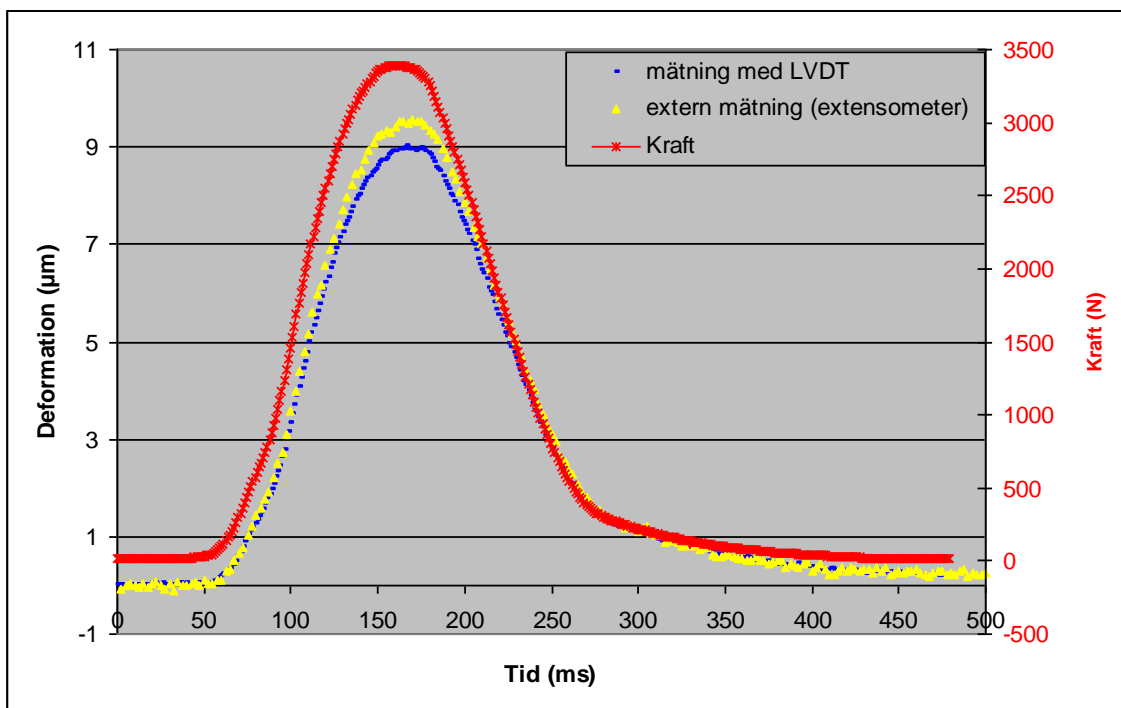
Figur 12 Mätning av deformation med två olika deformationsgivare.



Figur 13 Placering av extensometer och LVDT på Delron dummyprovkropp vid bestämning av styvhetsmodulen.



Figur 14 Kraft- och deformationsmätningar på Plexiglas från UTM1-utrustning samt deformation från extensometer.



Figur 15 Kraft- och deformationsmätningar på plexiglas från UTM2-utrustning samt deformation från extensometer.

4 Modulbestämningar

Kraftmätningar har visat i det närmaste identiska belastningspulser för dubbelverkande system hos NU, UTM och MTS utrustningarna. Som påpekades tidigare kunde kraftpulsen för NAT inte mätas med den externa kraftgivaren. Däremot varierade deformationsmätningarna något mellan olika utrustningar. Om utrustningarna visar ungefär samma kraft och deformation bör skillnader i modulmätningar med olika utrustningar vara små. Av den anledningen har modulmätningar utförts med två deformationssystem. Kraften registrerades endast från utrustningens kraftgivare.

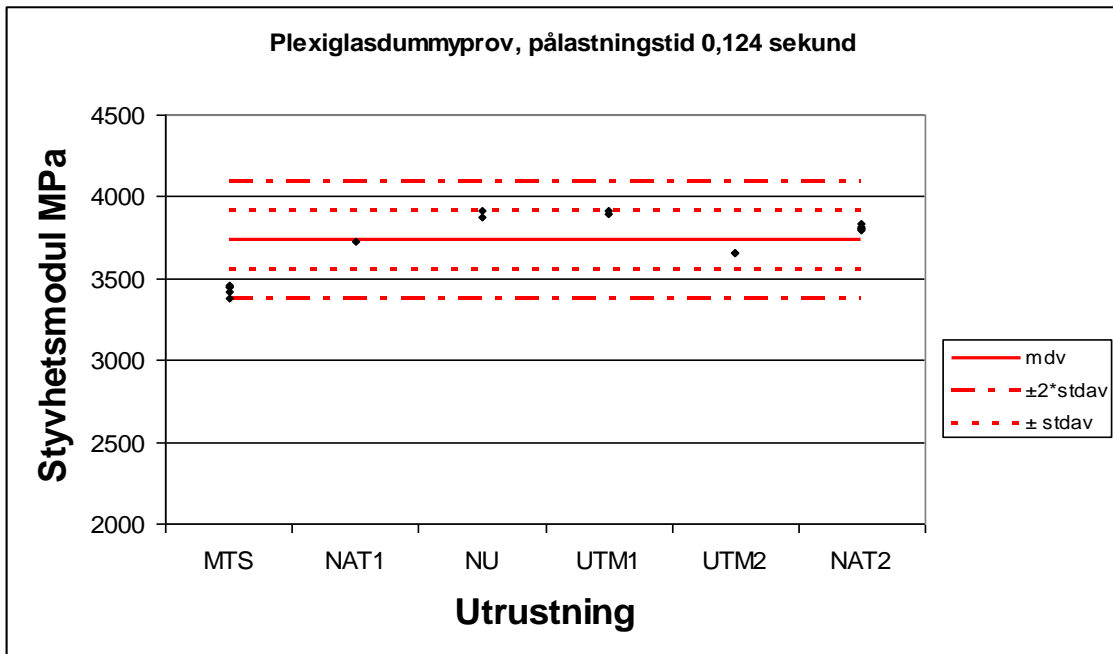
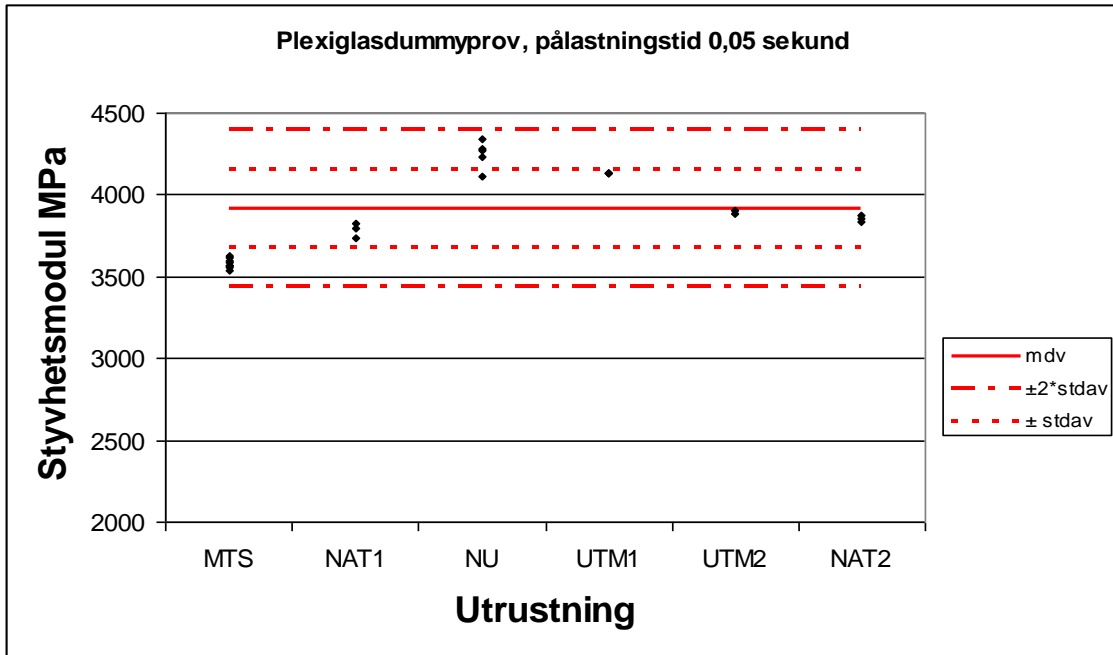
Vid bestämning av styvhetsmodul har två dummyprovkroppar använts. Deformationsmätning sker med båda systemen men kraften mäts dock endast med utrustningens kraftcell (utan den externa kraftcellen). En provkropp består av plexiglas och den andra består av delron-material. Som beskrevs ovan sker mätning av deformation med externa extensometrar utanför provkroppen via två deformationsskenor, medan LVDT-givarna sitter i mitten av provkroppen enligt figur 12 och 13. Syftet är att kontrollera om det finns skillnader i uppmätta styvhetsmoduler mellan olika system och utrustningar. Det bör erinras, som diskuterades tidigare, att även skillnader i provkroppens diameter över provkroppens tjocklek eller kontakten mellan belastningsskenan och provet kan leda till skillnader mellan både LVDT- och extensometersystemen, eftersom LVDT mäter i en punkt i mitten medan extensometern, som sitter på deformationsskenor, påverkas av hela provets tjocklek.

Dummyprovkropparna har testats i rumstemperatur vid olika belastningstider vid varje laboratorium (vissa skillnader av temperaturer kan ha förekommit mellan olika laboratorier, dock antogs de ha mindre effekt på dummyprovkropparna). Resultatet av erhållna styvhetsmoduler (medelvärde av 5 pulser endast i ena riktningen av provkroppen) redovisas i figur 16 och 17 för plexiglas- och delronprovkroppar baserade på deformationsmätningar med utrustningens LVDT vid två belastningstider. Tyvärr var antal mätningar begränsade med vissa utrustningar varför en fullständig statistisk analys inte utfördes.

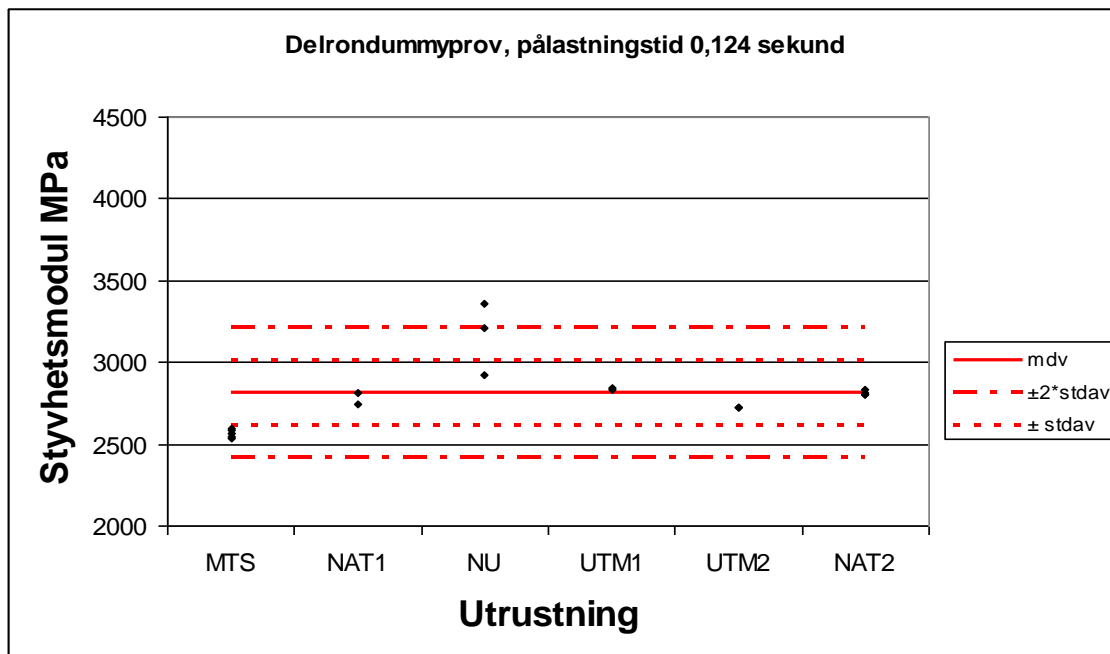
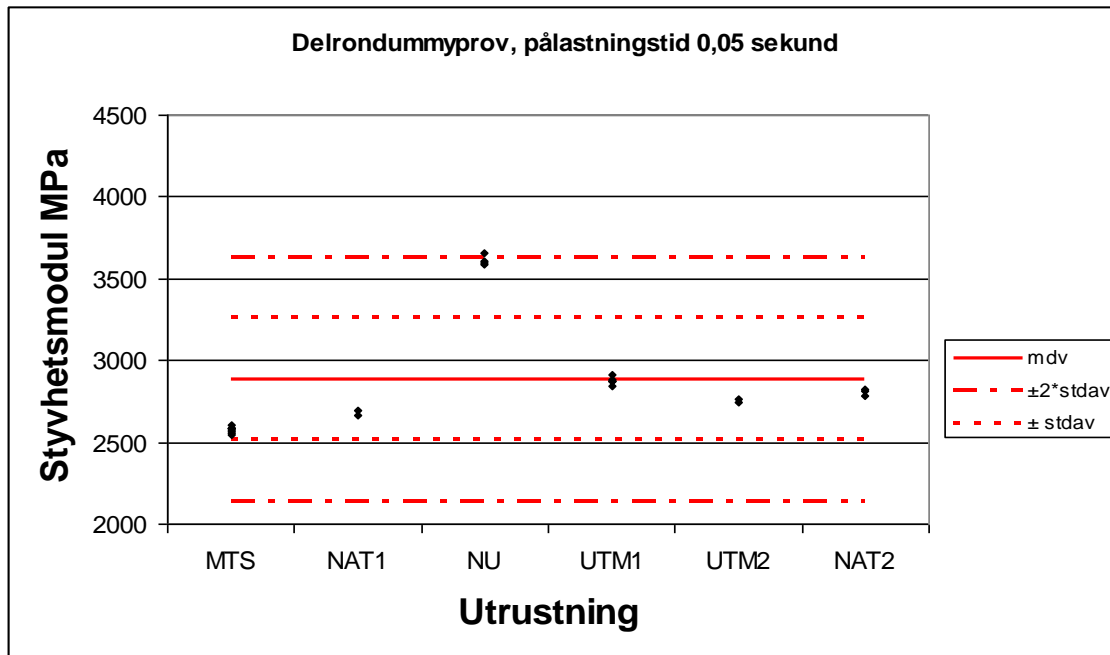
Modulmätningar med NU-utrustning visar högre värden och större spridning i resultaten än övriga utrustningar utom vid undersökning av plexiglasprovkroppen med 0,124 sek belastningstid. Även delronprovet visar tendens till mindre skillnad i jämförelse med medelvärdet vid 0,124 sek.

MTS visar genomgående en tendens till lägre moduler än övriga utrustningar. Som påpekades tidigare kan det bero på att modulmätningen är baserad på medelvärde av deformationen. Räknas medelvärdet för alla laboratorier utan NU:s resultat skulle det leda till att MTS-utrustning visar betydligt lägre moduler än de övriga utrustningarna. Vidare undersökningar behövs för att verifiera detta.

UTM1, UTM2, NAT1 och NAT2 visar liknande resultat, se figur 16 och 17.



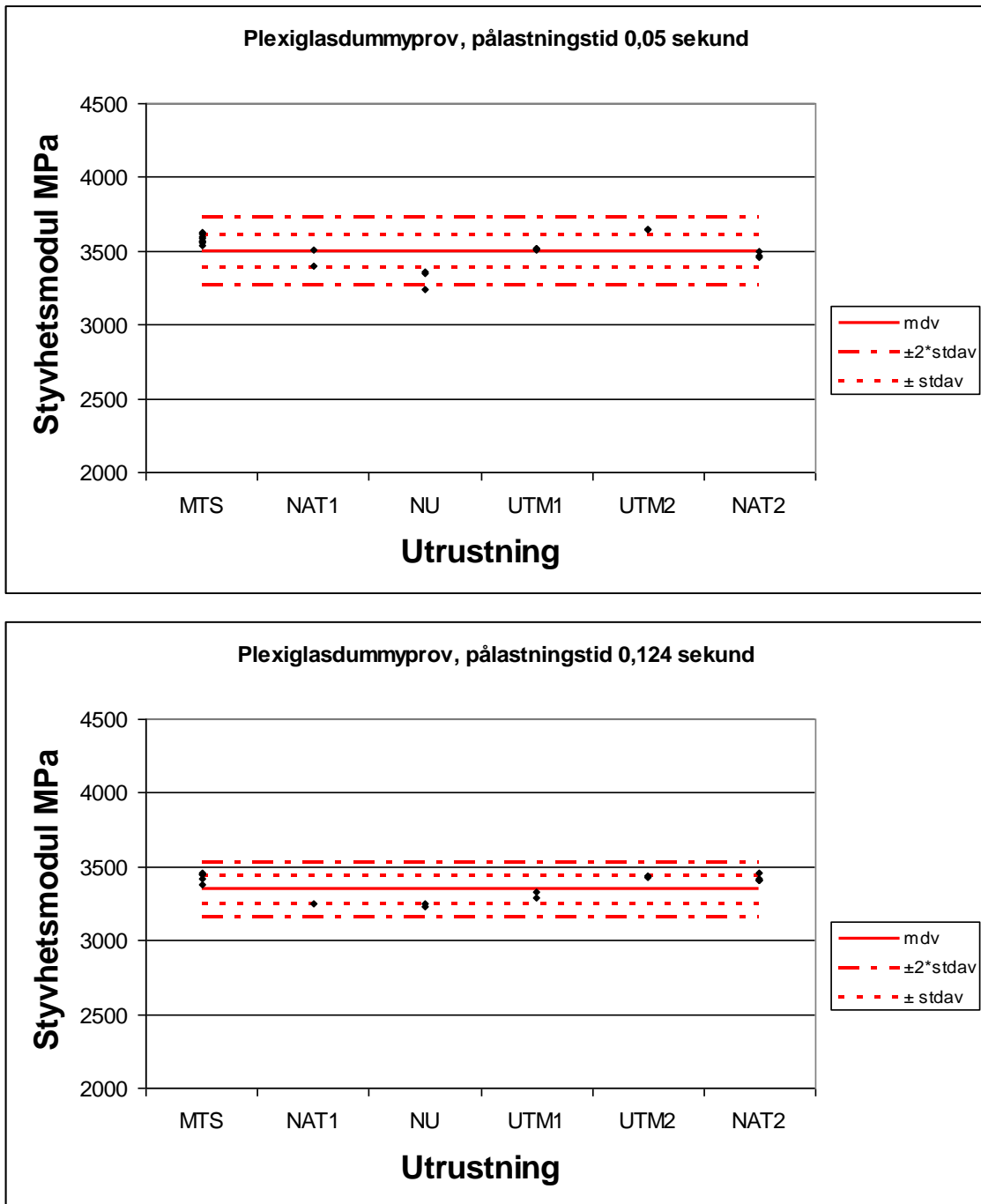
Figur 16 Medelvärde och standardavvikelse av styvhetsmodul (med utrustningarnas LVDT) för plexiglasprovkroppen vid en pålastningstid på 0,05 och 0,124 sekunder vid rumstemperatur.



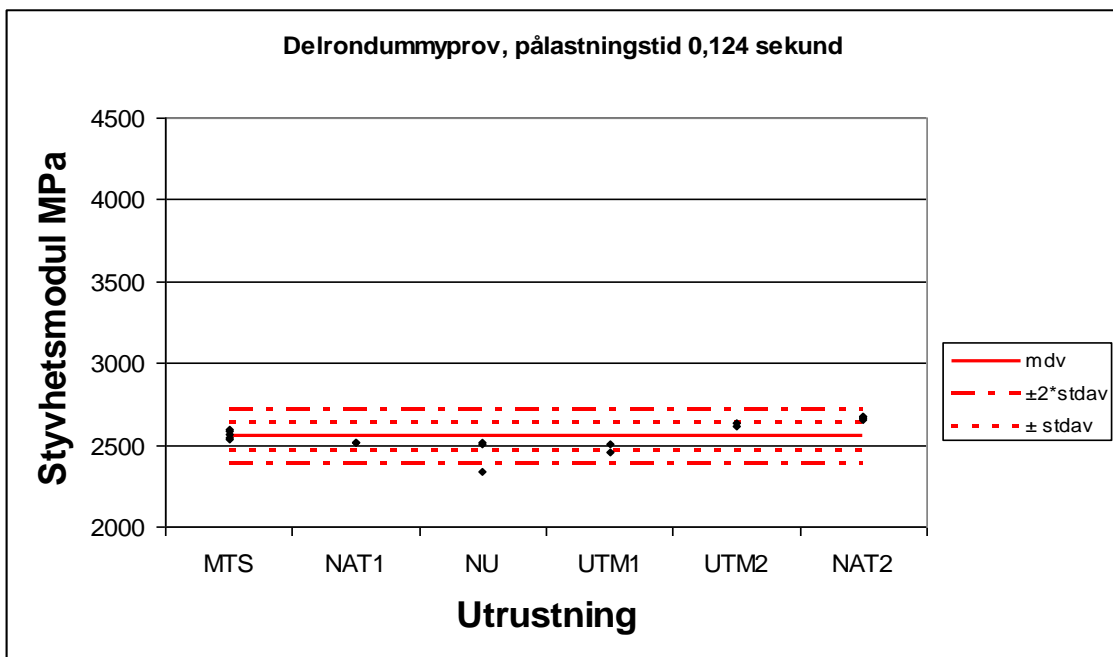
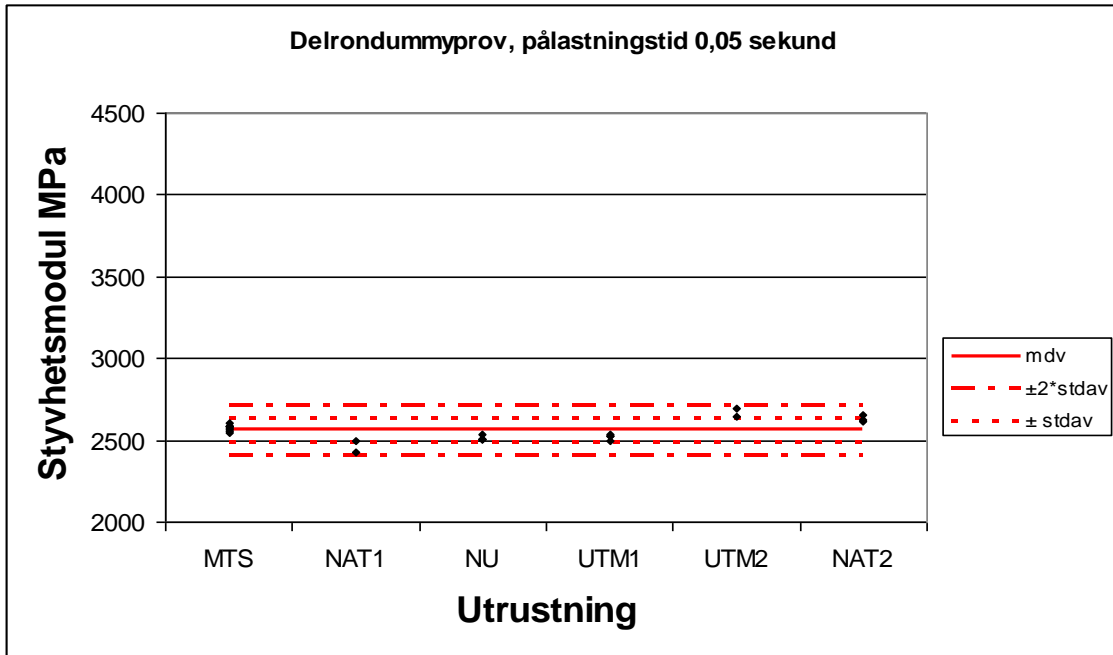
Figur 17 Medelvärde och standardavvikelse av styvhetsmodul (med utrustningarnas LVDT) för delronprovkroppen vid en pålastningstid på 0,05 och 0,124 sekunder vid rumstemperatur.

Figur 18 och 19 visar modulmätningar med den externa deformationsgivaren. Det innebär att samma givare och deformationsanordning har använts vid olika utrustningar dock med utrustningarnas belastningssystem. Eftersom Plexiglas och Delron material är relativt elastiska vid rumstemperatur och vid små deformationer bör inverkan av belastningspulsen vara liten i den här undersökningen. Det framgår att skillnaderna mellan olika utrustningar blir mycket mindre i jämförelse med figur 16 och 17 när olika LVDT har använts. Slutsatsen är att deformationsmätningar har stor effekt på resultaten. Bättre

kontroll av testparametrar vid provning och krav på rapportering av mätdata är ett måste för att uppnå låga skillnader mellan olika utrustningar.



Figur 18 Medelvärde och standardavvikelse av styvhetsmodul baserad på extern deformationsgivare för plexiglasprovkroppen vid en pålastningstid på 0,05 och 0,124 sekunder vid rumstemperatur.



Figur 19 Medelvärde och standardavvikelse av styvhetsmodul baserad på extern deformationsgivare för delronsprovkroppen vid en pålastningstid på 0,05 och 0,124 sekunder vid rumstemperatur.

5 Slutsatser

På äldre utrustningar av typen NAT och NU framgår inte belastningspulsen i funktion av tid. Belastningstid och pulsform kan vara avgörande vid modulmätning.

Det konstaterades att det inte är några problem med belastningspulsens form eller tid när dubbelverkande system används. Däremot finns det begränsad möjlighet för styrning av belastningspulsen hos enkelverkande system. Slutsatsen från undersökning är att undvika att använda utrustningar som inte kan visa belastningspuls med exakt belastningstid då det föreligger tvister. Förslag på ändring av EN standarden bör diskuteras.

Tillgången till mätdata för utrustningar av äldre generation begränsar operatörens möjlighet att kontrollera testet och analysera mätdata på ett tillfredställande sätt.

Slutsatsen är att deformationsmätningar har stor effekt på resultaten. Det är nödvändigt med kontroll av deformationsmätningar vid provning även om givarna är kalibrerade. Detta bidrar till att upptäcka avvikelser samt för att garantera att mätdata analyseras enligt gällande standard.

Slutkommentaren är att bättre kontroll av testparametrar vid provning och krav på kontroll av mätdata är ett måste för att uppnå säkra resultat och höja kompetensnivån inom området.

Vidare undersökningar med asfaltprov behövs för verifiering av slutsatserna och för bestämning av variation inom och mellan laboratorier. För nästa etapp bör asfaltprov-kroppar undersökas bara med utrustningar som visar belastningspuls som funktion av tid. Deformationspulsen som funktion av tid måste vara tillgänglig för att kunna följa upp metodbeskrivningar och analysera resultaten på ett enhetligt sätt (för att bli oberoende av tillverkarnas mjukvara och analyssätt). Det kommer också att leda till vilka testparametrar som måste kontrolleras vid modulmätningar, med andra ord förslag för förbättring av EN-standard för styvhetsmodulmätning.

Referenser

Said, S.F. & Viman, L.: Styvhetsmodul genom pressdragprovning, Jämförande provning. VTI meddelande 808, 1998. Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping.

Viman, L., Hakim, H. & Said, S.F.: Styvhetsmodul Jämförande provning. VTI notat 19, 2007. VTI, Linköping.

SS-EN 12697-26:2004 Annex C: Vägmateriäl - Asfaltmassor – Provningsmetoder för varmblandad asfalt – Del 26: Styvhet.

Hakim, H., Said, S.F. & Viman, L.: Evaluation of indirect tensile test according to en standard. 4th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Copenhagen, 2008.

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovsningsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

