



Aalto University
School of Engineering

REMIX- tutkimus

*Prof. Terhi Pellinen, Ph.D., Eur. Ing.
Rakennustekniikan laitos*

**LiVi, Elinkaaritehokas tiepäällyste, Loppuseminaari
21.11.2017, Pasila, Helsinki**

Sisältö

Tutkimuksen vaiheet

REMIX - uusiopinta

Toimenpiteet ja ohjaus

Toiminnalliset parametrit



Aalto University
School of Engineering

Tutkimuksen vaiheet

ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUSOHJELMA: ELINKAARITEHOKAS TIEPÄÄLLYSTE

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Alustavat ja rinnakkaiset tutkimukset:						
Kekä II vauriotutkimus						
Lämpökameratutkimus 2013, Nevalainen, N. DT						
Lämpökameratutkimus 2014, Nevalainen, N. ET						
Bitumin diffuusiotutkimus, Fawad A. DT						
Bitumin vanh. ja elvyttäminen, Aroma, K. DT						
REMIX-projekti:						
Laboratoriotutkimukset						
Kenttätutkimukset, koetiet						
TYHJÄTILA-projekti:						
Laboratoriotutkimukset ja datan analyysi						
Kenttätutkimukset, koetiementaukset						
Tulosseminaari LIVI		x	x	x	x	x
Väylät & liikenne 2014, 2016			x		x	
SIB 2015, Ancona, Italy				x		
TRFi Tampere, 2016					x	
TRA2016, Warsova, Puola					x	
EATA 2017, Zurich ,Sveitsi						x
Baltic Road Conference 2017, Tallinna, Viro						x

Aalto OpenLearning

 **A?** Aalto OpenLearning COURSES ENGLISH (EN) ▾

Elinkaarihokas tiepäällyste

Participants

Grades

- Course home page
- Tulosseminaarit
- REMIX tutkimus**
- TYHJÄTILA tutkimus
- Työkaluja

Dashboard

Site home

Private files

Dashboard / My own courses / Elinkaarihokas tiepäällyste / REMIX tutkimus / Julkaisut ja raportit

Julkaisut ja raportit

I. Thesis and Dissertations

1. Aromaa, Kalle, diplomityö (2016)
Bitumin vanhenemisen ja elvyttämisen vaikutukset sen reologisiin ominaisuuksiin
The effects of ageing and rejuvenation on bitumen rheology
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201603291573>
2. Ahmed, Fawad, Master's thesis (2016)
Diffusion of the rejuvenators into bitumen studied by FTIR-ATR as a function of temperature and bitumen properties
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201612085849>
3. Makowska, Michalina, Doctoral dissertation (2017)
The physicochemical influence of the inorganic phase on the aging and performance of asphalt pavements in Finland
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-7645-4>



Aalto University
School of Engineering

REMIX- uusiopintaus

Asfaltin uusiokäyttöä Suomessa aina 70-luvulta → yli 40 vuotta



Kuva 69. Tehokaasu Oy:n versio, jossa kaksi kuumenninta on kytketty yhteen kuorma-auton vedettäväksi, 1976.

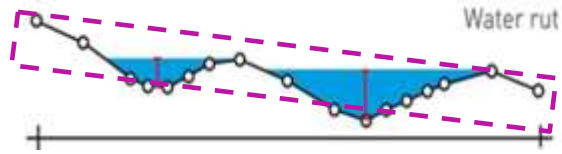


Kuva 73. Tielaitos Uudenmaan piirin kuumennuspintausräätä TASK työssä mt 140:llä 1988.

REMIX-uusiopintaus

- Yli 70% vanhaa asfalttia hyödynnetty
- Nopea uratäyttö vilkkaasti liikennöidyillä teillä

- Vähemmän CO₂ päästöjä
- Säästää kovaa kiveä
- Nopeasti liikennöitävissä
- Edullinen

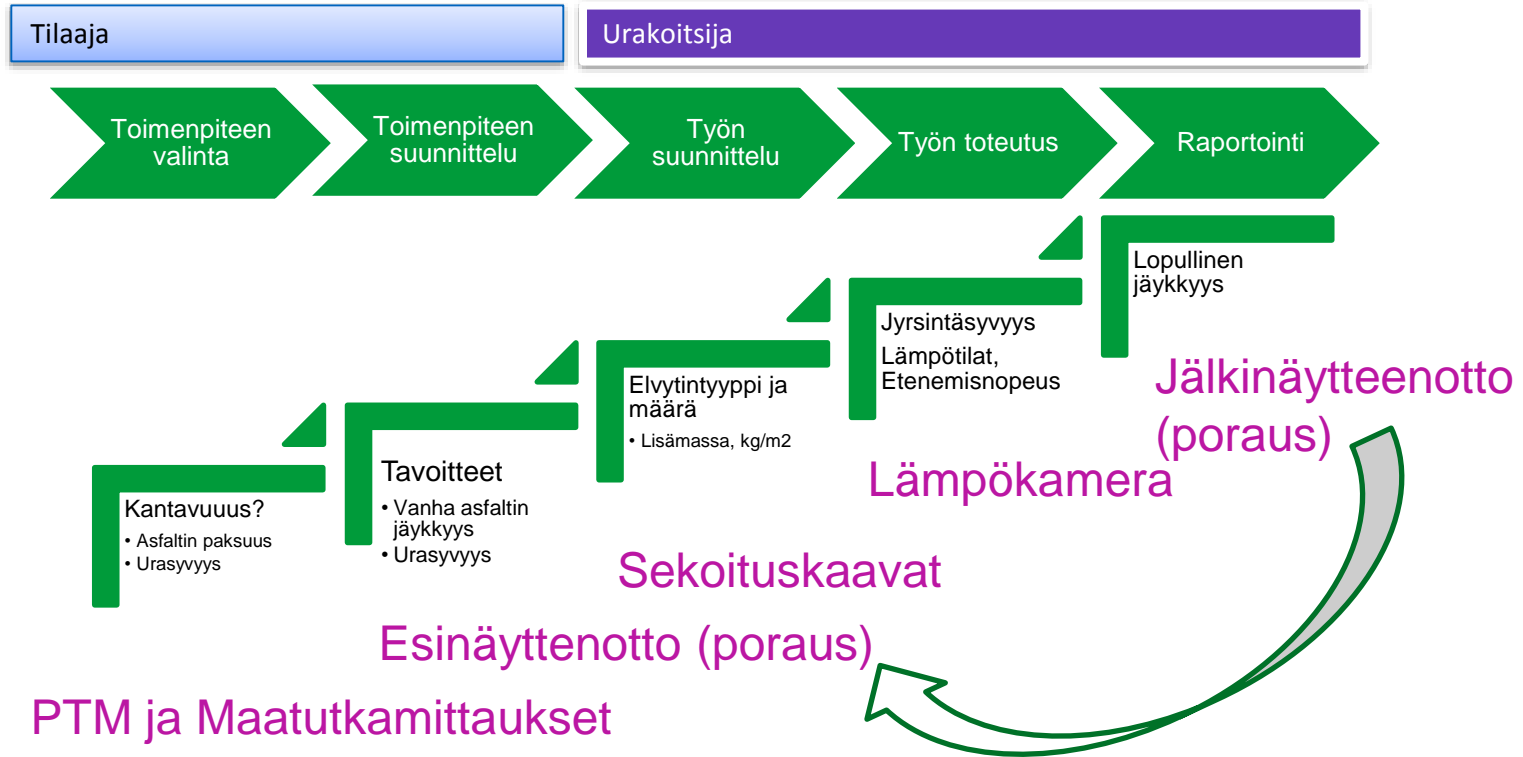




Aalto University
School of Engineering

Toimenpiteet ja ohjaus

Toimenpiteet ja ohjaus





Aalto University
School of Engineering

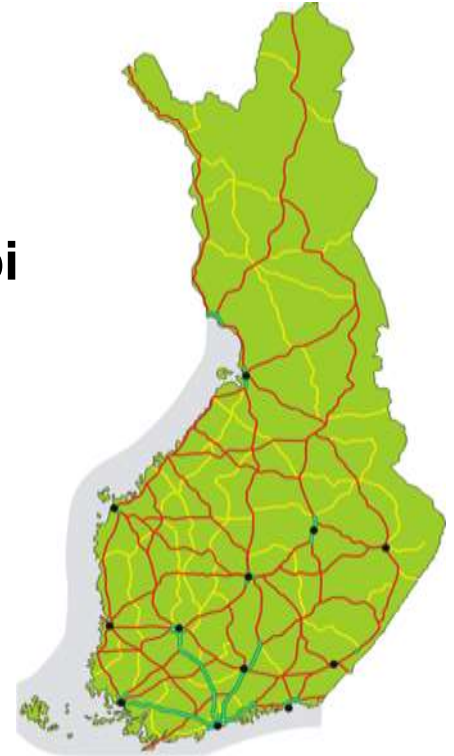
Toimenpiteen valinta

Tiellä riittävä kantavuus ja asfaltin paksuus?



**Uusi LTA vai
REMIX- toimenpi**

**Asfaltin
paksuus?**



Tavoitekantavuus ja asfaltin paksuus



→ n. 55-75 MPa lisää kantavuutta
30 - 40 mm

160 MPa

Tavoite: Tierakenne kestää 50+ vuotta

- *Ei rakenteellista väsymistä*

Kaikki vauriot voidaan korjata nopeasti pinnasta

Pohjamaa

Kuormitusluokat	2,0	6,0	10,0	25,0
KKL ₂₀ milj. akselia	0,8...2	2...6	6...10	10...25
KVL ajon./d molemmat suunnat	1300...3000	3000...8000	8000...14000 12000...20000	1-ajor. >14000 2-ajor. >20000
Tavoitekantavuus, MPa	265	360	420	475
Asfaltin kokonaispaksuus, mm	90	140	170	200
Kantavan päältä, MPa	160	160	160	160



Vt-1 poranäytteet REM koealueelta



**Irti olevat kerrokset
heikentävät asfaltin
kantavuutta koska
kerros ei enää ole
monoliittinen
yhtenäinen rakenne**





Aalto University
School of Engineering

Toimenpiteen suunnittelu

Asfaltti liian vanhaa ja huonossa kunnossa?



Riittävän kattava
näytteenotto

**Mikä on bitumin
Tunkeuma?**

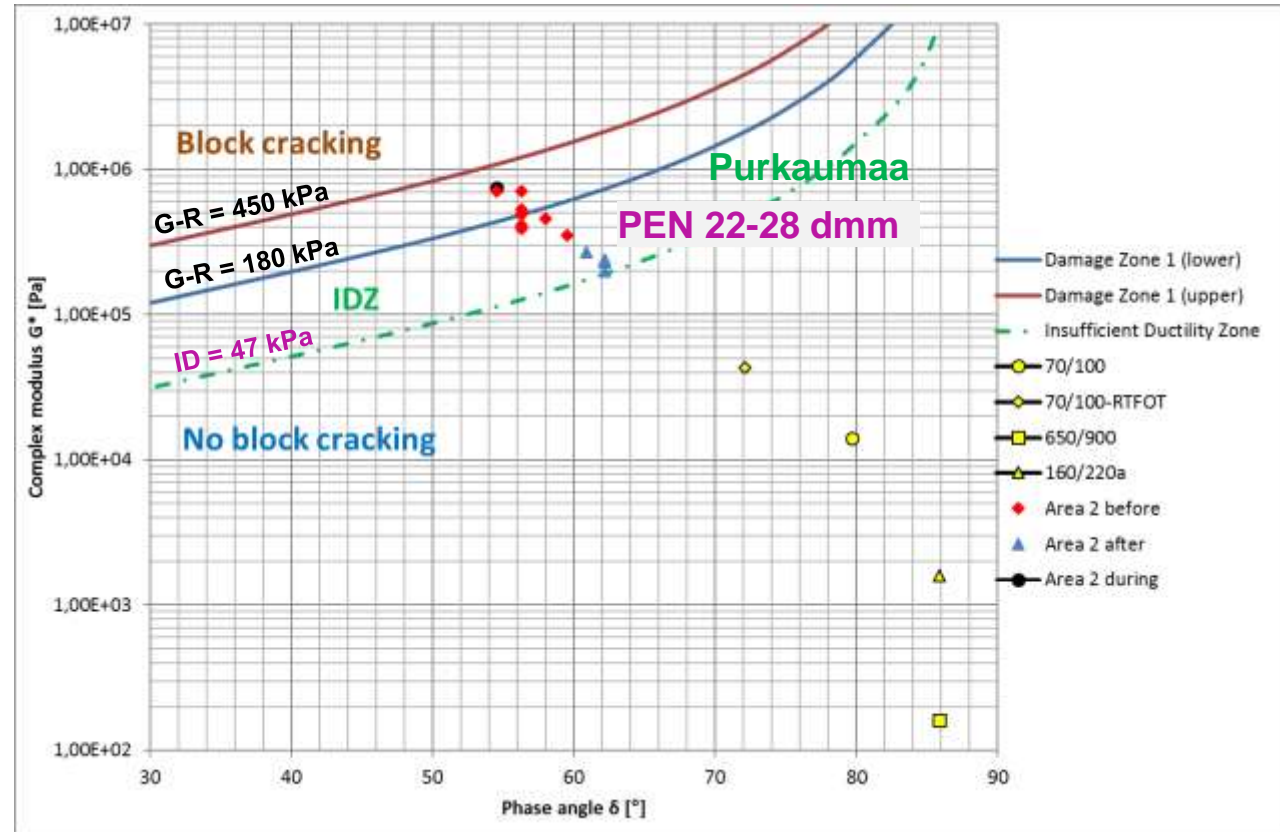
**Jyrsintä ja uusi
laatta vai
REMIX-
toimenpide?**

Riittämätön venymä-alue, IDZ

Poranäytteistä tutkittu bitumin Tunkeuma tai DSR parametrit, G^* ja δ

→

Arvio bitumin kovuudesta ja käyttökelpoisuudesta IDZ kriteerin avulla.



Glover-Rowe (G-R) Vaurioalue

King, G., Anderson, M., Hanson, D., & Blankenship, P. (2012). Using Black Space Diagrams to Predict Age-Induced Cracking.

7th RILEM *International Conference on Cracking in Pavements* (pp. 453-463). Delft: RILEM Book series, Springer.

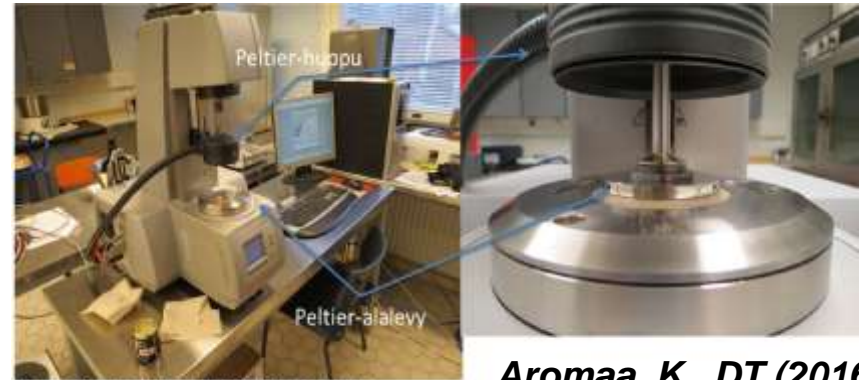
$$\frac{G'}{\eta' / G'} = \frac{G^* (\cos \delta)^2}{\sin \delta} * \omega,$$

Virumamoduulin (creep) ja kompleksimoduulin välinen yhteys

Mitataan kompleksimoduuli G^* ja vaihekulma δ ° lämpötilassa 15°C and kuormitusajalla 0,005 rad/s käyttäen leikkausreometriä, DSR



Bitumin perinteinen venymätesti kuvaa bitumin kykyä muodostaa rihmaa ja virrata



Kuva 32. Anton Paar MCR 302 -reometri

Aromaa, K., DT (2016)

Tavoite bitumin jäykkyydelle

Pohjoinen:
Tunkeuma 100/150 RTFOT



Etelä:
Tunkeuma 70/100 RTFOT



Kuva eteläsuomesta

Kuva eteläisestä Suomesta

**Ohuita
pakkashalkeamia**

Päätöksenteko 1/2



TAVOITE Tunkeuma: 70/100 RTFOT = 32 - 46

TUNKEUMA 18

**Päällyste liian vanhaa,
jyrsintä ja uusi laatta**



TUNKEUMA 30

**Päällyste voidaan
kunnostaa REMIX-
toimenpiteellä**



TUNKEUMA 83

**Tarkista Tunkeuma
lisänäytteellä (onko
jäänyt DCM)**

Päätöksenteko 2/2

Päällyste voidaan kunnostaa REMIX-toimenpiteellä, jos



TUNKEUMA 83

**Alempiluokkainen tie jossa
TAVOITE Tunkeuma:
160/220 RTFOT = 59 - 81**

ja kantavuus sekä päällysteen paksuus on riittävä.

Pakkaskatoja vai väsymistä?





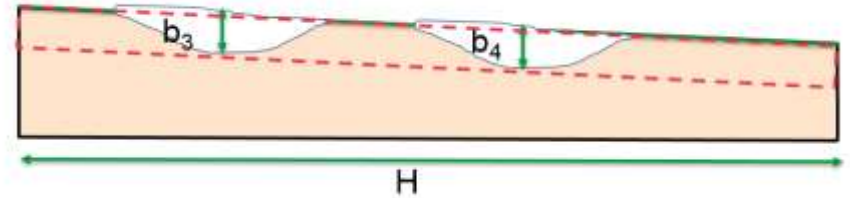
Aalto University
School of Engineering

Työn suunnittelu

Elvytintyyppi ja määrä sekä lisämassa kg/m^2



Kiven tiheys vaikuttaa tuloksiin!



- Urasyvyys, kaistan leveys ja tien kallistukset vaikuttavat lisämassan määrään
- Elvytintyyppin valinta riippuu vanhan massan kovuudesta, tilavuussuhteista ja lisämassan määrästä

Sekoituskaavat

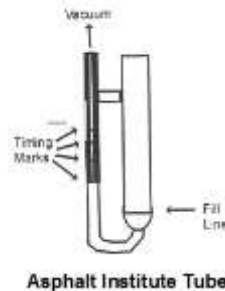
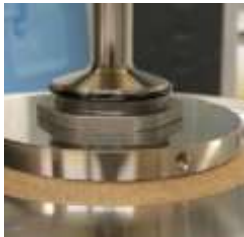
- $$1. \text{Pen}_{25^{\circ}\text{C}}^{\text{blend}} = 10 \frac{A \cdot \log(\text{Pen}_{25^{\circ}\text{C}}^{\text{fresh}}) + B \cdot \log(\text{Pen}_{25^{\circ}\text{C}}^{\text{aged}}) + C \cdot \log(\text{Pen}_{25^{\circ}\text{C}}^{\text{rejuv}})}{100}$$
- $$2. \log G_{\text{target}}^* = a * \log G_{\text{aged}}^* + b * \log G_{\text{adm}}^* + c * \log G_{\text{rejuv}}^*$$
- $$3. \log \log(\text{visc}_{\text{target}}) = a * \log \log(\text{visc}_{\text{aged}}) + b * \log \log(\text{visc}_{\text{adm}}) + c * \log \log(\text{visc}_{\text{rej}})$$

Example:

Aged bitumen Penetration 22 dmm

Admixture 70/100_RTFOT

Target: 70/100_RTFOT



Elvyttimet

- (Tiebitumit)
- Pehmeät tiebitumit 650/900
- Viskositeetti luok. bitumi V1500
- Öljypohjaiset elvyttimet



Modifioimattomat tiebitumit

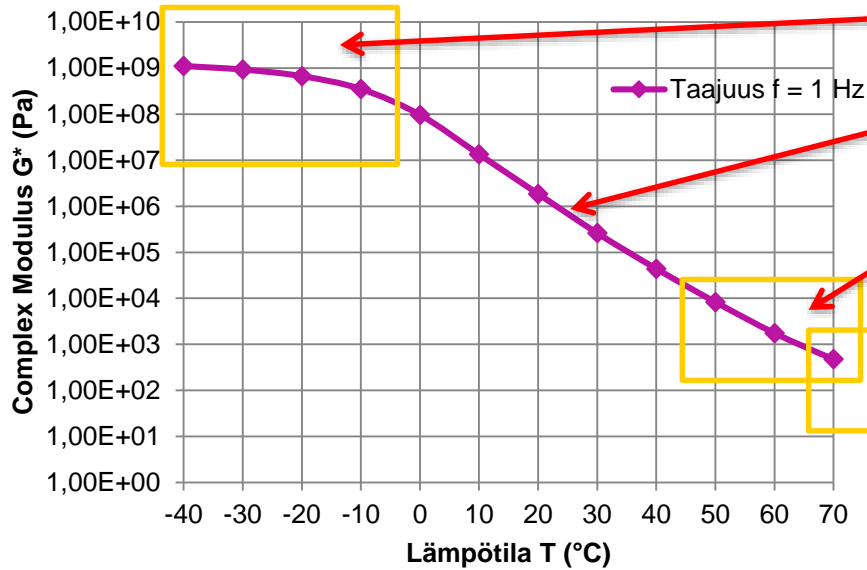
Tunkeuma	G^*, δ	η_a
X	X	X
X	X	X
-	X	X
-	-	X

Näennäinen Newtoninen viskositeetti η_a

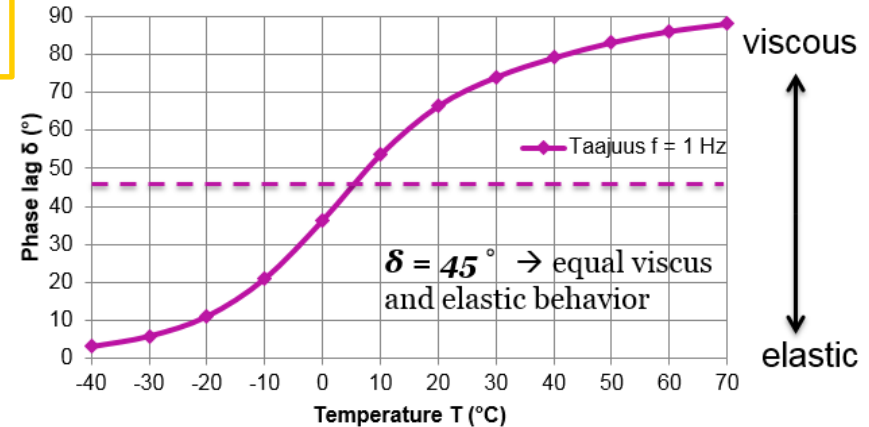
$$\eta_{VTS} = \frac{|G^*|}{\omega} \left(\frac{1}{\sin \delta} \right)^{a_0 + a_1 \omega + a_2 \omega^2}$$

*Bonaquist, Pellinen, Witczak,
Development of Relationship between Binder Viscosity and
Stiffness, Dep, of Civil Eng. University of Maryland, 1998.*

DSR testaus: G^* , δ



- Fraass halkeama lämpötila
- Tunkeuma
- Pehmenemispiste
- Viskositeetin mittaus



Lämpötila 25°C

0,063 rad/s (0,01 Hz) \rightarrow to ZSV

Zero shear viscosity = steady state viscosity



Aalto University
School of Engineering

Työn toteutus

Pintaustyöhön vaikuttavia asioita

- **Jyrsintäsyvyys vs. kerrospaksuus**
- **Grillien teho**
- **Nopeus m/min**
- **Ilman lämpötila**
- **Alustan lämpötila**
- **Sade**
- **Tuulusuus**

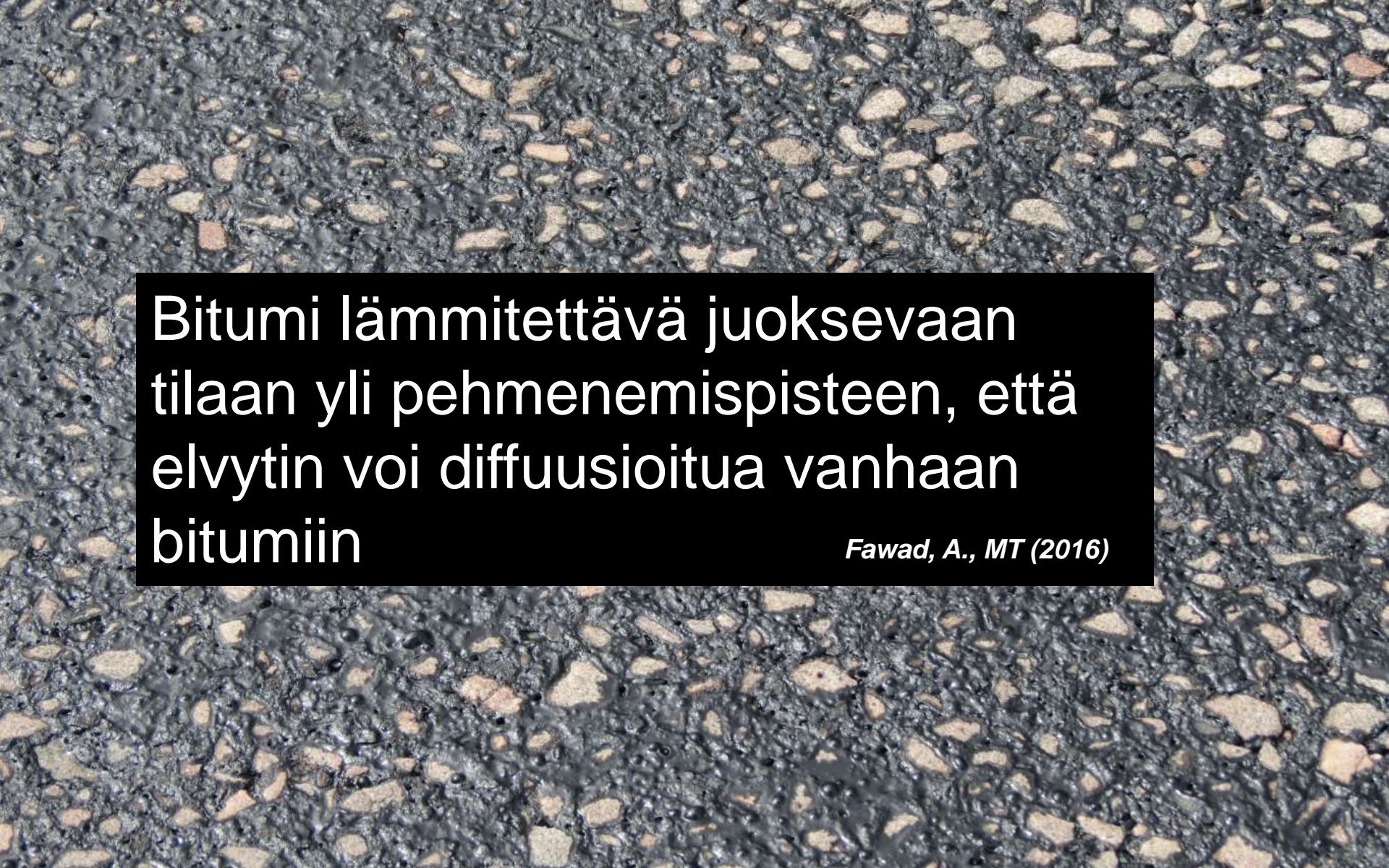


Tutkimuksia ja mallinnusta tehtiin grillien optimaalisen etäisyyden ja lämmönjohtuvuuden selvittämiseksi









Bitumi lämmitettävä juoksevaan tilaan yli pehmenemispisteen, että elvytin voi diffuusioitua vanhaan bitumiin

Fawad, A., MT (2016)



Elvyttimen lisäys

Lisämassan lisäys





**TIIVISTYS,
TIIVISTYS,
TIIVISTYS!**



Aalto University
School of Engineering

Raportointi

Mitä ja miksi pitää mitata jälkikäteen?

- **Laadunvarmistus**
 - Saavutettiinko tavoiteltu bitumin jäykkyystaso?
- **Historiatieto seuraavalle toimenpiteelle:**
 - Bitumin Tunkeuma ja/tai DSR G^* ja δ
 - Mekaaniset ominaisuudet?



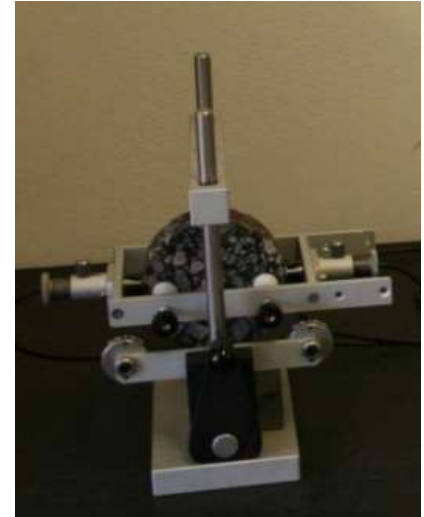


Aalto University
School of Engineering

Toiminnalliset parametrit

Toiminnalliset parametrit

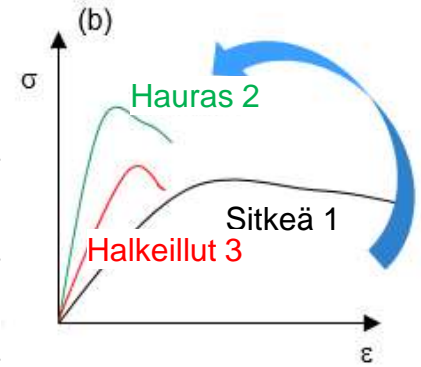
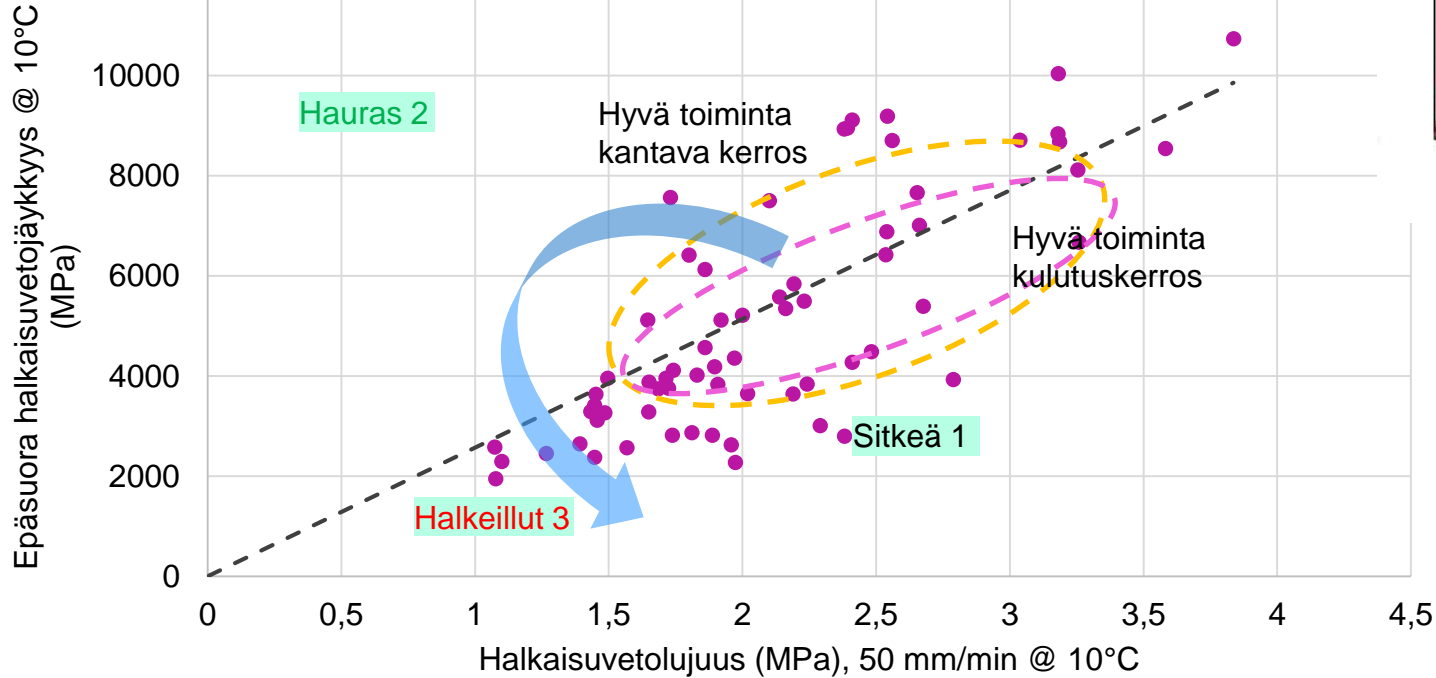
- **Bitumin jäykkyys uutettuna porakiekoista**
 - Tunkeuma (2-3 porakiekkoa)
 - DSR parametrit, G^* ja δ (yksi porakiekkko)
- **Asfalttipäällysteen mekaaniset ominaisuudet**
 - Epäsuora jäykkyys porakiekosta
 - Halkaisuvetolujuus porakiekosta
- **Tyhjätila**
 - Mastiksin tyhjätila asfaltissa
 - kokonaistyhjätila ohuista SMA porakiekoista



Parafilmi menetelmä

Jäykkyys ja lujuus

● Aalto tietokanta - - - Linear (Aalto tietokanta)





Aalto University
School of Engineering

Kiitos