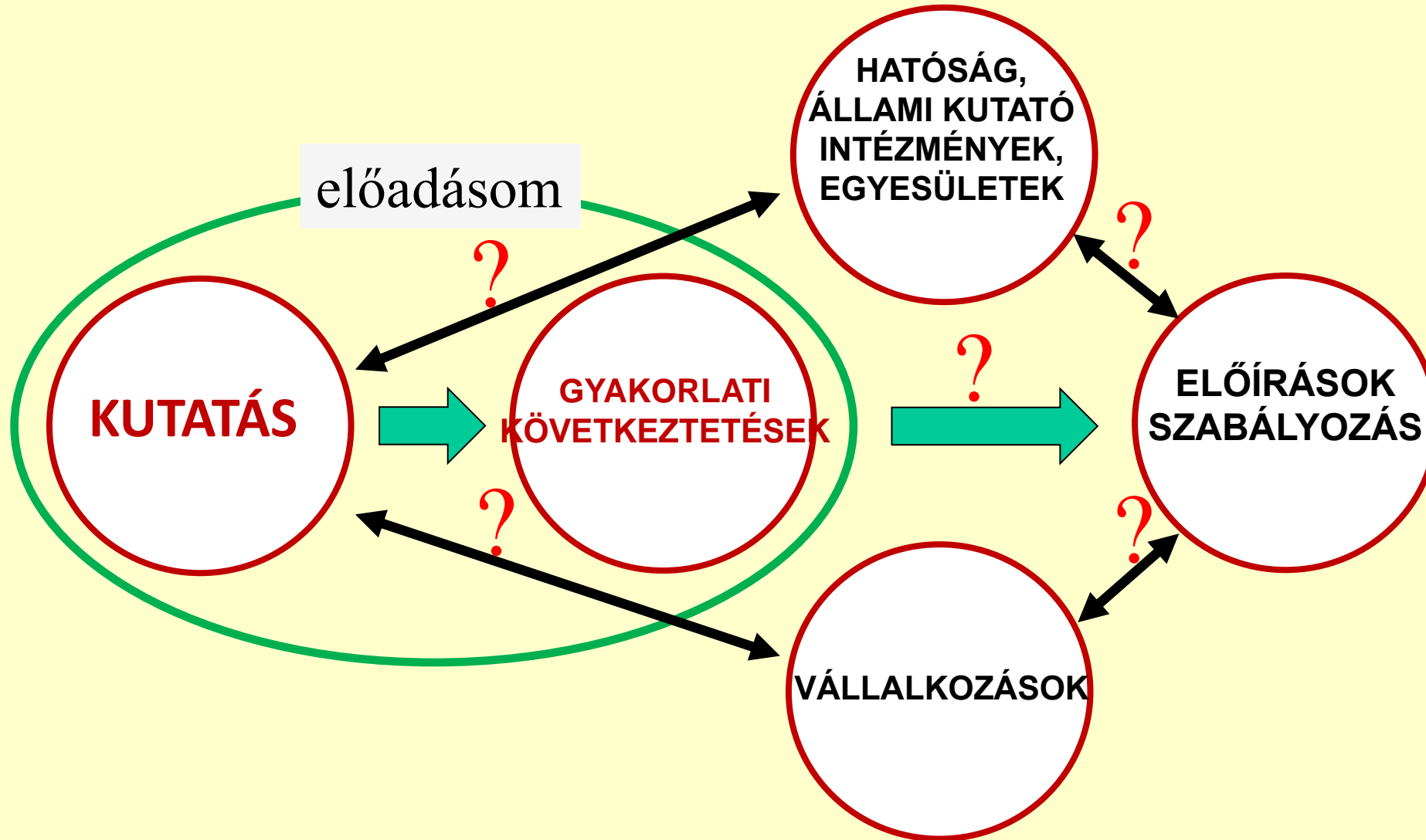


**Viszkohioplasztikus anyagtvény
aszfaltanyagokra-
gyakorlati következtetések**

A kutatást végezték

Gajári György, Mahler András, Kisgyörgy Lajos,
Ádány Sándor és Lógó János

A workshop kérdéskomplexumai



A digitális anyagmodell a **deformáció és a feszültség** között teremt matematikai összefüggést **3D**-ben

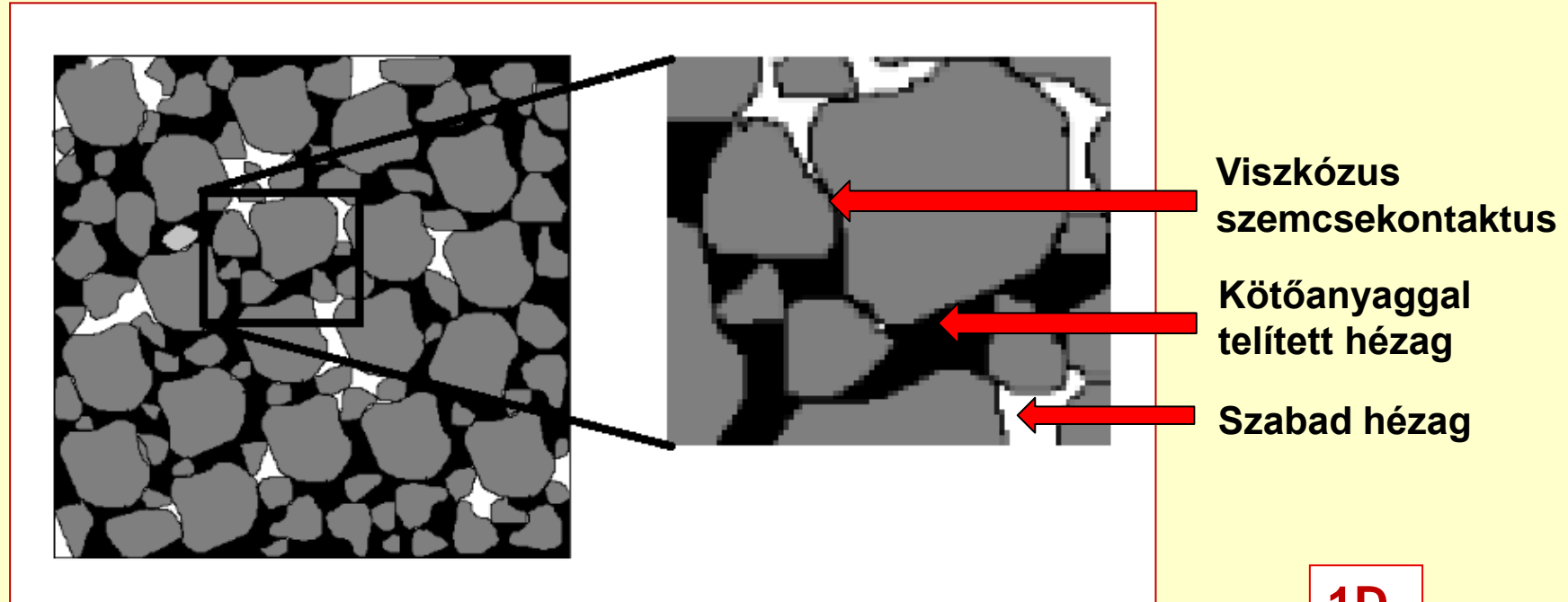
A digitális anyagmodell **egyértelmű**, mert matematikai megfogalmazású

Tartalom

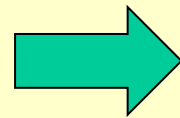
1. A mechanikai modell kiválasztása
2. A modell kísérleti kalibrálása
3. A modell eredményei - értelmezése
4. A modell legfontosabb **gyakorlati eredményei**
 - 4.1 Keveréktervezés (optimális bitumentartalom)
 - 4.2 Nagy tömörség elérése beépítéskor
 - 4.3 Lágy bitumenfajták – hidegviselkedés - fáradás

Az előadásomnak **nem tárgya** az anyagmodell másik célja:
a numerikus vizsgálatok lehetőségének megteremtése

A mechanikai modell kiválasztása



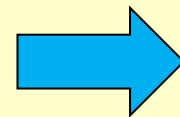
Viszkózus szemcsekontaktusokkal rendelkező kőváz



NIEMUNIS féle viszkohipoplasztikus talajmodell

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}^{vis})$$

Kötőanyaggal telített hézag



TERZAGHI hatékony feszültségek

$$\sigma' = \sigma - u$$

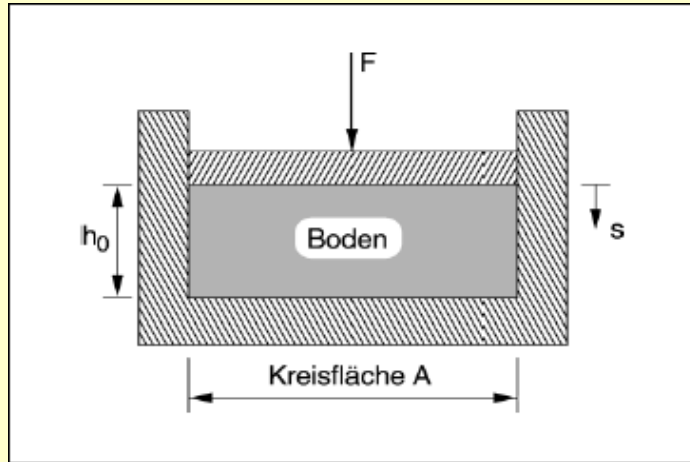
A mechanikai modell kiválasztása

1D

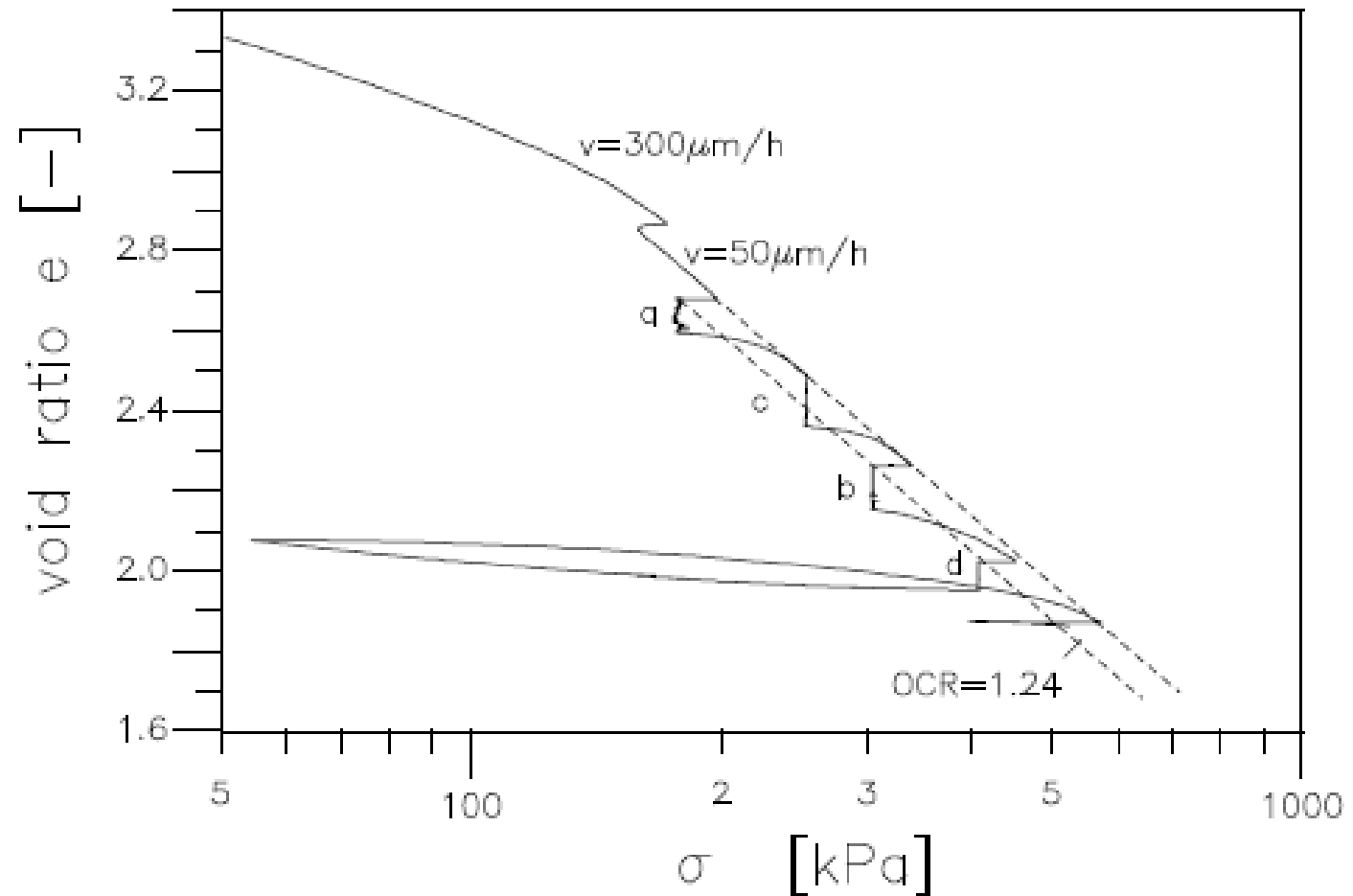
NIEMUNIS féle viszkohipoplasztikus talajmodell

1D, 3D

ödométeres tömörítés



szerves iszap kísérleti tömörítése



A mechanikai modell kiválasztása

NIEMUNIS féle viszkohipoplasztikus talajmodell

1D, 3D

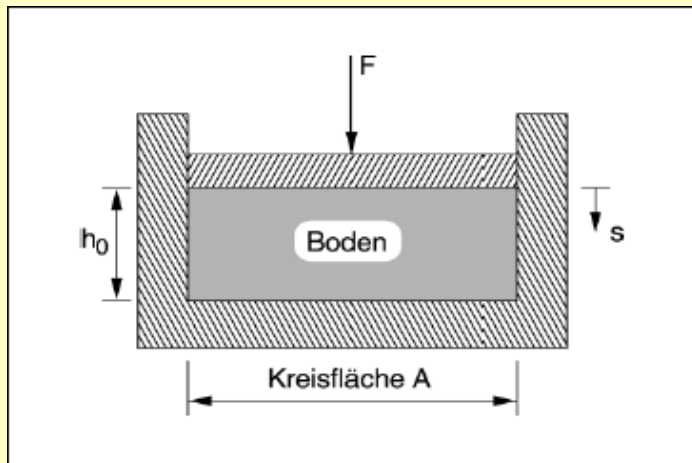
A tömöríthetőség feltétele a szabad hézag megléte!!!

1D

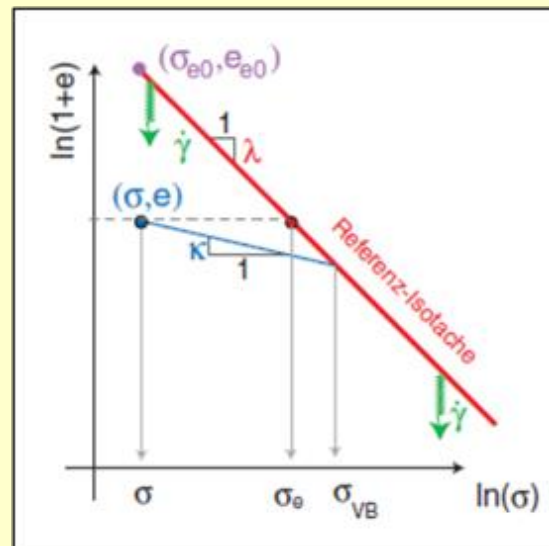
Ödométeres tömörítés

elastoplasztikus tömörítés

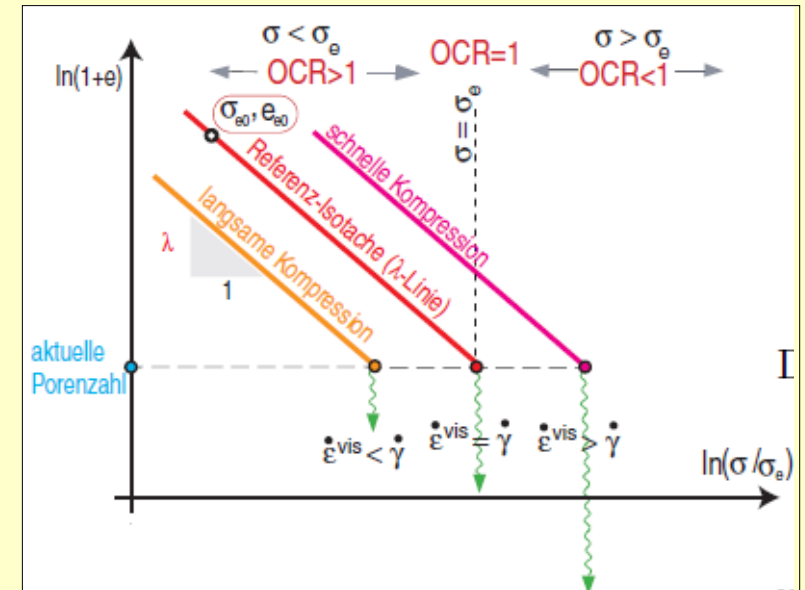
viszkózus tömörítés



=



+

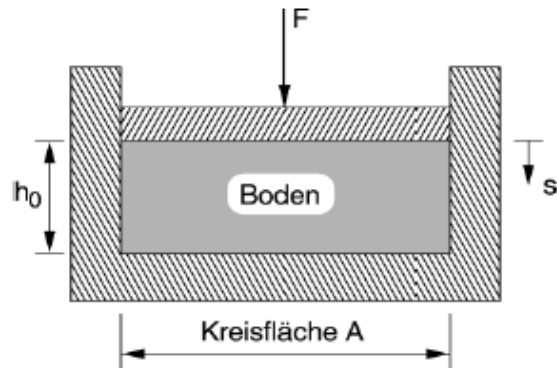


$\sigma_e \equiv \sigma_e(e)$
e: hézagtenyező

A modell kísérleti kalibrálása

NIEMUNIS féle viszkohipoplasztikus modell állandóinak meghatározása

Ödométeres tömörítés



λ : kompressziós index,

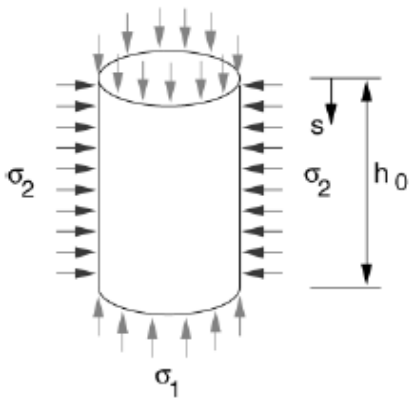
κ : duzzadási index,

φ_c : kritikus belső súrlódási szög, **3D**

I_v : viszkozitási index, (hőmérsékletfüggő)

p_{e0}, e_{e0}, D_r : referencia értékhármás (hőmérsékletfüggő)

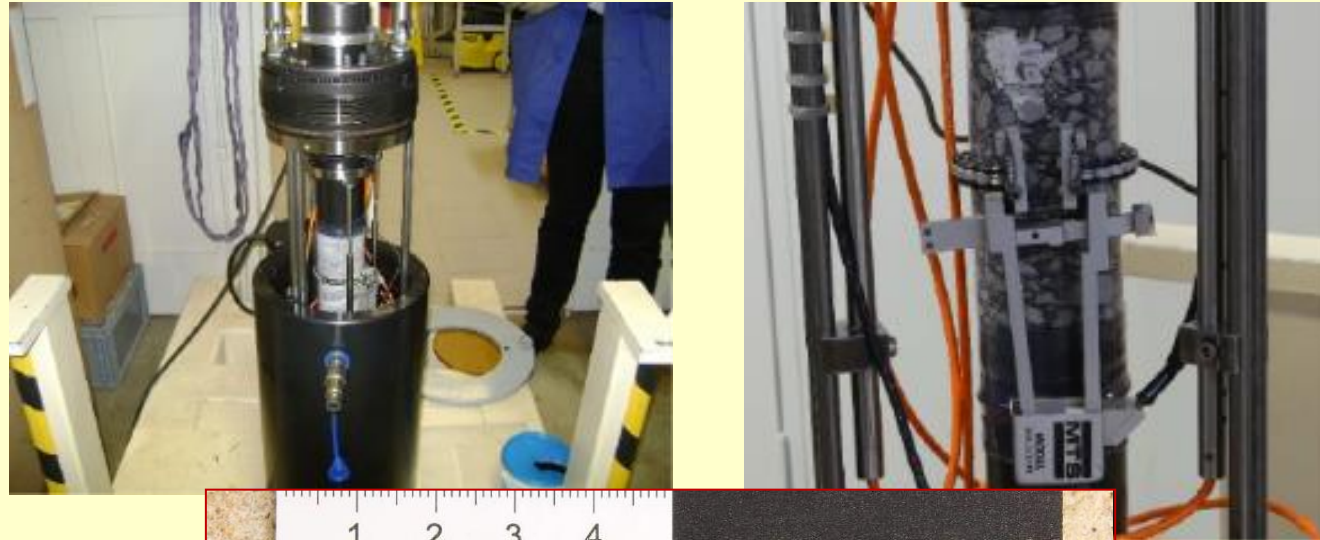
Triaxiális tömörítés



BME - NKFI (2019-2021) - KTE workshop 2023

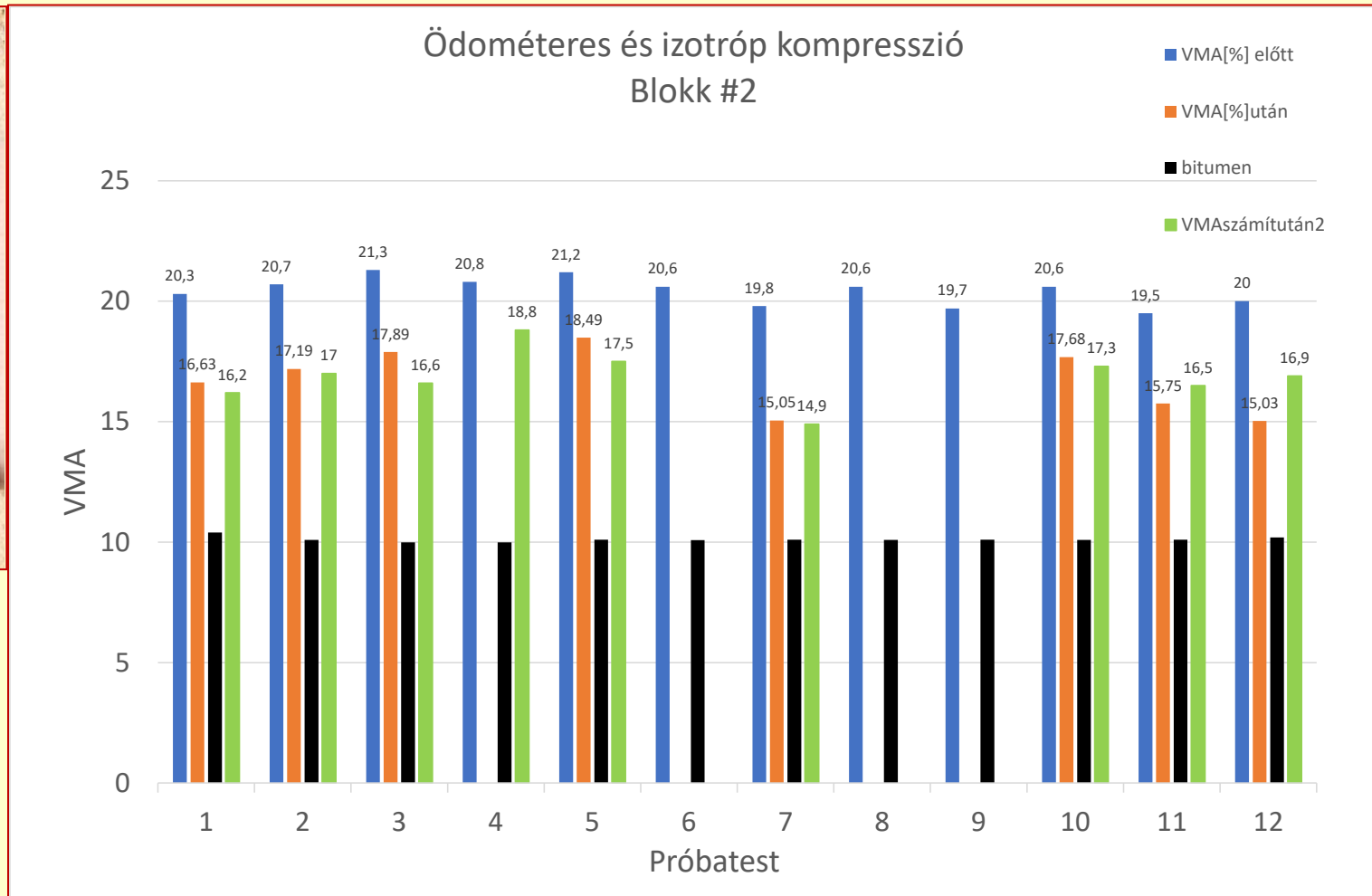
A modell kísérleti kalibrálása

A Freibergi Műszaki Egyetem (NSZK) temperálható kőzetmechanikai triaxiális berendezése



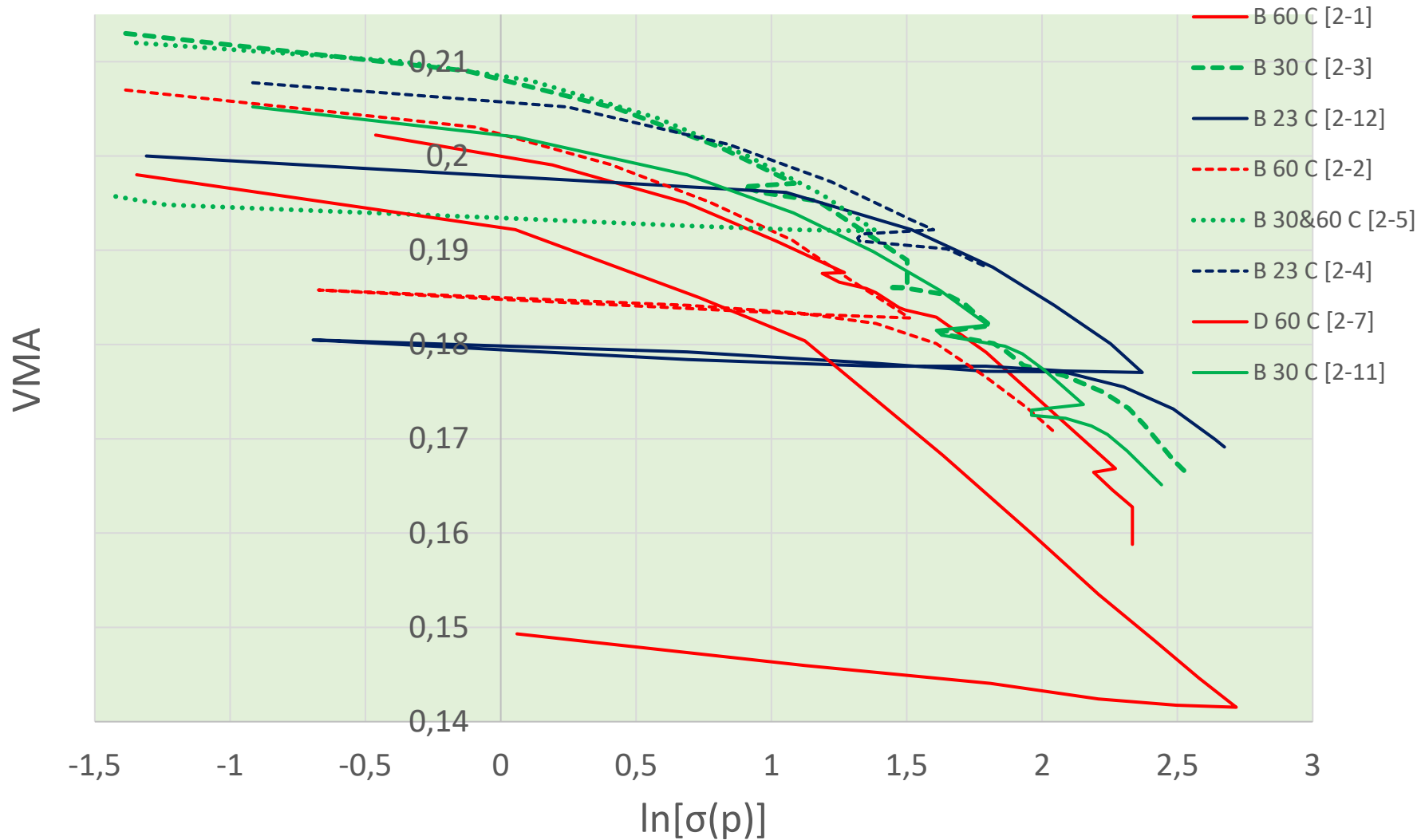
A modell kísérleti kalibrálása

A tömöríthetőség feltétele a szabad hézag megléte!!!



A modell kísérleti kalibrálása

Ödométeres és izotróp tömörítés



BME - NKFI (2019-2021) - KTE workshop 2023

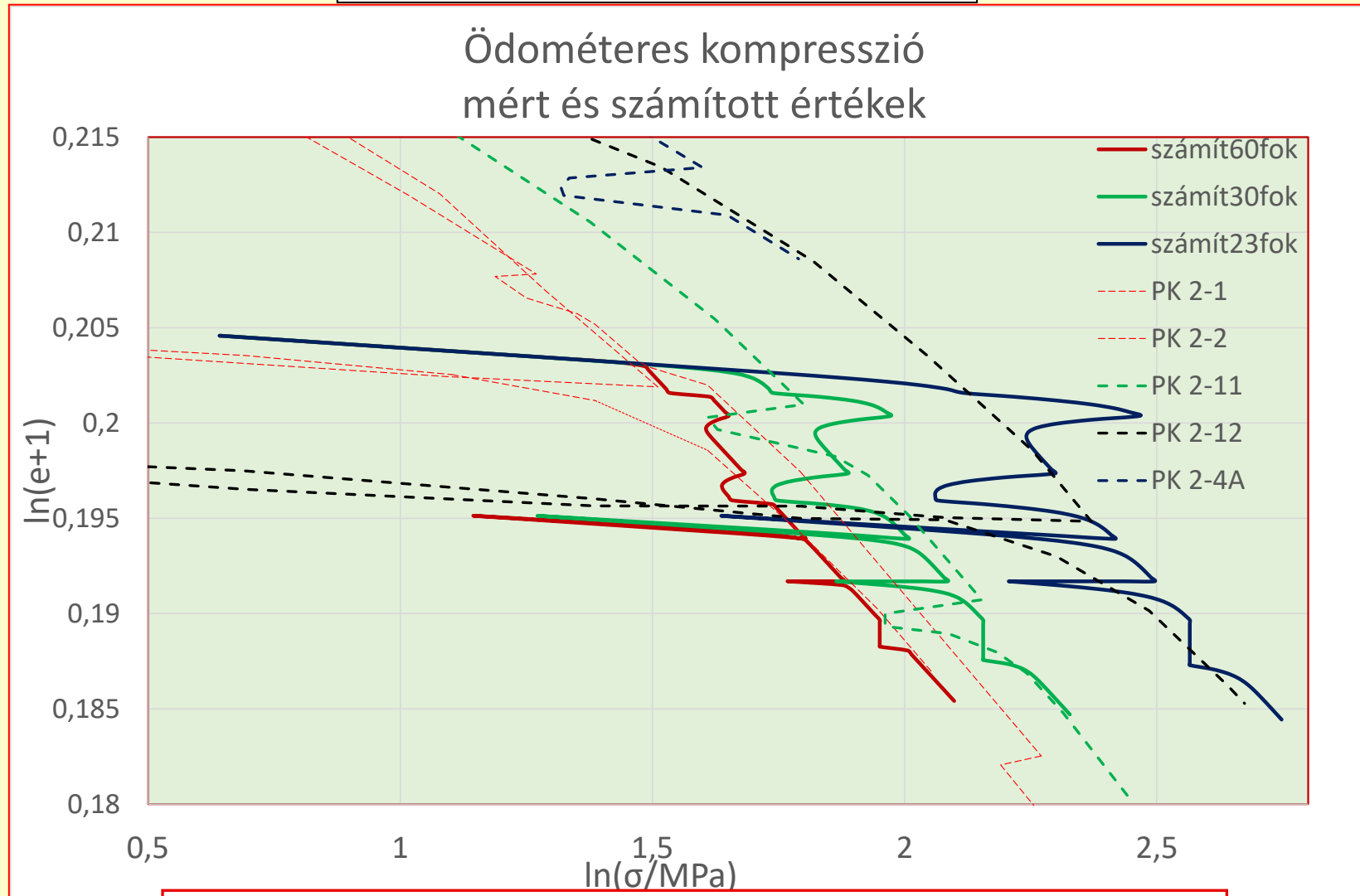
A modell eredményei

Anyagállandók összefoglalása

paraméter			23°C	30°C	60°C
súrlódási szög	φ_c [°]	43			
duzzadási index	κ [-]	0,00342			
kompresziós index	λ [-]	0,02906			
viszkozitási index	I_v [-]		0,122	0,082	0,032
Norton kitevő	$1/I_v = n$ [-]		8,22	12,18	31,07
$D_r = \ D\ \frac{\lambda - \kappa}{\lambda}$	[1/sec]	8,822E-06			
e_{e0}	[-]	0,217 (VMA = 17,8 %)			
p_{e0}	[MPa]		8,256	5,669	4,414
Γ	[MPa]		29289	12615	5461

A modell eredményei

1D numerikus szimuláció



Következtetés: az aszfalt egy „viszkózus kőváz”

A modell eredményei

helyessége bizonyítja, hogy:

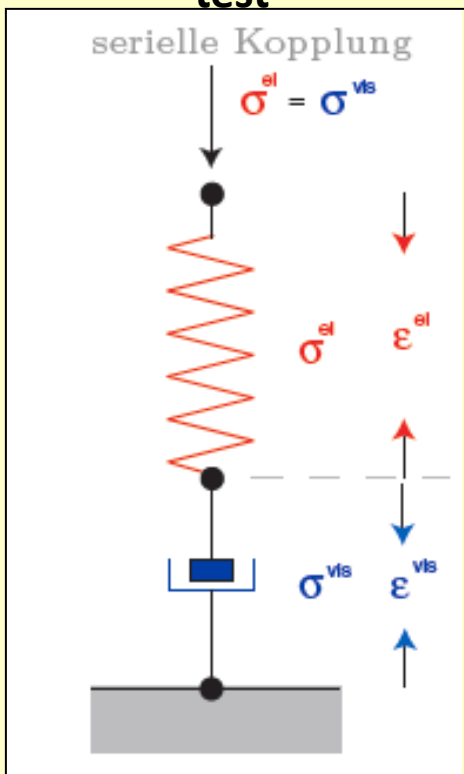
- **az aszfalt a viszkohipoplasztikus modellnek megfelelően viselkedik**
- **az anyagállandók helyesek**
- **az aszfalt egy viszkózus köváz, akár a kötött talajok**

A modell eredményei

A modell értelmezése

Az aszfalt **teherviselő összetevője a kőváz!!!**

MAXWELL
test



A modulus arányos a **hatékony nyomással**

$$\dot{\sigma} = \frac{\sigma}{\kappa} (\dot{\epsilon} - \dot{\epsilon}^{vis})$$

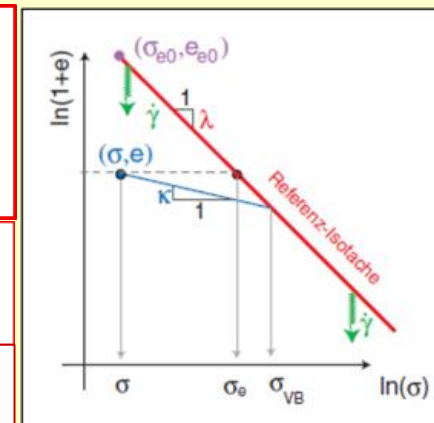
Az optimális bitumentartalom betartása !!!

A viszkózus kúszás a terhelés és a **tömörség** függvénye

$$\dot{\epsilon}^{vis} = \dot{\gamma} \left(\frac{\sigma}{\sigma_e} \right)^{1/l_v} = \dot{\gamma} \left(\frac{1}{OCR} \right)^{1/l_v}$$

$\sigma_e \equiv \sigma_e(e)$
e: hézagtényező

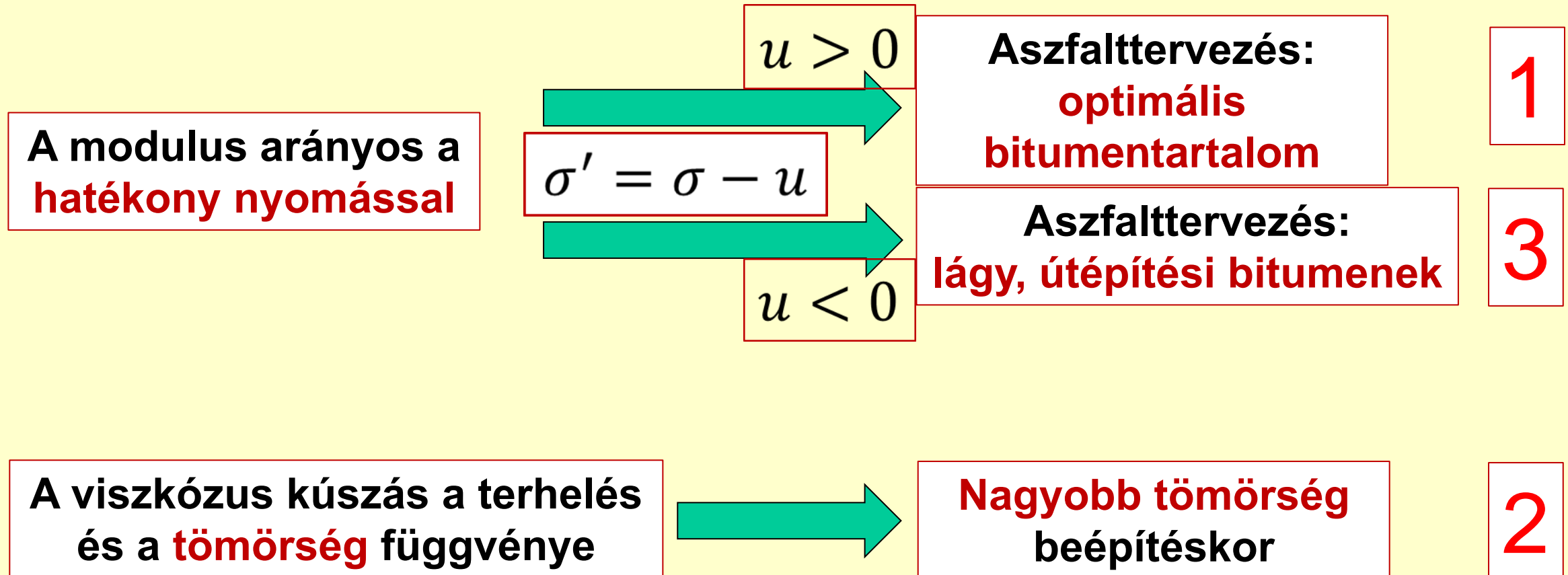
σ_e képlékeny határt a bitumen modulusával nem, hanem csak a beépítési tömörséggel lehet növelni !!!



BME - NKFI (2019-2021) - KTE workshop 2023

A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

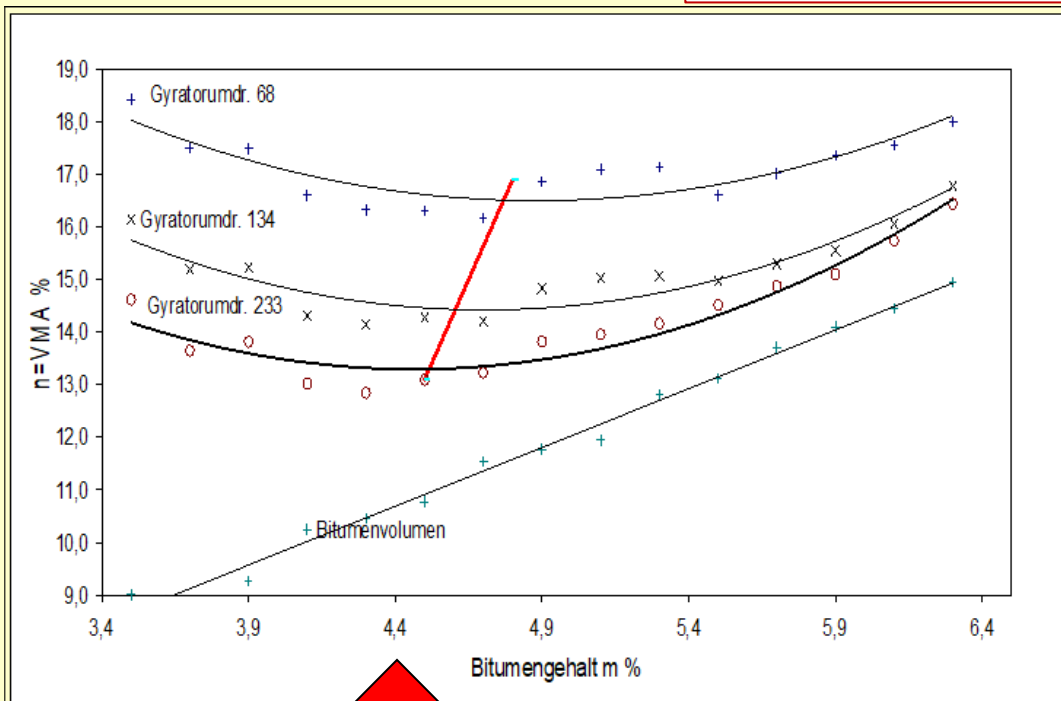
Az aszfalt **teherviselő összetevője a kőváz!!!**



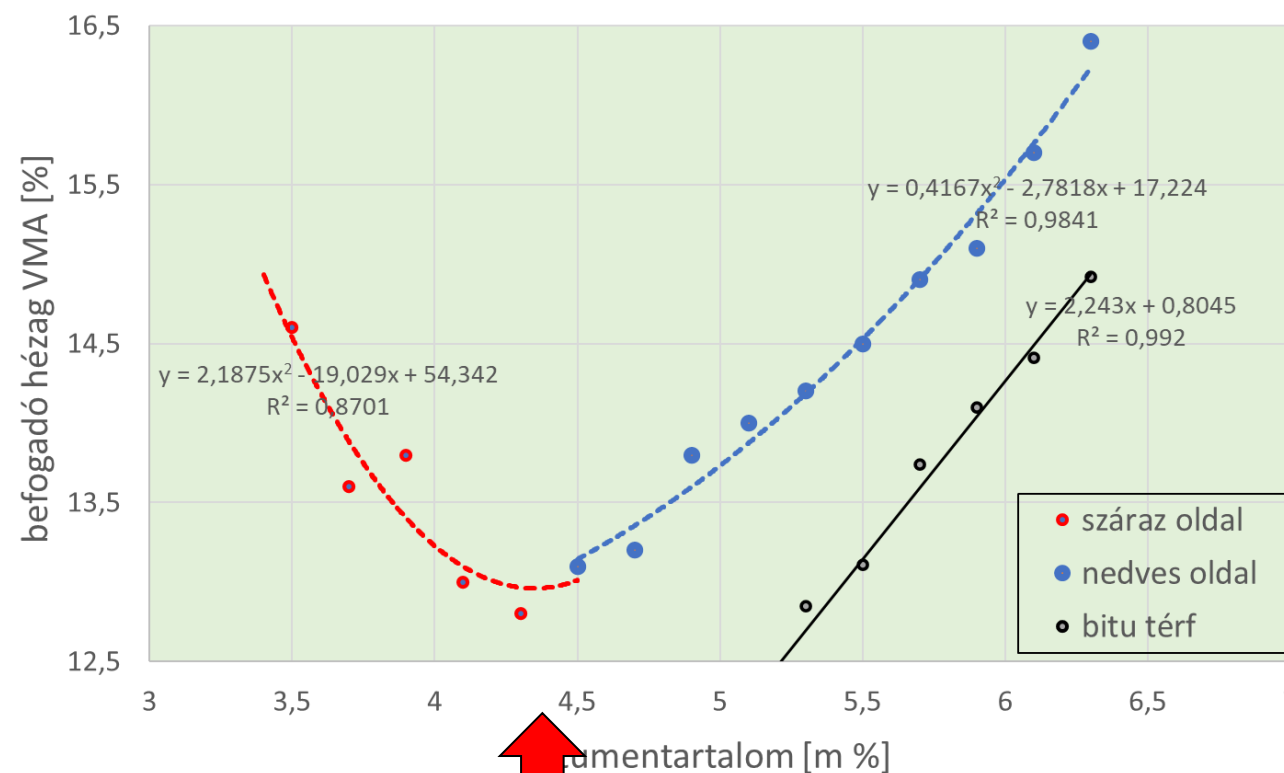
A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

1

Aszfaltervezés: optimális bitumentartalom



AB 12 befogadó hézag a bitumentartalom függvényében



A 227471 lajstromszámú **magyar szabadalom** (Jogutódlás: Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő 2012.07.30): „Eljárás útépitési aszfalt maradó alakváltozással szembeni ellenállásának javítására”, Közzététel: Szabadalmi Közlöny és Védjegyértesítő **2009.04.28.**

A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

A kővázban uralkodó **hatékony feszültségek** megőrzése
optimális bitumentartalom adagolással

1



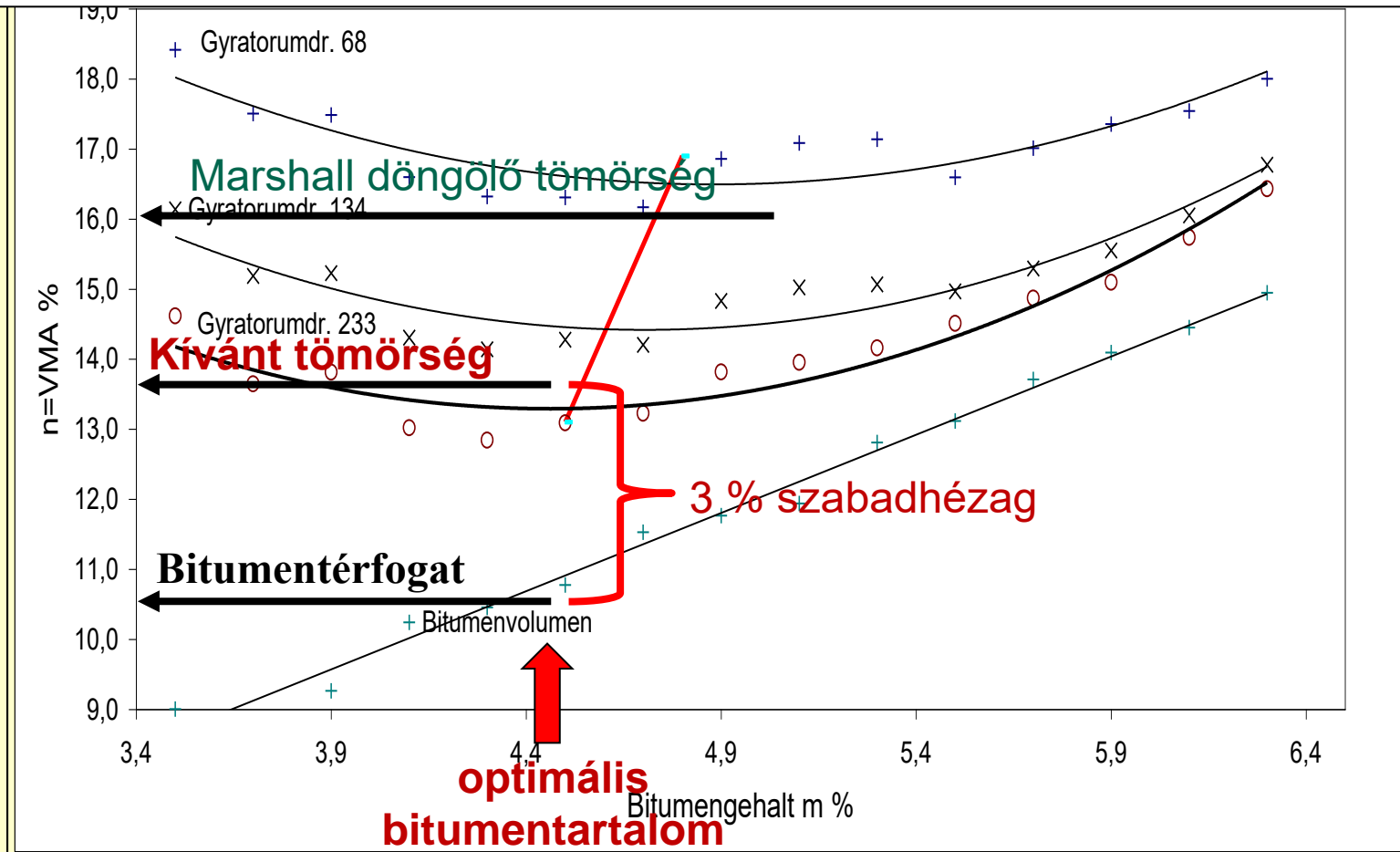
Optimális bitumentartalom felett, **ciklikus triaxiális tömörítésnél**
csökken a hatékony feszültség és a merevség (**EU szabvány**)

A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

2

Nagyobb tömörség beépítéskor

a **viszkozitás növelése a tömörséggel** és lágy bitumennel az **öregedés és fáradás elkerülése céljából**



A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

2

Nagyobb tömörség beépítéskor

A viszkozitás növelése a **tömörséggel** és lágy bitumennel az öregedés elkerülése céljából (új tömörítési technológia kidolgozása)



A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

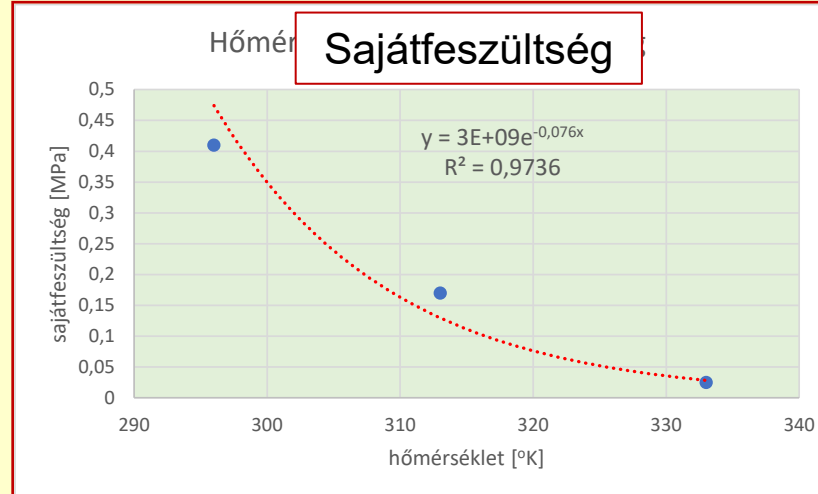
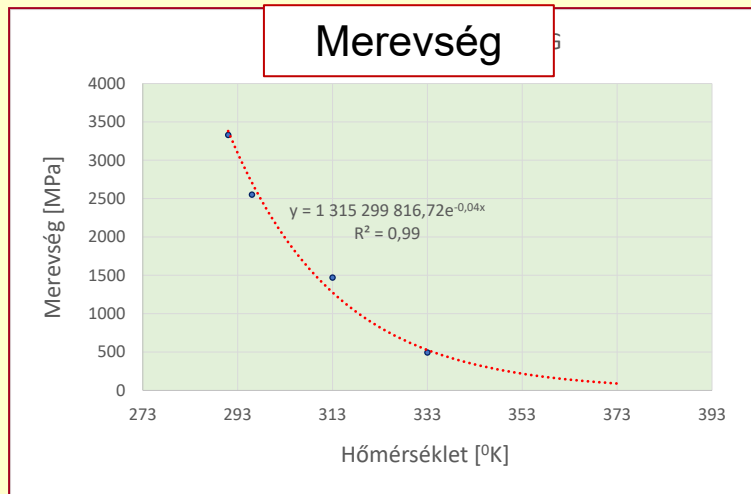
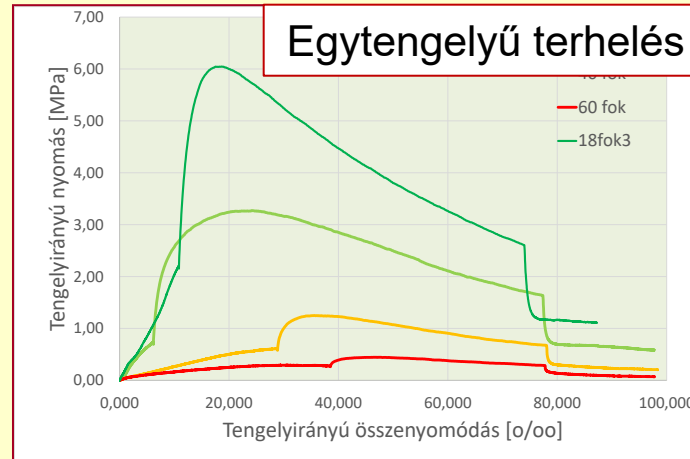
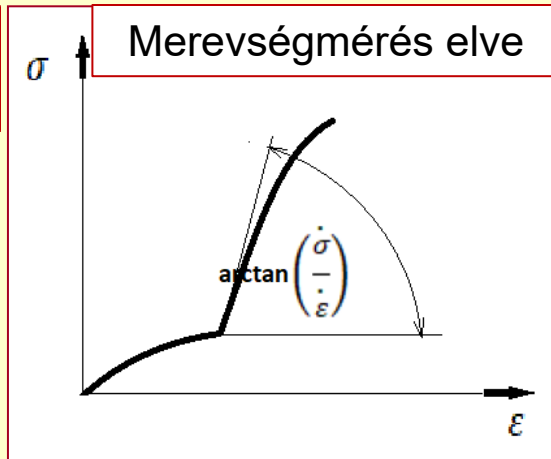
3

Aszfalftervezés: lágy útépitési bitumenek

Külső terhelés hiányában a merevség a bitumen lehűlés okozta zsugorodása következtében a kővázban fellépő sajátfeszültség következménye

$$\sigma' = \sigma - u$$

$$u < 0$$



20 °C-nál kb.
4,5 bar

A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

3

Aszfaltervezés: **lágú** útépitési bitumenek

A nagy modulus nagy húzófeszültséget jelent a bitumenben !!!



Az állandó húzófeszültség gyorsítja az aszfalt fáradását, ezért a nagy modulusú (modifikált) bitumenek és aszfaltok alkalmazása kerülendő (ARAND 2007)

RICHTER 2018 –ban hasonló ajánlást fogalmazott meg

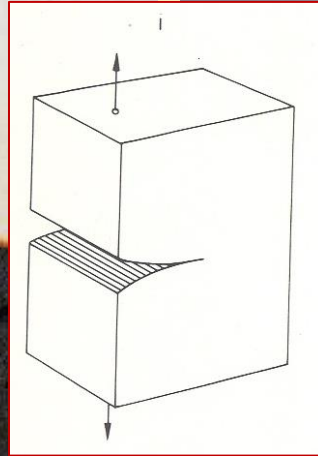
A keréknyom melletti húzás dilatációhoz vezet, gyorsan fárad

A modell gyakorlati szempontból fontos eredményei

3

Aszfaltervezés: **lágú** útépítési bitumenek

A bitumen húzás okozta fáradásának vizsgálatát javasolom



Modifikált bitumen

Normál bitumen

**Kezdeményezéseimre 2017
óta 2 kísérleti szakasz készült**



Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatás az NKFI támogatásával készült (2018-1.3.1-VKE-2018-00008 Vízke-Hipoplasztikus Aszfalt anyagmodell kifejlesztése és alkalmazása az útpálya tervezésben)

Köszönöm megtisztelő figyelmüket