



Aalto University
School of Engineering

Reometrimittaukset bitumille

Diplomityö osa REMIX-tutkimusta

Kalle Aromaa

18.11.2015

Sisältö

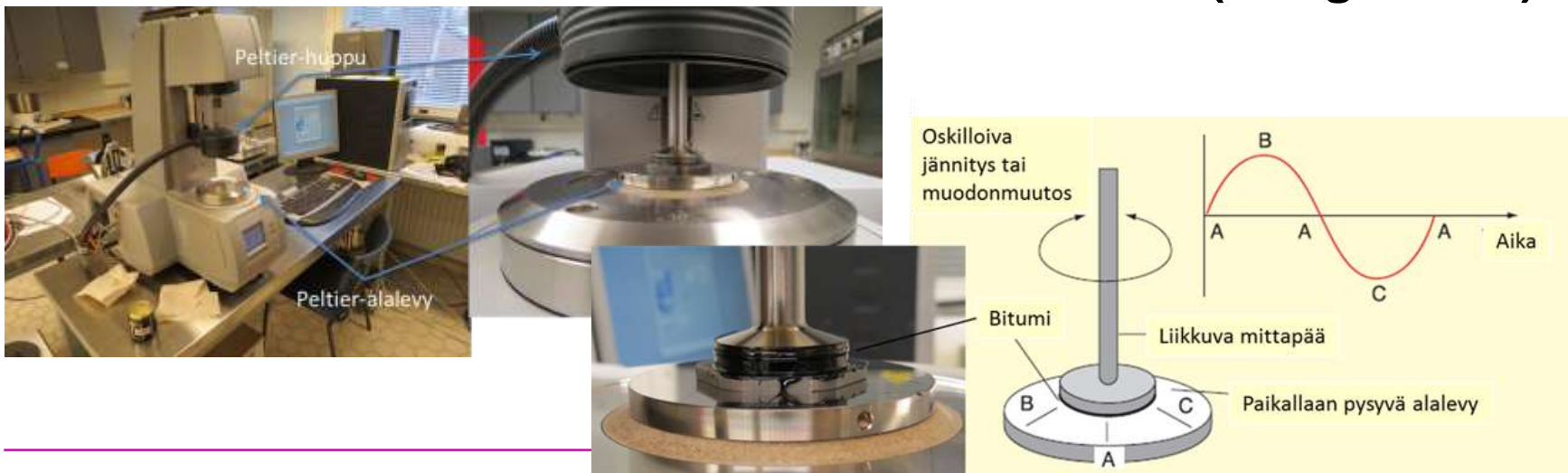
- **Bitumin ominaisuuksia**
- **Mittaaminen reometrilla**
- **Reometrilla saatavia tuloksia**
- **Diplomityön aihe**
- **Diplomityön alustavia tuloksia**

Bitumin ominaisuuksia

- **Lämpötila ja kuormitusaika vaikuttavat merkittävästi bitumin mekaanisiin ominaisuuksiin ja olomuotoon**
 - Kylmissä lämpötiloissa elastinen ja hauras kiinteä aine, kun taas korkeissa lämpötiloissa viskoosi neste
 - Vastaavasti lyhyillä kuormitusajoilla käyttäytyy kiinteän aineen tavoin ja pitkällä kuormitusajoilla ”nestemäisesti”
 - Väliin jäävällä alueella käyttäytyy ääripäidensä sekoituksena eli viskoelastisesti (*hitaasti virtaava neste*)

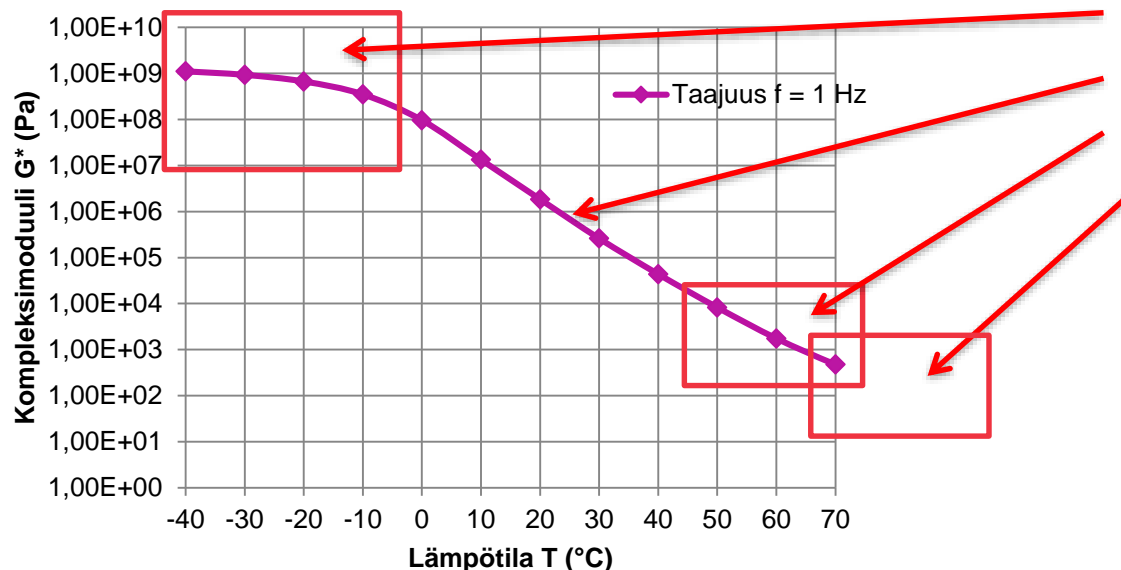
Bitumin mittaaminen reometrilla

- Mitataan jännityksen ja muodonmuutoksen välistä riippuvuutta
- Bituminäytettä kuormitetaan leikkaussuunnassa
- Yhdellä testillä voidaan tutkia bitumin käyttäytymistä eri lämpötiloissa sekä kuormitusajoilla
- Mittaukseen tarvittava bitumin määrä vähäinen (alle gramma)



Reometrilla mitattavat parametrit: Kompleksimoduuli G^*

- Kompleksimoduuli G^* [Pa]: kuvaa kuinka paljon materiaali pystyy vastustamaan muodonmuutosta kuormitustilanteessa (jäykkyys)
- Arvot ovat **vertailukelpoisia tunkeuma-arvojen kanssa**



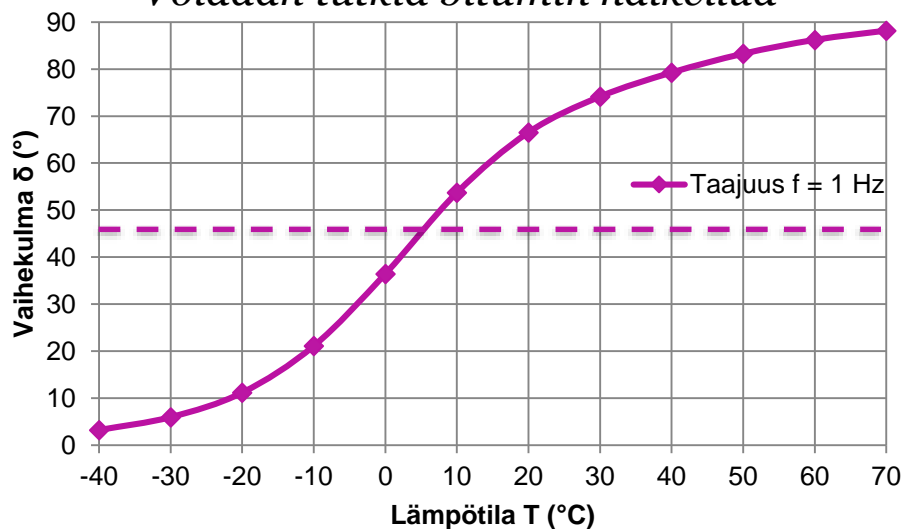
- Fraass-murtumispiste
- Tunkeuma
- Pehmenemispiste
- Viskositeettimittaukset



Voidaan tutkia bitumin ominaisuuksia koko käyttöalueella!

Reometrilla mitattavat parametrit: Vaihekulma δ

- Vaihekulma δ [$^\circ$]: kuvaa kuinka suuri osa kuormitusilanteessa olevasta muodonmuutoksesta on palautuvaa (elastisuus)
 - Arvot välillä $0-90^\circ$
 - Voidaan tutkia bitumin halkeilua



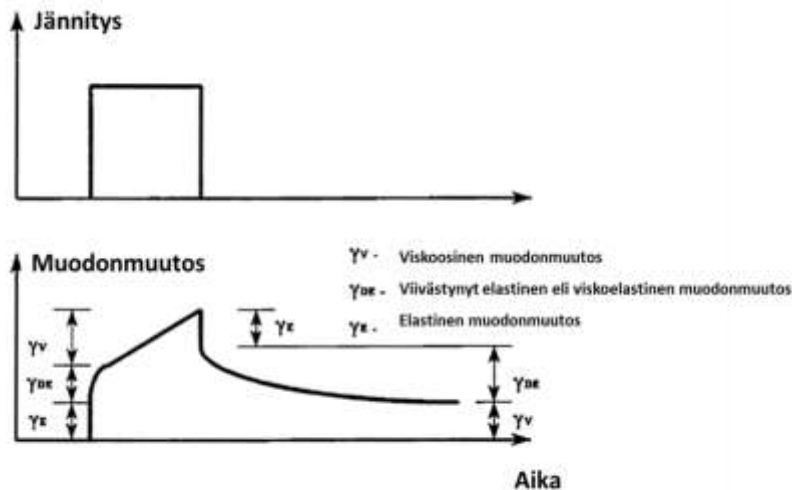
viskoosi

$\delta = 45^\circ \rightarrow$ viskoosi ja elastinen osuus yhtä suuria

elastinen

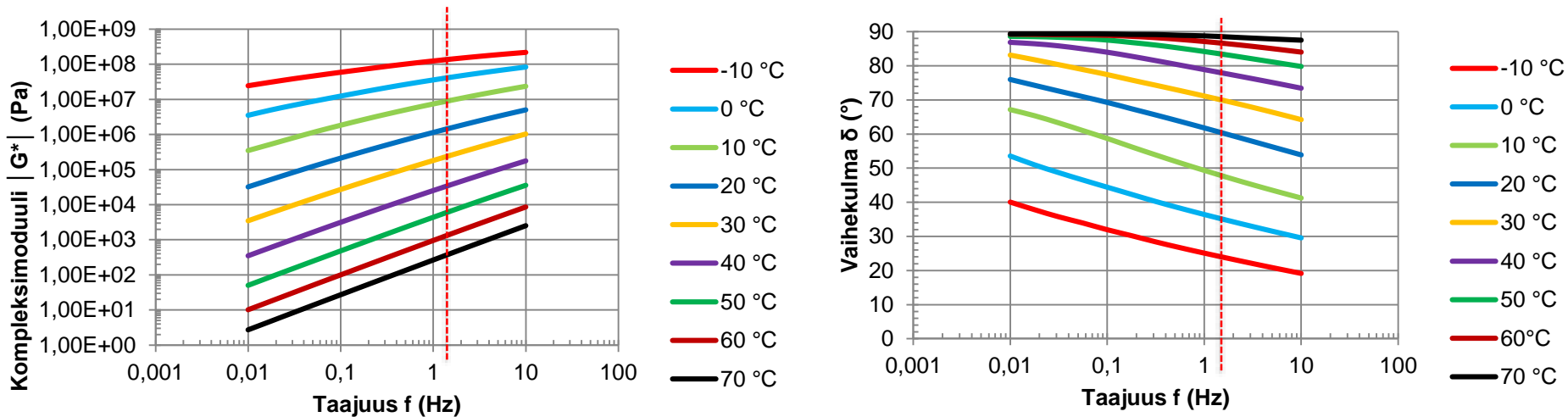
Bitumin viskoelastisia piirteitä

- **Viruminen**
 - Kun bitumia kuormitetaan vakiovoimalla pitkän ajan kuluessa, siinä alkaa tapahtua hidasta muodonmuutosta eli virumista
 - Ilmenee tiessä deformaatiourautumisena



Kuormitusajan vaikutus

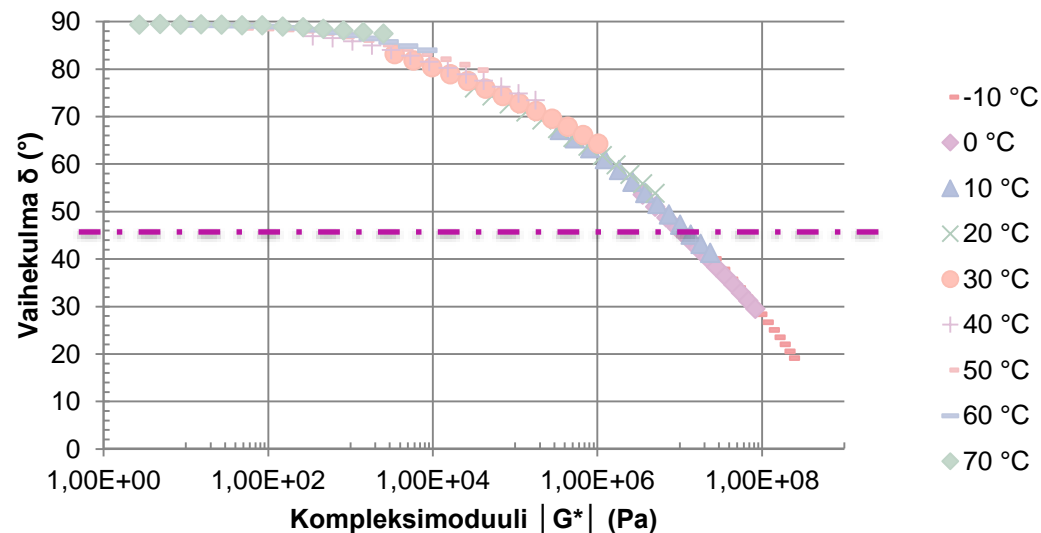
- **Voidaan tutkia myös, miten kuormitusaika vaikuttaa bitumiin**
 - Ominaisuutta mitataan taajuuden ($f = [\text{Hz}]$) avulla
 - *Alhainen taajuus = pitkä kuormitusaika (liikenne pysyy paikallaan) → pehmeä*
 - *Korkea taajuus = lyhyt kuormitusaika (suuret ajonopeudet) → jäykempi*



Taajuus **1,59 Hz** (10 rad/s) vastaa nopeudella **80 km/h** ajavan rekan pyörän vaikutusta bitumiin → vastaa kuormitusaikaa **0,1 s**

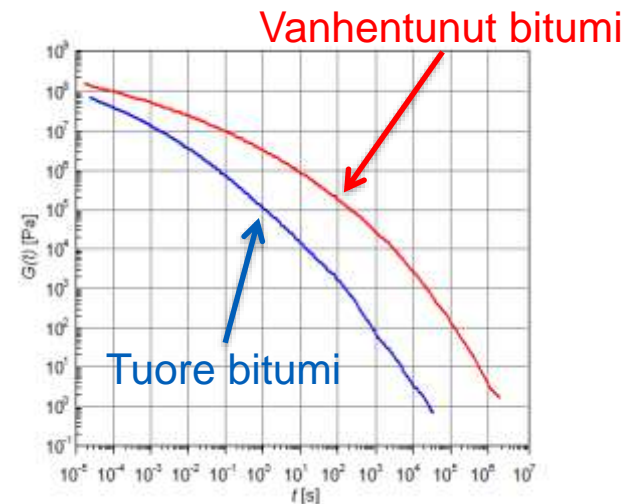
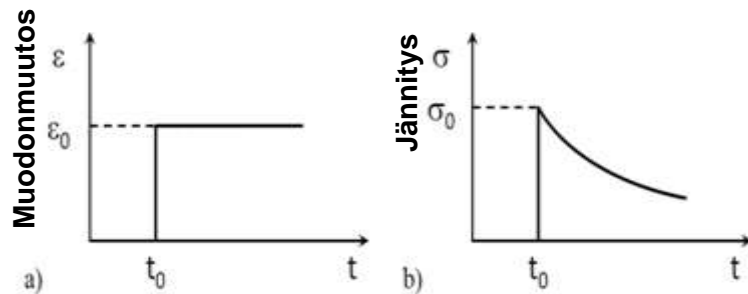
Black diagrammi

- Kuvaa kompleksimoduulin ja vaihekulman riippuvuutta eli materiaalin jäykkyyden ja elastisuuden riippuvuutta
- Kuvaa bitumin käyttäytymistä ilman taajuutta tai lämpötilaa
 - Mahdollistaa tulosten esittämisen yhdellä kuvaajalla
- Kuvaajan jatkuvuudesta voidaan arvioida mittaustulosten oikeellisuutta



Relaksaatio

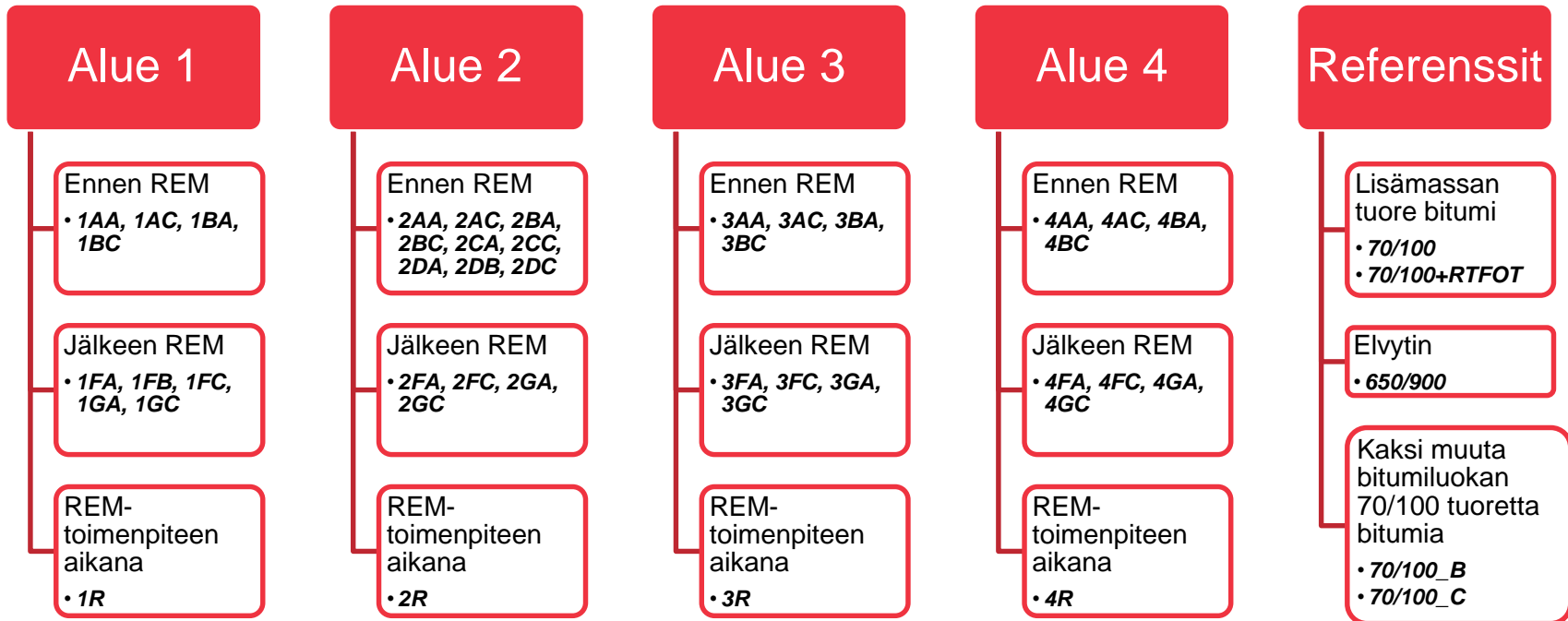
- Bitumiin aiheutettu muodonmuutos synnyttää materiaaliin jännityksiä, jotka pyrkivät relaksoitumaan
- Ominaisuus ilmenee tiellä pakkashalkeiluna
- Relaksaatiomoduuli $G(t)$ kuvaa, miten bitumi pystyy relaksoimaan siihen syntyviä jännityksiä



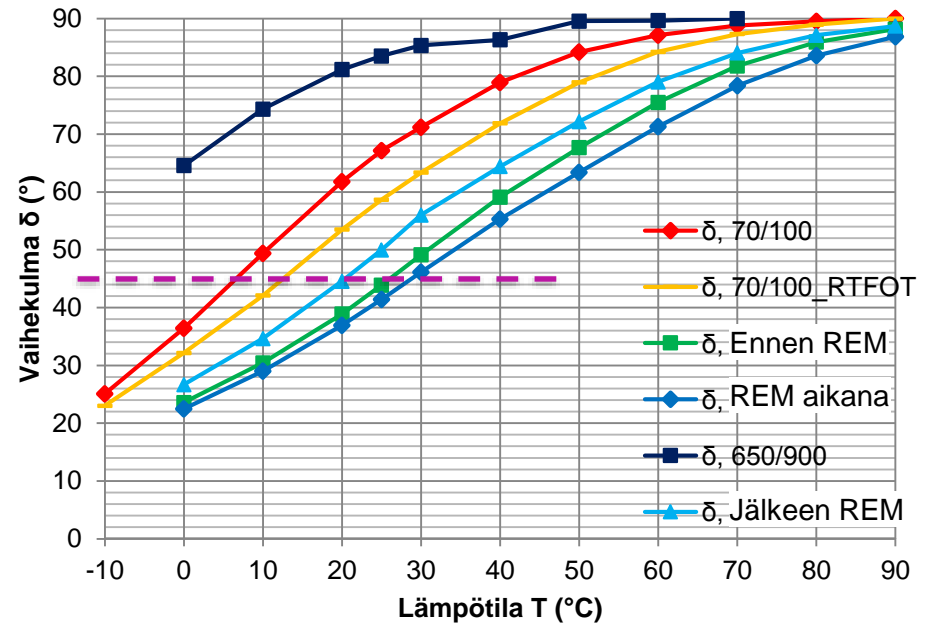
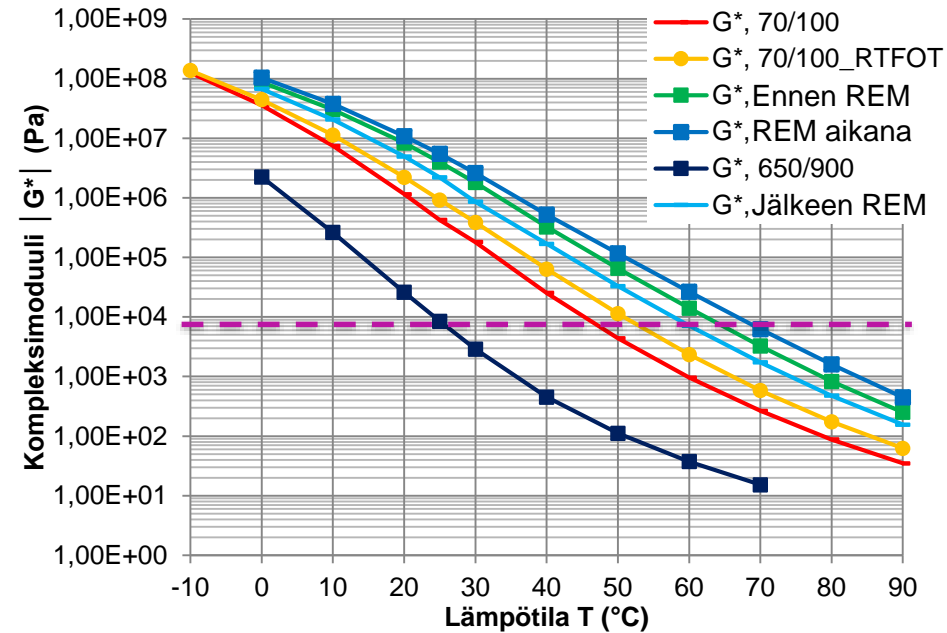
Diplomityö

- **Bitumin vanhenemisen ja elvyttämisen vaikutukset sen reologisiin ominaisuuksiin**
 - Miten bitumin reologiset ominaisuudet muuttuvat REM-prosessin eri vaiheissa?
 - *Kuinka paljon ja miten bitumi vanhenee käyttöaikana?*
 - *Vaikuttaako REM-toimenpide (päällysteen uudelleenlämmitys)?*
 - *Miten elvyttäminen muuttaa vanhentuneen bitumin ominaisuuksia?*
 - Miten ominaisuuksien muutoksia voidaan todentaa ja arvioida reologisten parametrien avulla?

Näytteet

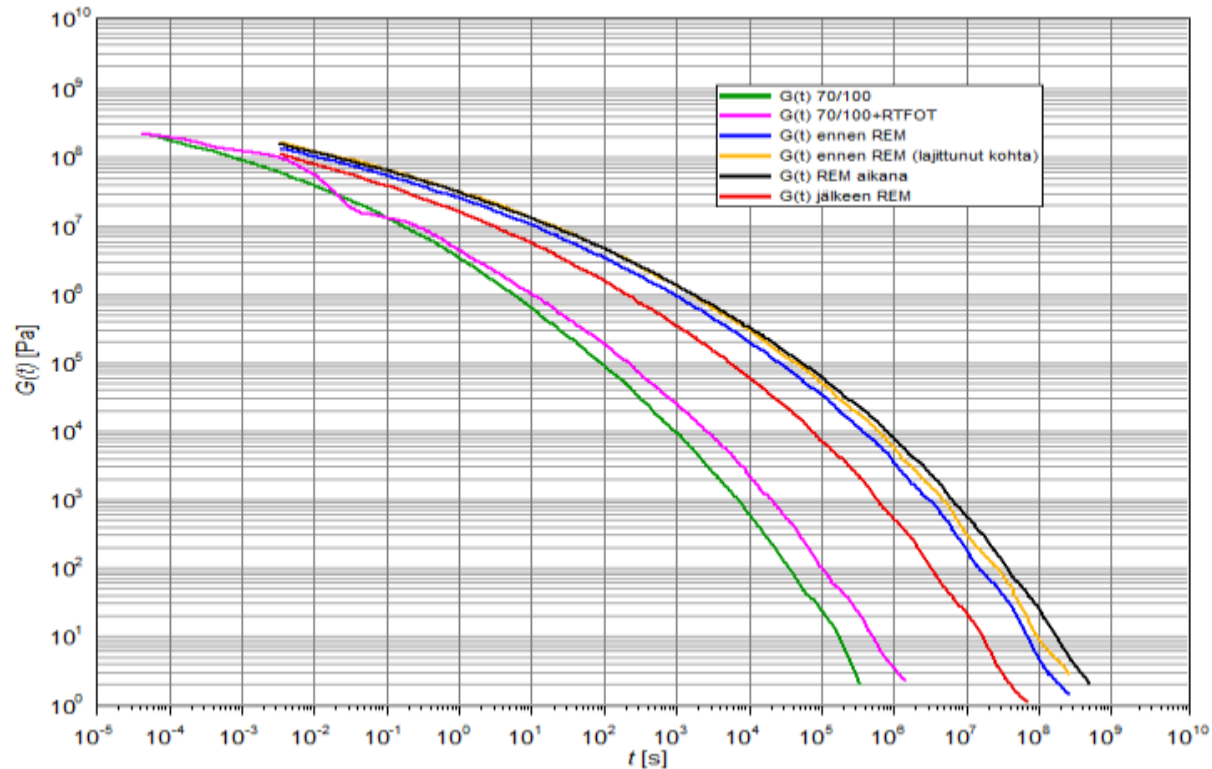


Mittaustuloksia: alue 2

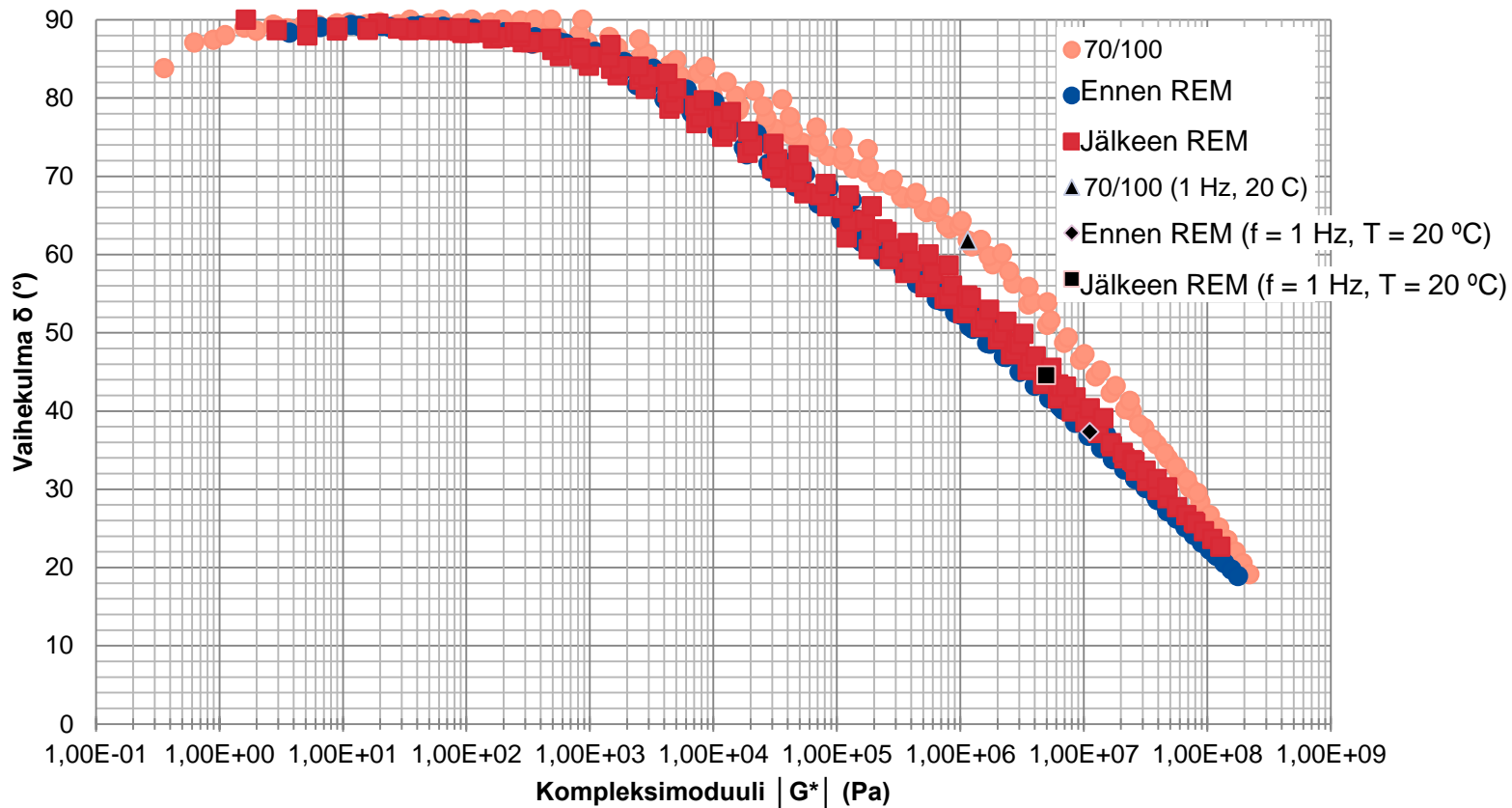


Relaksaatiomoduuli, alue 2

Relaksaatiomoduulin $G(t)$ arvoja lämpötilassa 5 °C

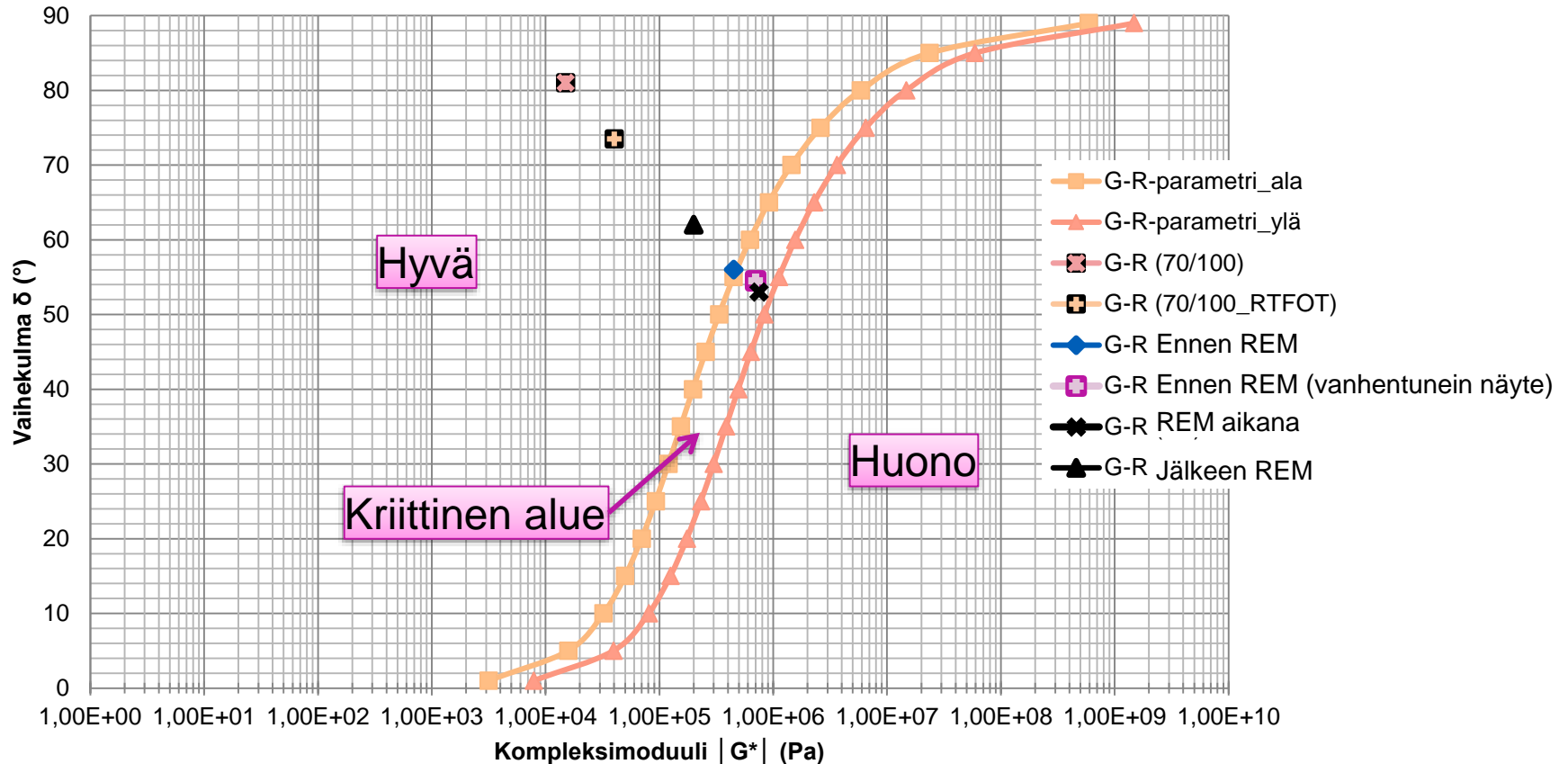


Black diagrammi, alue 2



G-R-parametri, alue 2

- Bitumin väsymiskestävyyttä kuvaava parametri



Kiitos!