



# **A szennyvíz csatornák felújításához alkalmazott béléscsövek szerkezeti tervezése**

**Elméleti háttér, szükséges adatok  
és számítási gyakorlat**

**Budapest, 2018. Szeptember 06.**

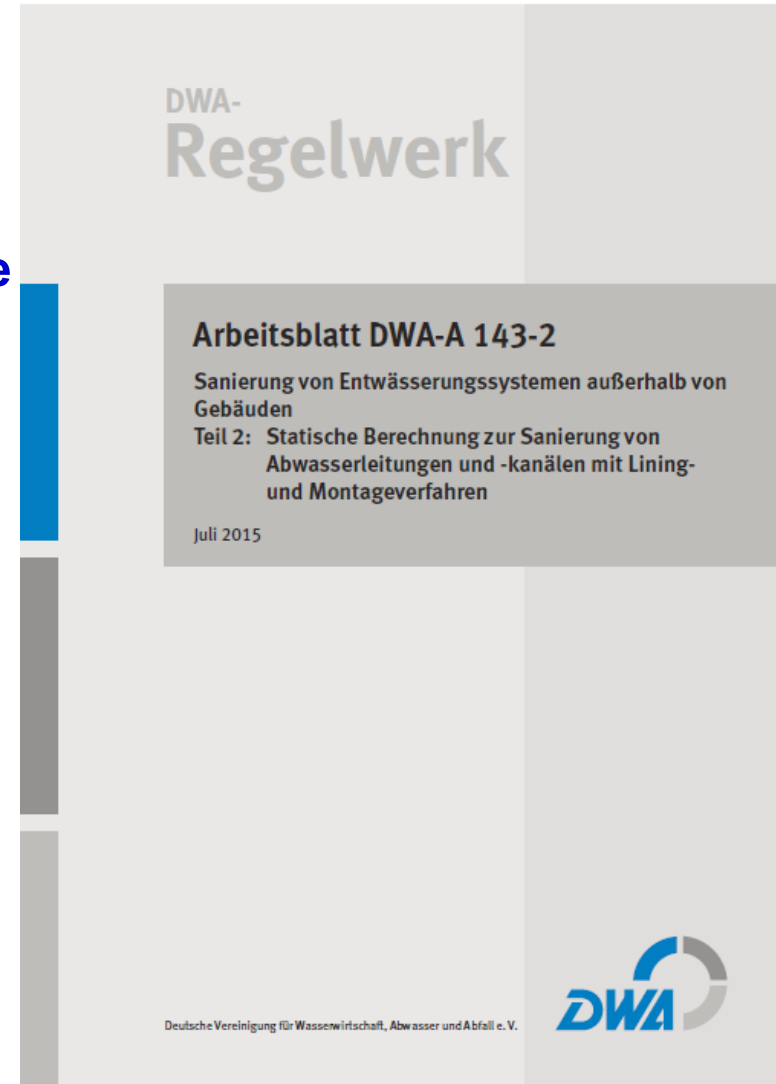
-

**© Prof. Dr.-Ing. Bernhard Falter  
Alkalmazott Tudományok Egyeteme, Münster, Németország  
Mail: Falter@fh-muenster.de**



## Tartalom

1. Példák régi cső károsodásokra
2. Elméleti háttér
  - 2.1 Béléscsövek hibái
  - 2.2 Horpadás/ szilárdság ellenőrzése
  - 2.3 Értékelés kísérletek alapján
3. Szükséges adatok
  - 3.1 Befogadó cső állapota I és II
  - 3.2 Befogadó cső állapota III és IIIa
4. Gyakorlati tervezés lépései
  - 4.1 Tervezési eljárás
  - 4.2 Számítógéppel történő tervezés
5. Esettanulmányok
  - 5.1 Körszelvény profilok
  - 5.2 Speciális profilok
6. Összegzés





## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

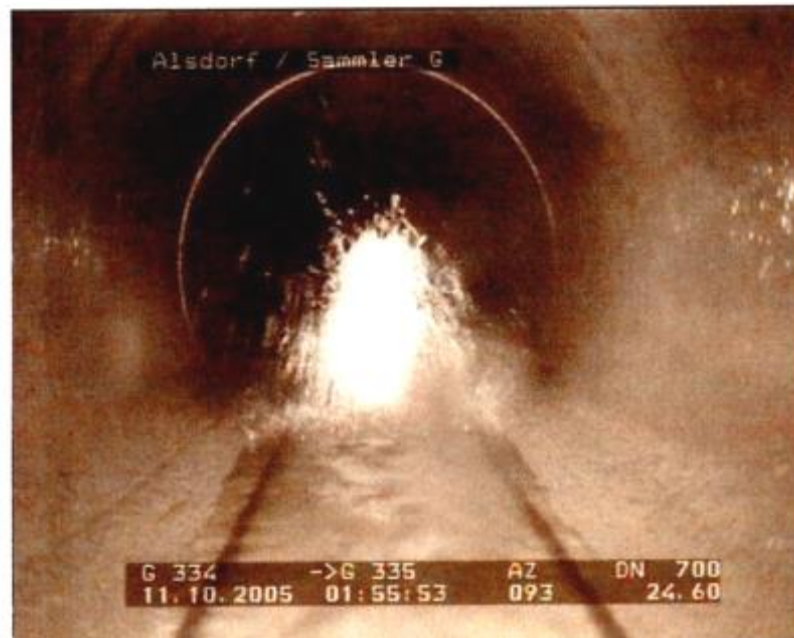
### Bevezetés



**UP-SF-Béléscső téglaeépítésű szennyvízcsatornához B:H = 1200:1800  
vasúti sínpálya alatt,  
180 t szállítási súly – rekord Németországban**



## 1. Példák régi cső károsodásokra



1.1 ábra

Vízbetörés az azbesztcement csőbe

→ HPS I

(HPS = „Befogadó cső állapota“ a DWA-A 143-2 munkalap alapján)



1.2 ábra

Hosszirányú repedés,  
károsodás a középvonal zónájában

→ HPS II vagy III



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**1.3 ábra**  
**Tojásszelvényű beton szennyvízcsatorna (700/1050)**  
**nagymértékű deformitás, szennyvízcsatorna → HPS III**  
***nem járható!!!***



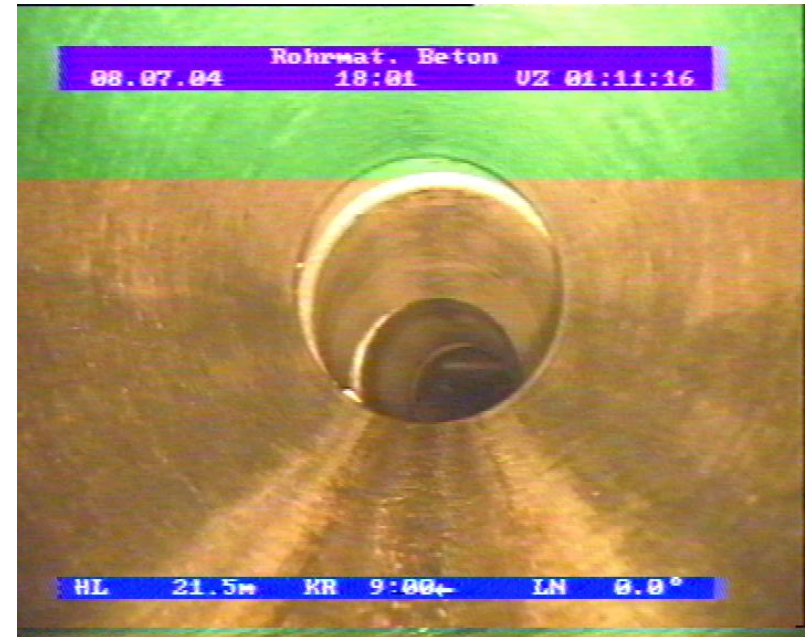
## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**1.4 ábra**  
**Korrózió**

→ HPS I



**1.5 ábra**  
**Tokeltolódás**

→ HPS I



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**1.6 ábra**  
**Csőfal részleges hiánya, betonminőség < C8/10!**

**→ HPS IIIa**



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**1.7 ábra**  
**Függőleges irányú tokelmozdulás**

→ HPS I



**1.8 ábra**  
**Hosszirányú tokelmozdulás**

→ HPS I





## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**1.9 ábra**

**Vasbeton csatorna, beton- és betonvas korróziója → HPS I ?**



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

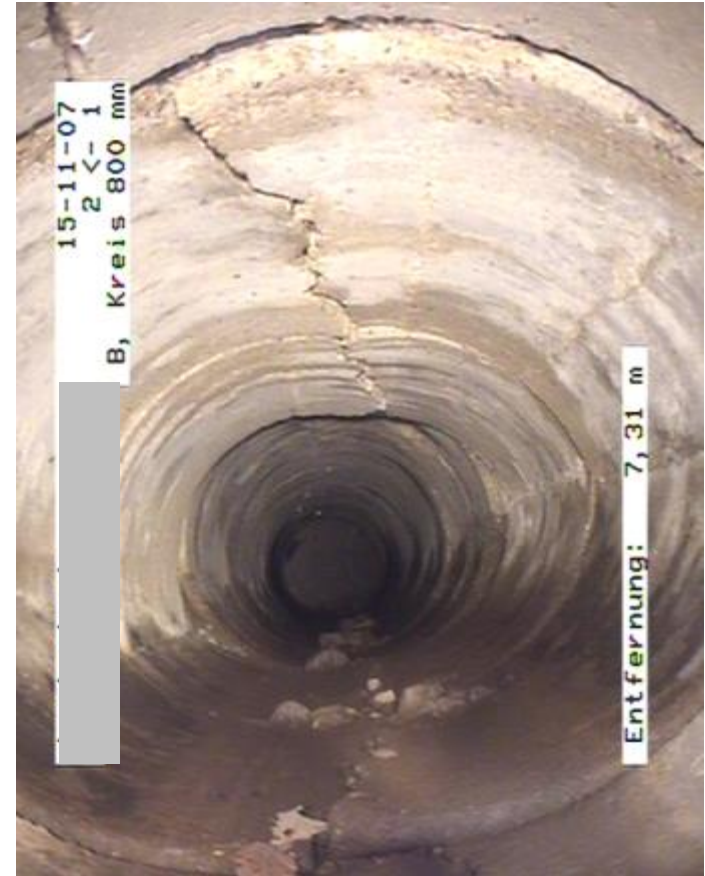


**1.10 ábra**  
**Darabos törés**

„B” módszer a DWA-A 143-2 munkalap szerint:

$$\rightarrow \omega_{GR,v} = 10.7 \%$$

$\rightarrow$  HPS III



**1.11 ábra**  
**Nagymértékű deformáció**  
 $\rightarrow$  HPS III



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 1.1 Táblázat: Típushibák, besorolás

	Típushibák	Statikailag releváns	Cső állapota
1	Nem vízzáró	igen	I-III
2	Hosszirányú repedés	igen	II, III
3	Deformáció	igen	II, III
4	Darabos törés	igen	II, III
5	Korrózió	1)	I-III
6	Kopás	1)	I-III
7	Nem eltávolítható lerakódások	2)	I-III
8	Hiányzó részek	igen, ha $> DN/2$	I-III
9	Keresztirányú repedés	3)	I
10	Nem megfelelő oldalsó bekötések		
11	Belógó gyökerek		
12	Csőtök elmozdulás		
13	Kis nyomószilárdság		IIIa

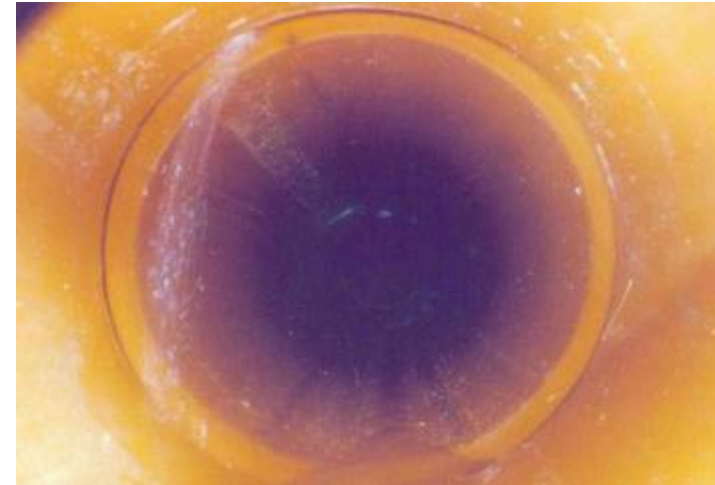
- 1) Méretezés csökkent falvastagságra, szükség esetén **Béléscső megerősítéssel**
- 2) Keresztmetszet változások  $w_v$
- 3) Forgalmi terhelések megnövekedése  $p_T$



## Osztályozás a DWA-A 143-2 munkalapon

### Csőállapot I (terhelés $p_a$ ):

- Régi cső teherbírása megfelelő,
- Víz zárósági problémák a csőcsatlakozásnál és a cső belső falán;
- repedések nincsenek, kivéve hajszálrepedések



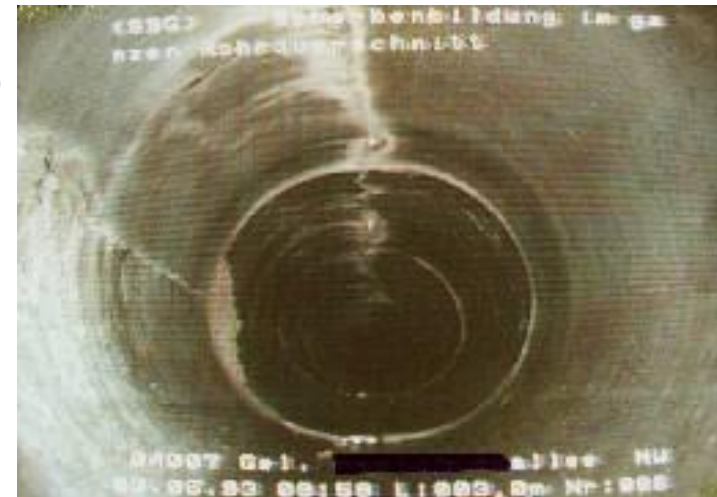
### Csőállapot II (terhelés $p_a$ ):

Régi cső-talaj rendszer teherbírása megfelelő

Hosszirányú repedések és csődeformáció

$$\omega_{GR,v} < \text{ca. } 6\%$$

Oldalsó beágyazódás ellenőrzése és ellenőrzése szükséges, pl. hosszútávú megfigyelésekkel és / vagy RAM tesztekkel





## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### Csőállapot III (terhelés $p_E$ , $p_T$ , $p_a$ ):

Régi cső-talaj rendszer együttes teherbírási képessége hosszú távon nem megfelelő

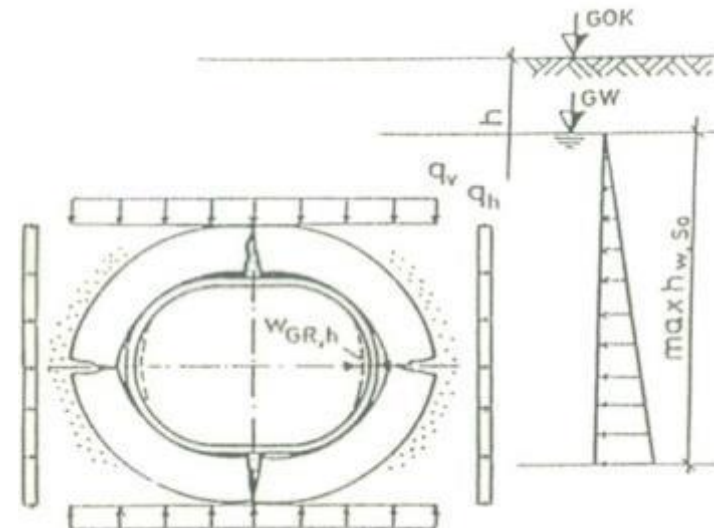
Hosszirányú repedések, jelentős cső deformációkkal  $w_{GR,v} \geq \text{ca. } 6\%$ ;

**Felszínhez közeli cső helyreállítása esetén  $h < 1 \text{ m}$  vagy  $h < OD$ .**



### 1.12 ábra

Rendszer, további talaj és forgalmi terheléssel ( $p_E + p_T$ )

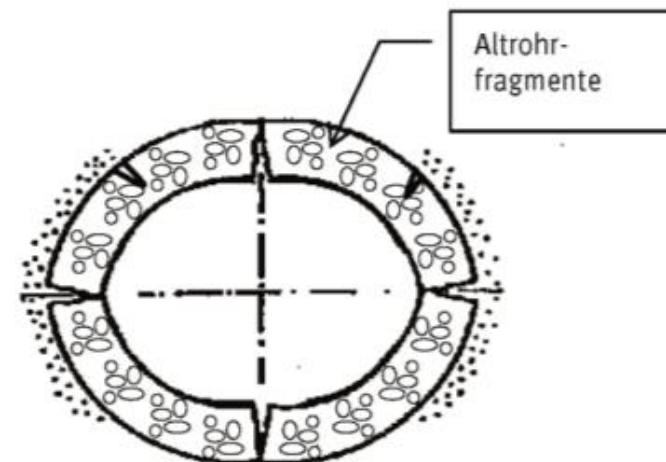




## Csőállapot IIIa:

A csőállapot ugyanaz, mint a III-  
as csőállapot, de a régi cső  
teherbíró képességével,

pl. beton vagy téгла nem  
megfelelő nyomószilárdsága  
miatt.



1.13 ábra

Csőállapot IIIa

(betonminőség  $\leq$  C8/10, téглаépítés  $\leq$  MG II)



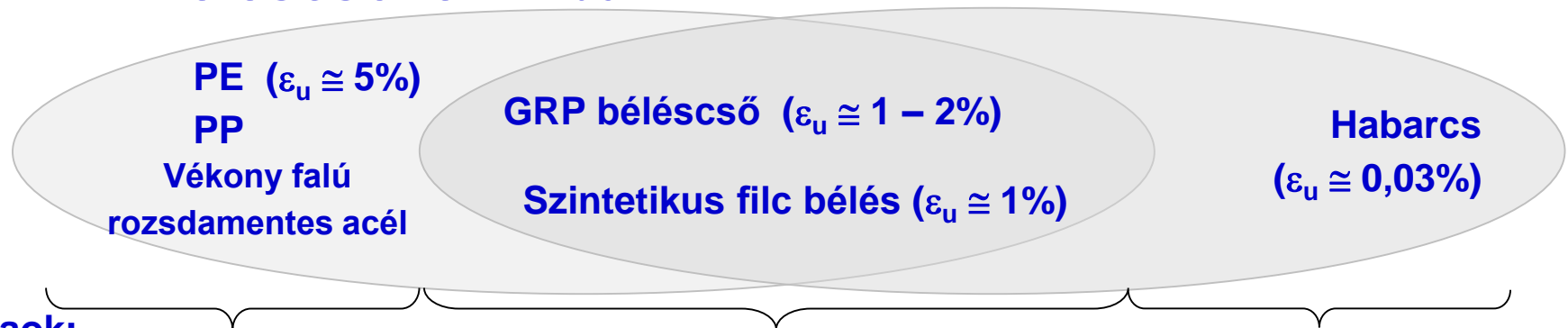
## 1.2 Táblázat: Befogadó cső állapota – összegzés

Befogadó cső állapota	Megfelelő hajlító szilárdság	Hosszirányú repedések, deformációk < 6% megfelelő talajtakaró	Megfelelő nyomó-szilárdság, kis darabos törés	A cső nem omlott össze
I	Blue	Blue	Blue	Blue
II	Light Gray	Blue	Blue	Blue
III	Light Gray	Light Gray	Blue	Blue
IIIa	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Blue



## 2. Elméleti háttér

### 2.1 Béléscsővek hibái

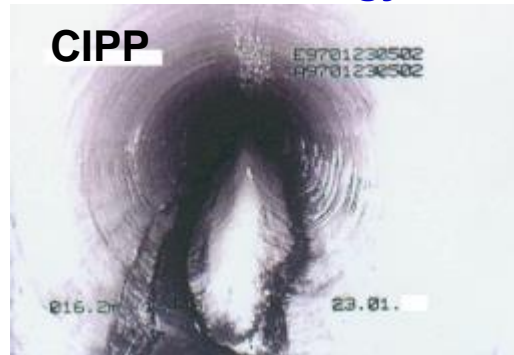


#### Instabilitás



Köralak (= öntött vas)

#### Instabilitás és/vagy törés



Kör + 1 törés a folyásfenéken

#### Törés



4 törésvonal (= törékeny)

### 2.1 ábra

Hibafajták a különböző béléscső típusokhoz





## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



**2.2 ábra**  
**Habarcsbevonat, négy törésvonal a folyásfenéken**



## 2.2 Horpadás/ szilárdság ellenőrzése

2.1 ábra két lehetséges meghibásodási fajtát mutat: béléscső horpadás és törés.

**Béléscső horpadás:** a kis rugalmassági E-Modulus (pl. PE) és a relatíve nagy szilárdságú béléscső esetén következik be.

**Béléscső törés meghibásodás:** kis szilárdság (pl. habarcs bevonat) és nagy E-Modulus esetén fordul elő.

A CIPP esetében mindkét meghibásodás előfordulhat, ezért:

→ horpadási **és** törés ellenőrzés is szükséges!



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 2.2.1 Ellenőrzés horpadásra Kiterjesztés a hiányosságokra

$$\text{crit } p_{a,d} = \kappa_{v,s} \cdot \alpha_D \cdot S_{L,d}$$

Glock szerint [1]

Index d: "design, tervezés"

ahol  $\kappa_{v,s}$  = **összevont csökkentési tényező az alábbiakra:**

1. helyi hiányosságok  $\omega_v$  (CIPP: 2%)
2. gyűrűs tér  $\omega_s$  (CIPP: 0,5%)
3. összevont hiányosságok  $\omega_{GR,v}$  (mérés)

$$\alpha_D = 2.62 \cdot \left( \frac{r_L}{t_L} \right)^{0.8} = \text{megoszlási koefficiens}$$

$$S_{L,d} = \frac{E_{L,d}}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left( \frac{t_L}{r_L} \right)^3 = \text{csőmerevség}$$

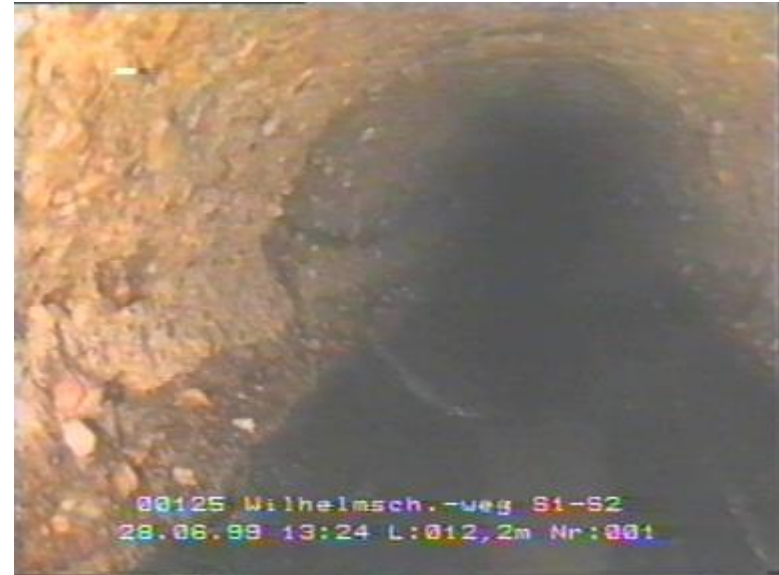
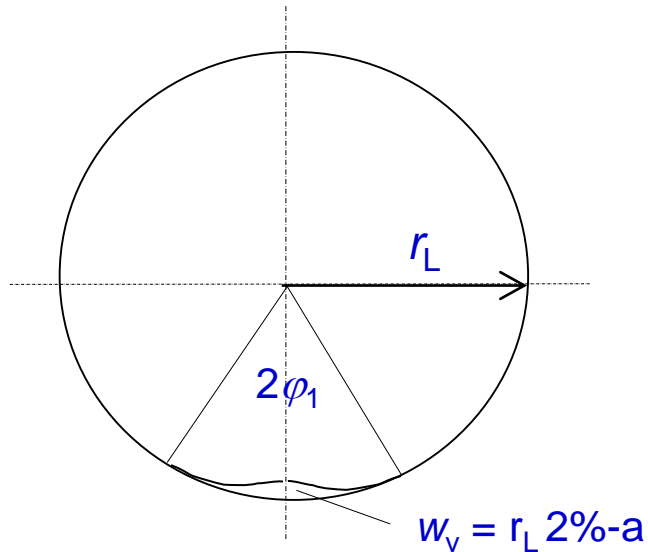
$E_{L,d} = E_{L,k} / \gamma_M$  ahol  $\gamma_M = 1.35$  (CIPP)

**Megfelelőség**  $p_{a,d} / \text{crit } p_{a,d} \leq 1$

ahol  $p_{a,d} = \gamma_F \cdot \gamma_W \cdot h_{W,so}$



## Körszelvény profilok hiányosságai



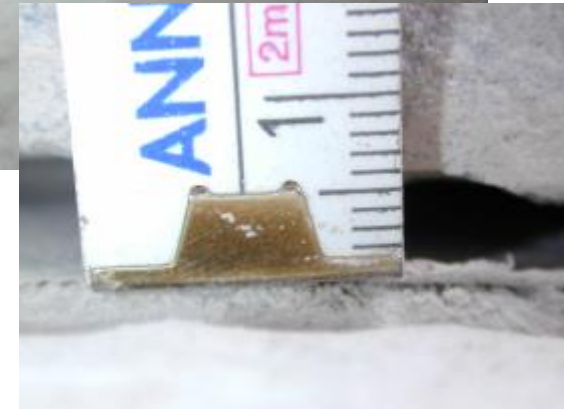
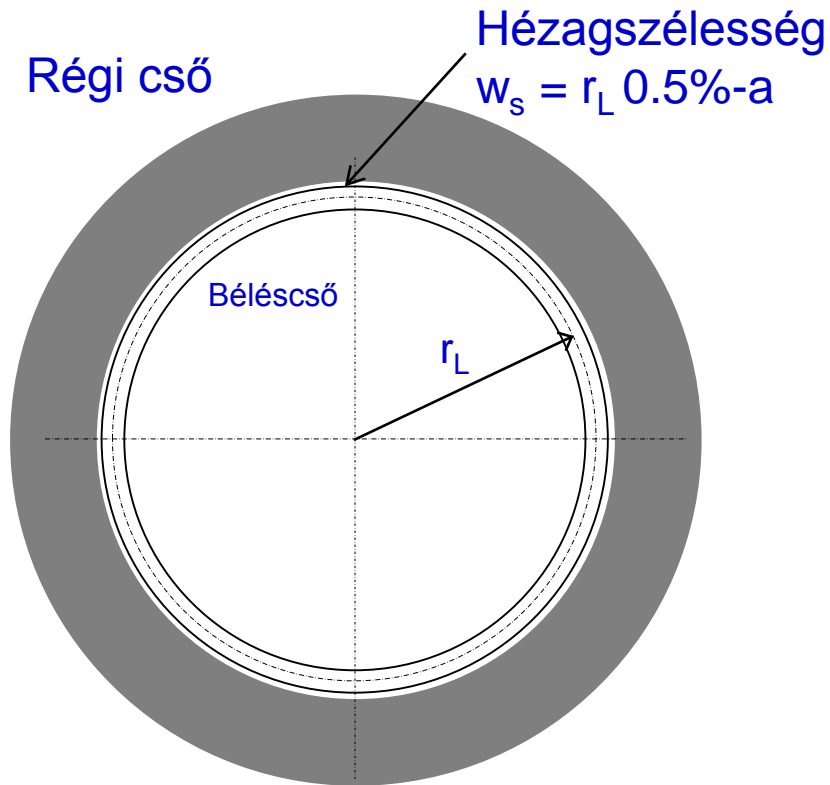
### 2.3 ábra

Helyi hiányosság  $w_v$  a folyásfenéken  $2\varphi_1 \cong 40^\circ$  kinyíló szögben  
(nagyított vázlat!)

→ Minimum érték DWA-A 143-2 munkalap alapján:  $\omega_v = 2 \%$



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



**2.4 ábra**  
**Gyűrűs tér  $w_s$  (gyanta zsugorodása)**

→ Minimum érték CIPP esetében a DWA-A 143-2 munkalap alapján:  $\omega_s = 0.5 \%$



**Aknához közeli rész  
(a mérés nem helyes)**

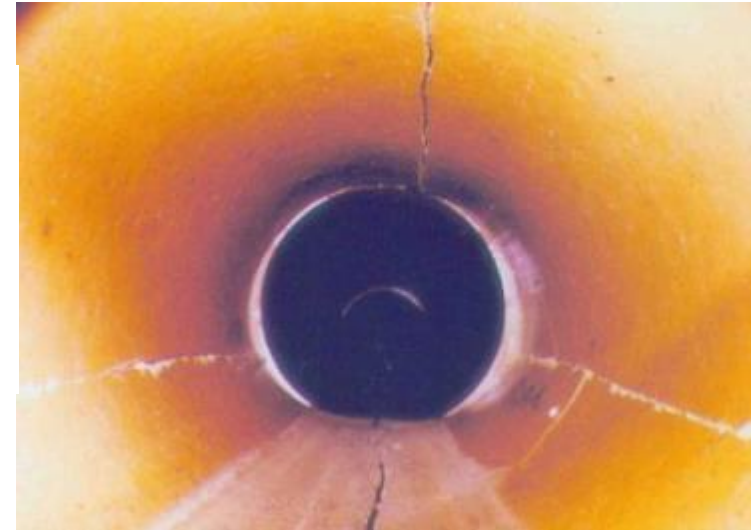
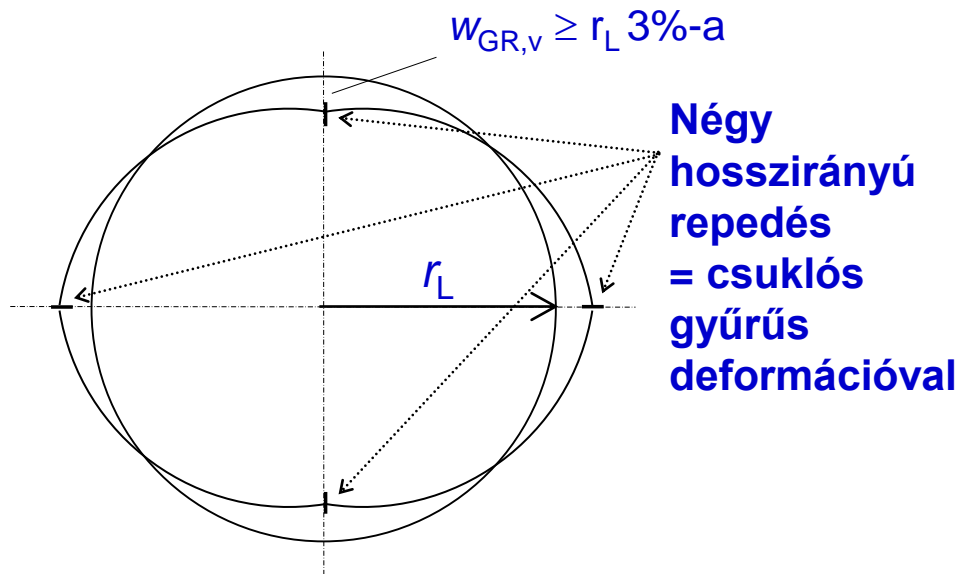


**Próbakivágás során  
(helyes)**

**2.5 ábra  
Gyűrűs hézag mérése, ovális profilok**



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

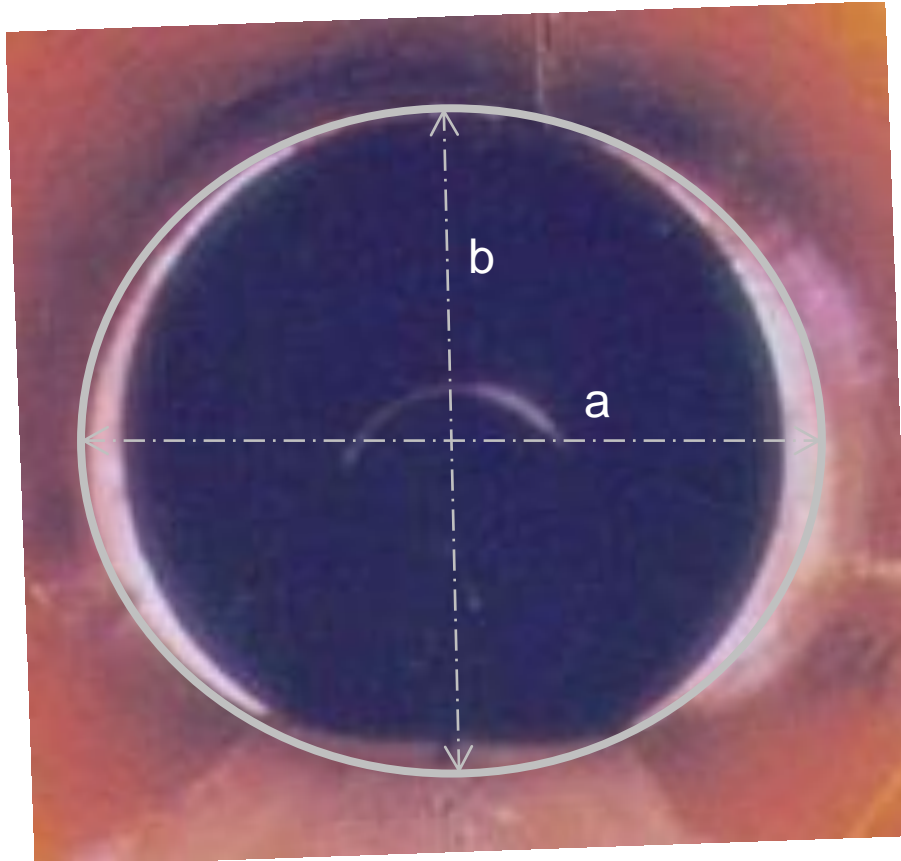


**2.6 ábra**  
**Összevont hiányosságok  $w_{GR,v}$  (Ovalitás)**

- Minimum érték a DWA-A 143-2 munkalap alapján:  $\omega_{GR,v} = 3 \%$ ,  
 $\omega_{GR,v} > 3 \%$  gyakran előfordul!  
(Méretezés vagy értékelés a CCTV képek alapján!)



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



Az ellipszis fő tengelyei:

$a = 9.8$  és  $b = 8.8$  cm

$$\rightarrow \omega_{GR,v} \cong \frac{a - b}{a + b} \cdot 100\%$$

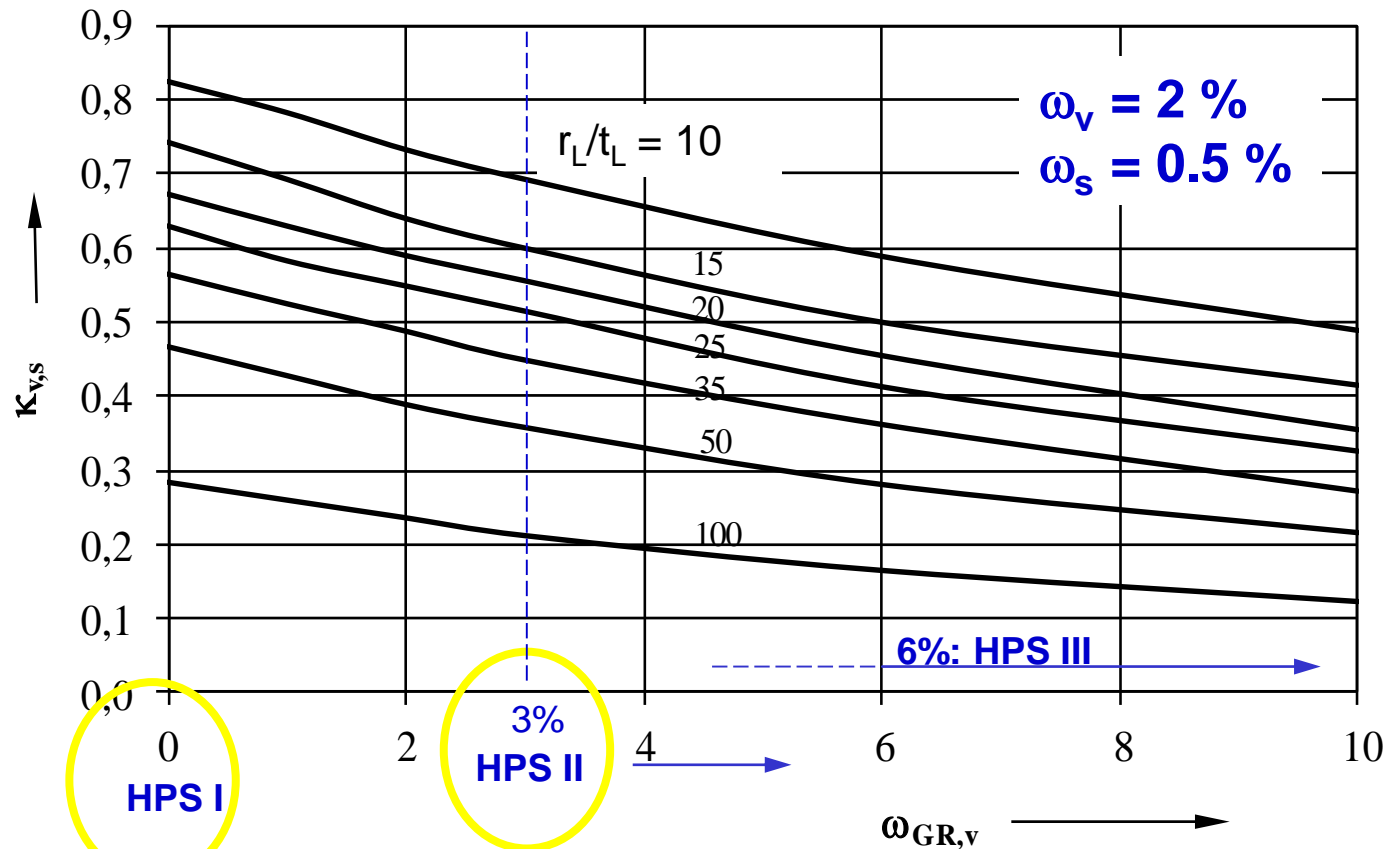
$$\cong 1.0 / 18.6 \cdot 100\% = \mathbf{5.4\%}$$

**2.7 ábra**

**Az összesített hiányosságok értékelése CCTV képek alapján,  
DWA-A 143-2 munkalap, C módszer**



B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



**2.8 ábra**  
**Közös csökkentési faktor  $\kappa_{v,s}$**   
**az összevont hiányosságok különböző értékeire  $\omega_{GR,v}$**



## 2.2.2 Szilárdság ellenőrzése

### - Keresztmetszeti erők:

A keresztmetszeti erők kiszámítása az  $m_{pa}$  paraméter (következő dia) és  $n_{pa} \cong -1.0$  (kézi számításhoz) felhasználásával történik:

$$M_{pa,d} = m_{pa} \cdot p_{a,d} \cdot r_L^2$$

$$N_{pa,d} = n_{pa} \cdot p_{a,d} \cdot r_L$$

### - Nyomás a béléscső falban (folyásfenék):

$$\sigma_{i,d} = \frac{N_{pa,d}}{A} + \alpha_{ki} \cdot \frac{M_{pa,d}}{W}$$

$$\sigma_{a,d} = \frac{N_{pa,d}}{A} - \alpha_{ka} \cdot \frac{M_{pa,d}}{W}$$

Kihajlási paraméterek

$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{t_L}{3r_L} \quad \alpha_{ka} = 1 - \frac{t_L}{3r_L}$$

Keresztmetszeti értékek

$$A = 1 \cdot t_L \quad W = 1 \cdot t_L^2 / 6$$

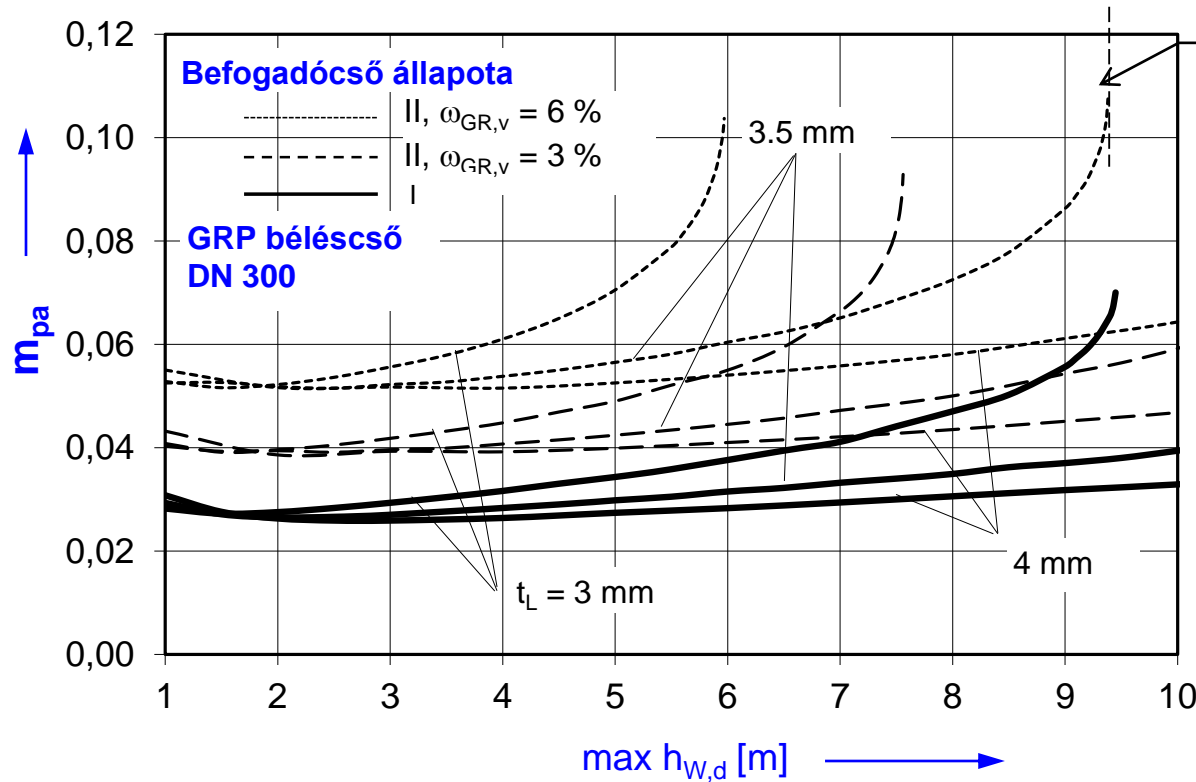
### - Ellenőrzés:

$$\max \sigma_d / \sigma_{bZ,d} \leq 1$$

$$|\min \sigma_d| \sigma_{D,d} \leq 1$$



## Hajlítónyomaték, paraméter $m_{pa}$



A görbék  
végtelenek: crit  $p_{a,d}$

1 Diagramm  
minden DN-hez!

Átmérők eltérnek  
DN 300-tól:  
Falvastagság  
újraszámítása

2.9 ábra

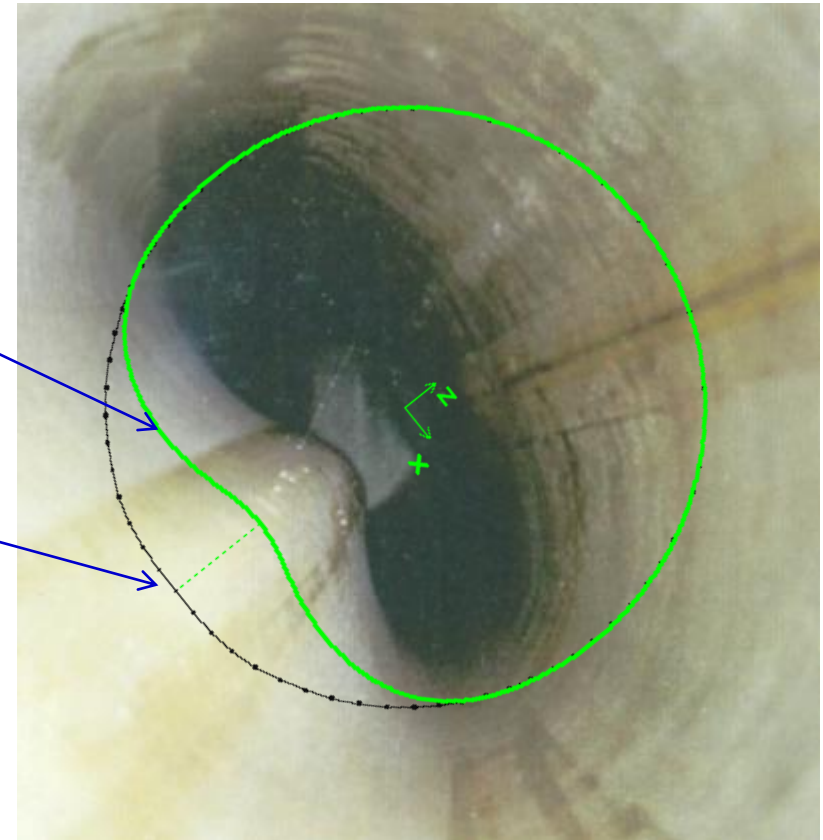
Paraméterek  $m_{pa}$  Befogadó cső állapot I + II-höz, DN 300  
(érvényes az alábbiakra:  $E_{L,k} = 6000\text{ N/mm}^2$ ,  $\omega_v = 2\%$ ,  $\omega_s = 0.5\%$ )



## 2.3 Értékelés kísérletek alapján

CIPP behorpadása a terhelés helyén

Helyi behorpadás 2%



2.10 ábra  
CIPP behorpadása külső víz nyomására,  
Wagner 1992 [3]



## Összehasonlítási elmélet – kísérletek

Horpadási képlet DWA-A 143-2 munkalap alapján:

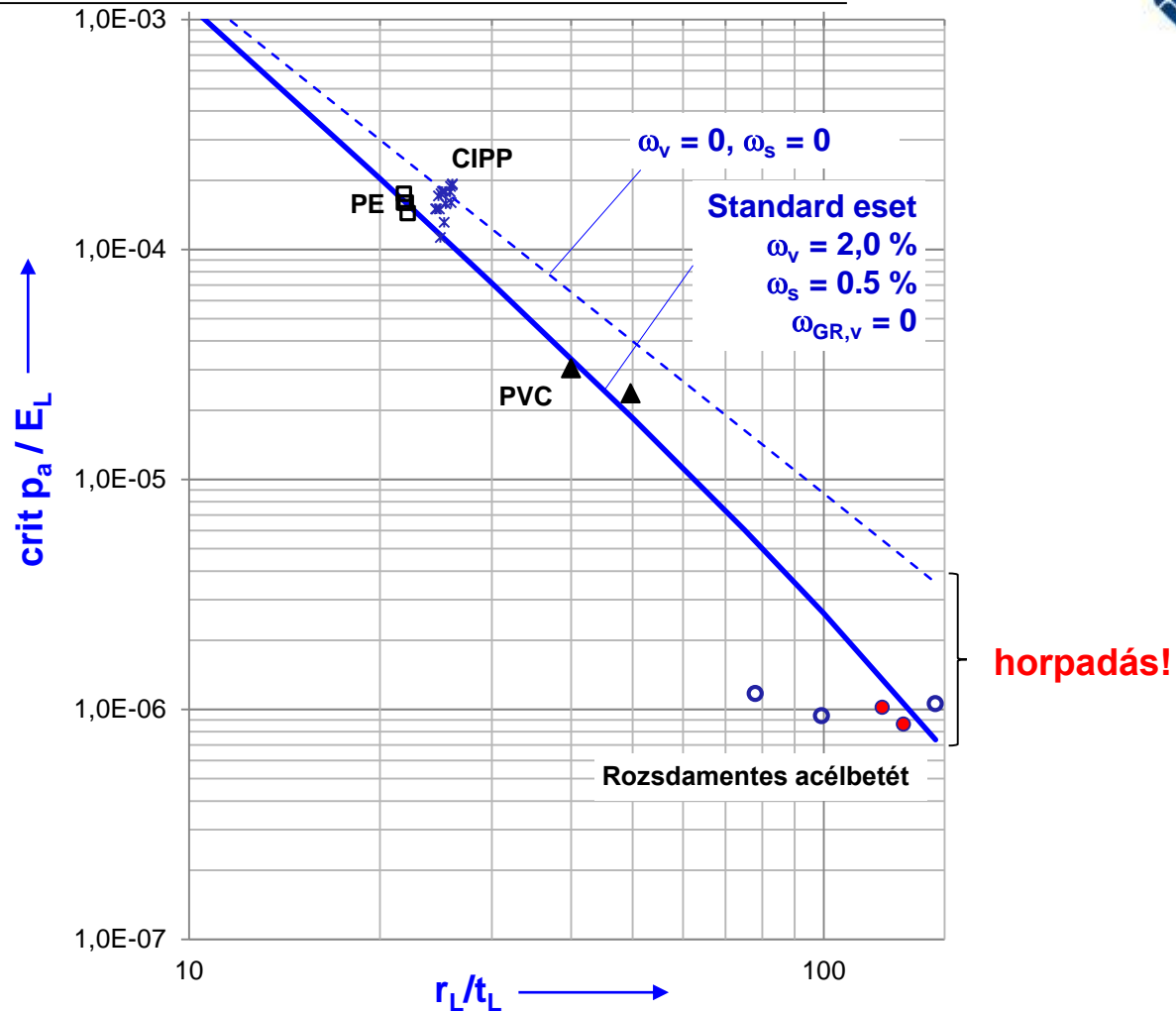
$$\text{crit } p_{a,d} = k_{v,s} \cdot \alpha_D \cdot S_{L,d}$$

A  $\alpha_D$  és  $S_{L,d}$  behelyettesítése:

$$\rightarrow \frac{\text{crit } p_{a,d}}{E_{L,d}} = k_{v,s} \cdot \frac{2.62}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left( \frac{t_L}{r_L} \right)^{2.2}$$



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



2.11 ábra

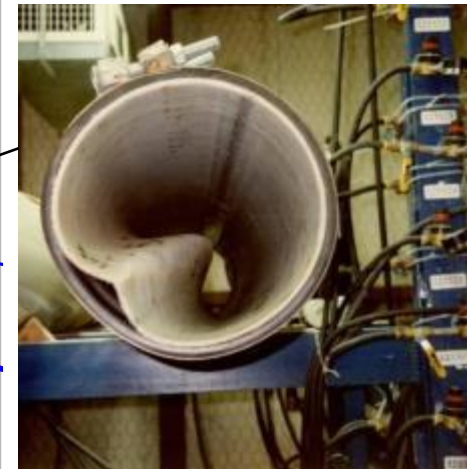
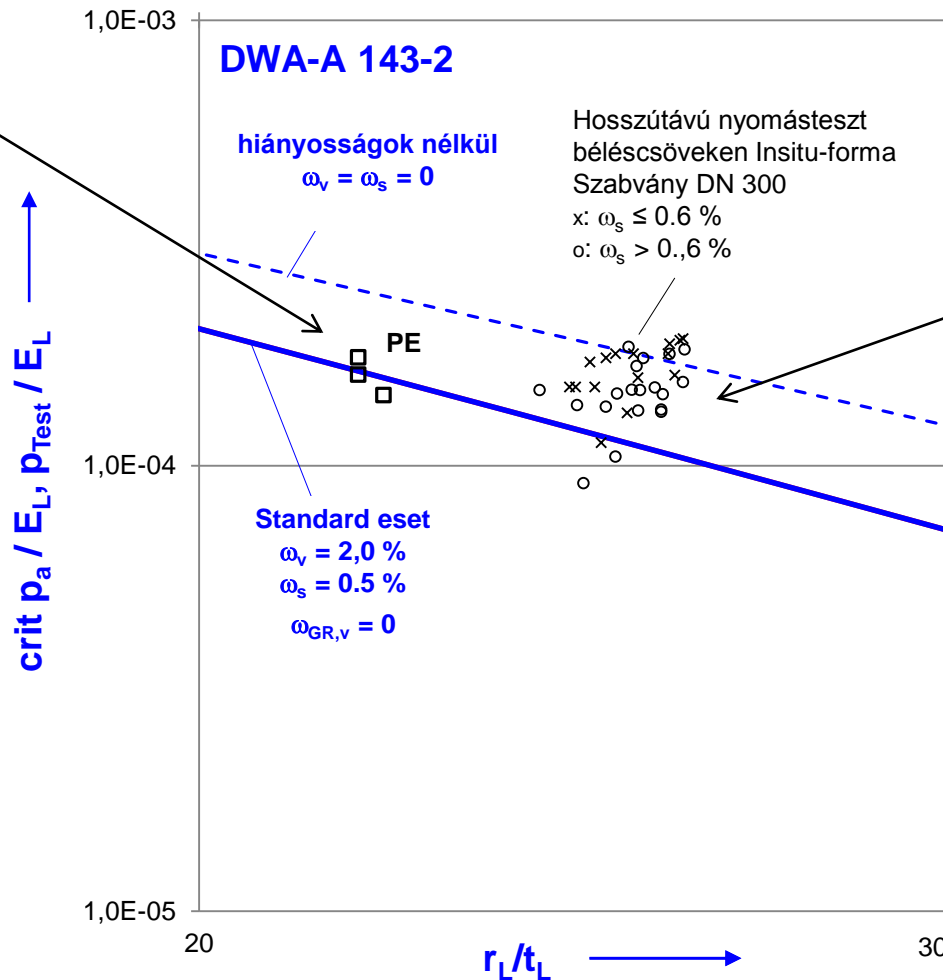
Horpadási kísérletek PE [5], CIPP [4], PVC & acélbetét,  
horpadási terhelés  $\text{crit } p_a / E_L$  (tengelyek dupla logaritmusa) <sup>30</sup>



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



Horpadási kísérletek  
PE bélésű  
mintadarabon  
 $L = 110 \text{ mm}$ , mint  
hosszútávú kísérlet  
[5]



Hosszútávú horpadási  
próba 10.000 órán  
keresztül kb.100 CIPP-en  
Louisiana Tech Univ.,  
Ruston (USA) [4]

2.12 ábra

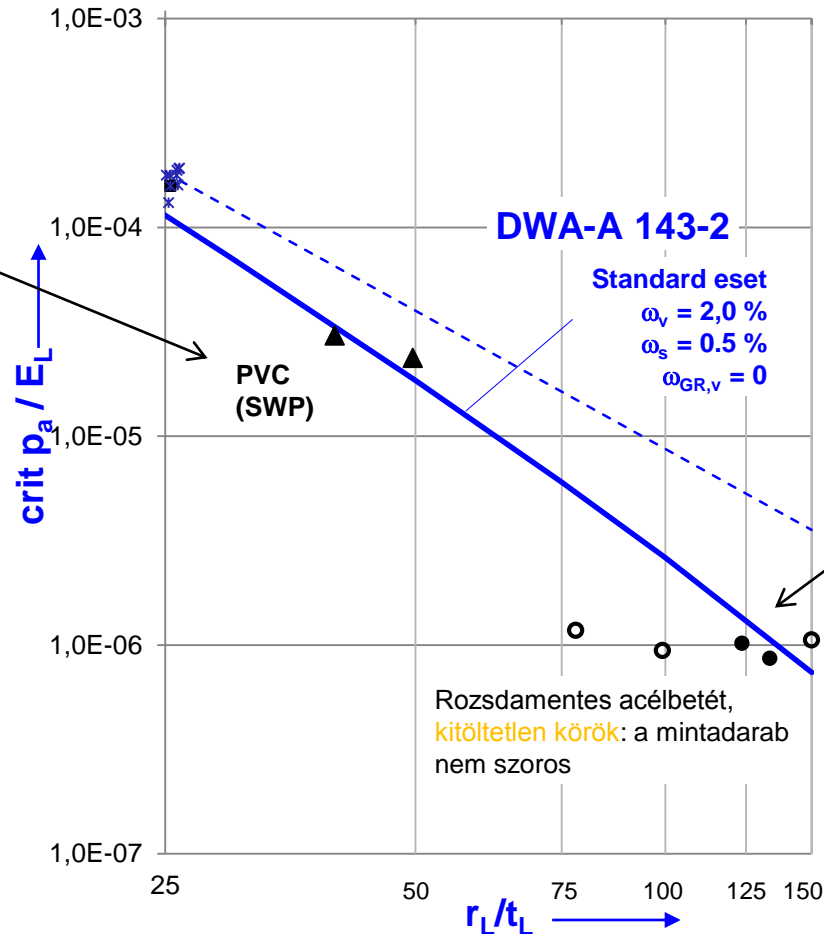
Kiemelés a 2.11 ábráról, PE- és CIPP hosszútávú kísérletek



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



Horpadási próba  
PVC spiráltekerceseléses  
csöveken  
DN 1168 mm

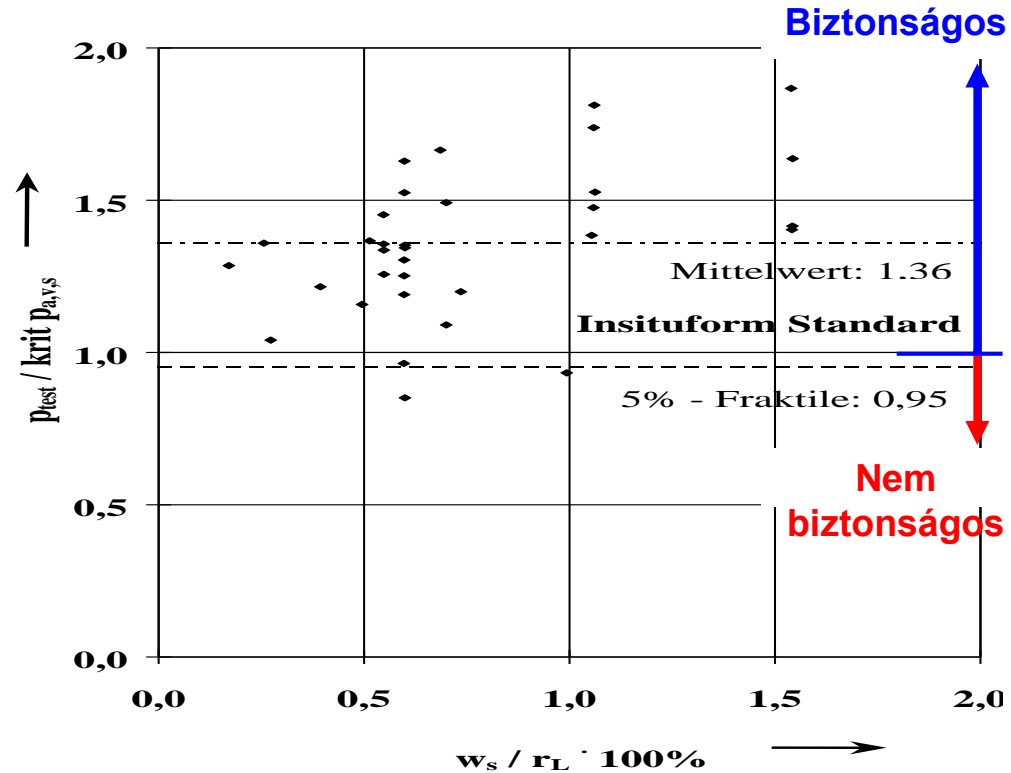


Acélbetét stabilitási hibája  
DN 300

2.13 ábra

Kiemelés a 2.11 ábráról, PVC spiráltekerceseléses cső DN 1168 & DN 1500 (rövid időszakig) és acélbetét DN 200 – DN 600



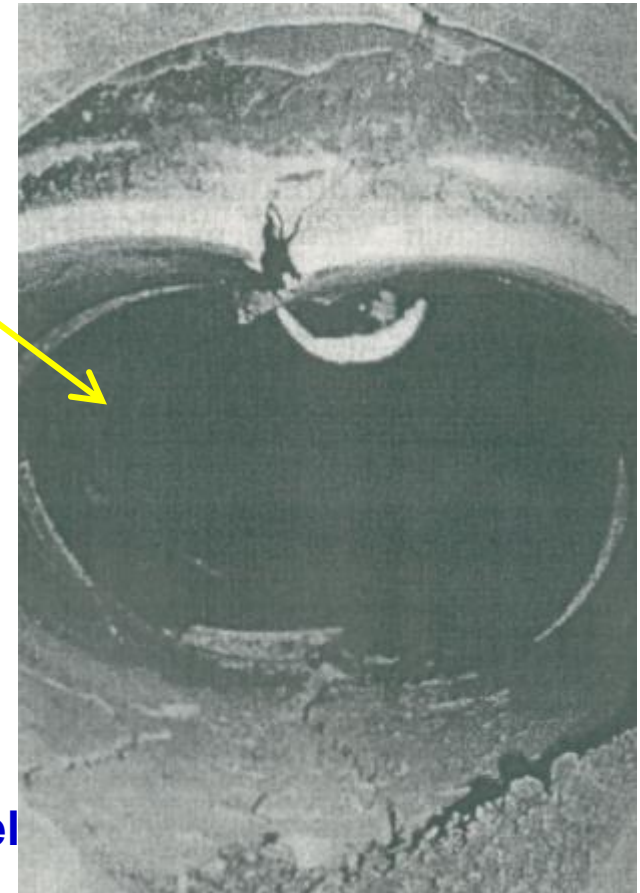


2.14 a) ábra  
CIPP-en végzett hosszútávú  
horpadási próba, USA [4]

2.14 b) ábra  
33 CIPP-en végzett  
horpadási próba értékelése



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



**2.15 ábra**

**Betoncső homokágyban**

**jobbra: A maximális  $h \cong 20$  m terhelés elérésével  
[Watkins et al. 1988]**



## 3. Szükséges adatok

### 3.1 Befogadócső állapot I és II

#### Terhelés:

- Talajvízszint max  $h_{W,S_0}$  (min. 1.5 m)
- Nyomócső:  $p_i$ , túlnyomás (alacsony nyomást is magában foglalva)

#### Hiányosságok:

- lokális:  $\omega_v = 2\%$
- gyűrűs hézag:  $\omega_v = 0.5\%$
- összesített (ovális):  $\omega_{GR,v} \geq 3\%$  a befogadócső állapothoz  $\geq II$

#### Anyagtulajdonságok (50a):

- E-modulus
  - szilárdság
- } következő dia



## Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten  
Bautechnisches Prüfamts

Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts  
Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum: 01.12.2015  
Geschäftszeichen: III 54-1.42.3-52/12

- "SAERTEX-LINER® Typ S<sup>+</sup>" und "SAERTEX-LINER® Typ S<sup>+</sup> Premium"

DN 100 bis DN 1600:

Kurzzeit-Umfangs-E-Modul in Anlehnung an DIN EN 1228<sup>14</sup>:

20.500 N/mm<sup>2</sup>

Langzeit-Umfangs-E-Modul:

16.000 N/mm<sup>2</sup>

Kurzzeit-Biegespannungen  $\sigma_{FB}$  in Anlehnung an DIN EN ISO 11296-4<sup>15</sup>  
bzw. DIN EN ISO 178<sup>16</sup>

270 N/mm<sup>2</sup>

Langzeit-Biegespannungen  $\sigma_{FB}$ :

210 N/mm<sup>2</sup>

Abminderungsfaktor A nach 10.000 h:

1,28

Rudolf Kersten  
Referatsleiter

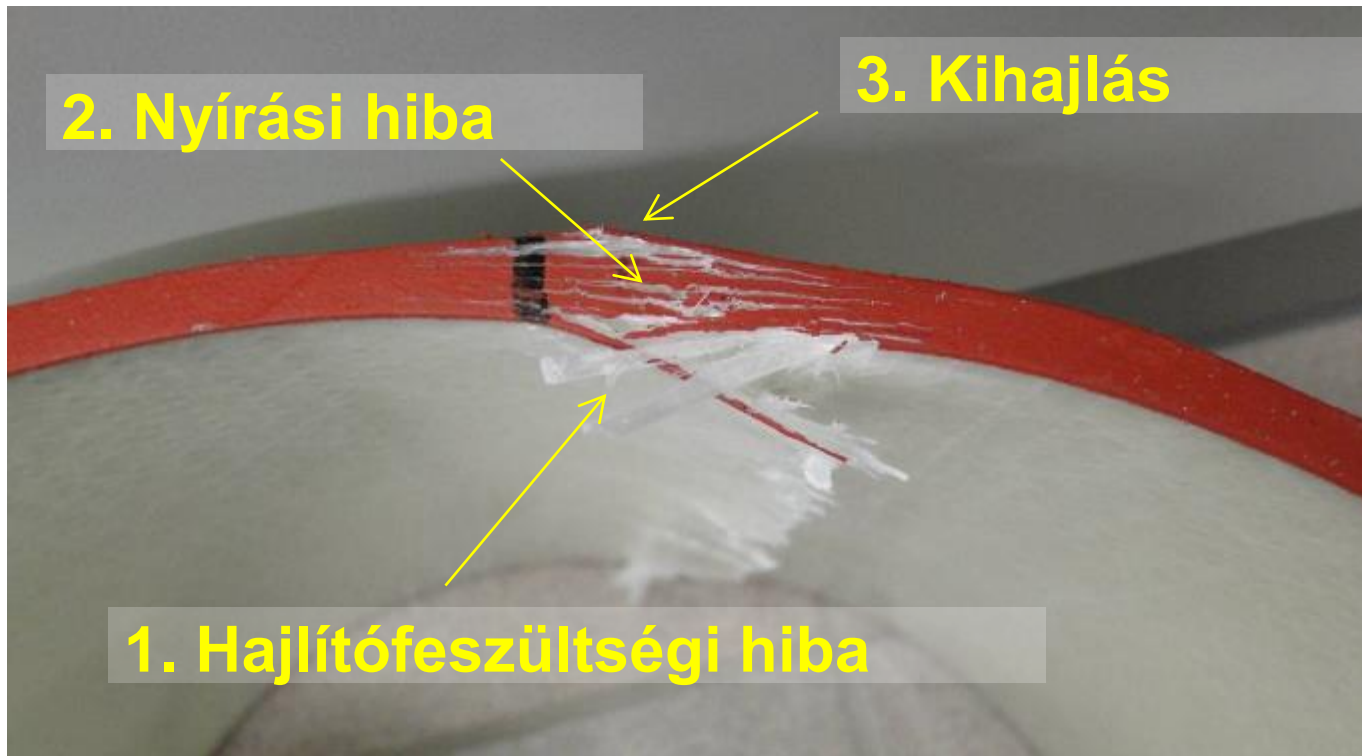


3.1 ábra

DIBt jóváhagyás GRP béleléshez



## Hajlító szilárdság $\sigma_{bZ}$ ( $\sigma_{fB}$ = első szakítás nyomatéka)



3.2 ábra

GRP béléseken végzett próba, rétegenkénti leválás figyelhető meg  
[Diploma munka Osterhues, FH Münster 2010]



## 3.2 Befogadócső állapot III és IIIa

### Terhelés:

- $\max h_{W,so}$  (ahol a befogadócső állapota I és II)
- talajterhelés  $p_E = \gamma_B \cdot h$  ( $\gamma_B = 20 \text{ kN/m}^3$ )
- forgalmi terhelés  $p_T$  (diagrammok)

### Hiányosságok:

- összesítés (ovális)  $\omega_{GR,v}$  (tipikusan:  $\geq 6\%$ )

### Anyagtulajdonságok: (ahol a befogadócső állapota I és II)

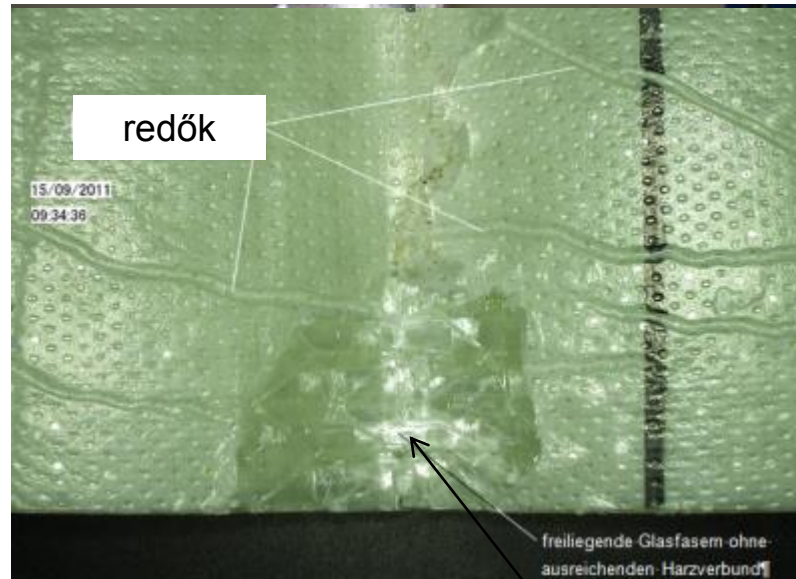
- esetleg fáradási szilárdság → következő dia

### Talaj tulajdonságok:

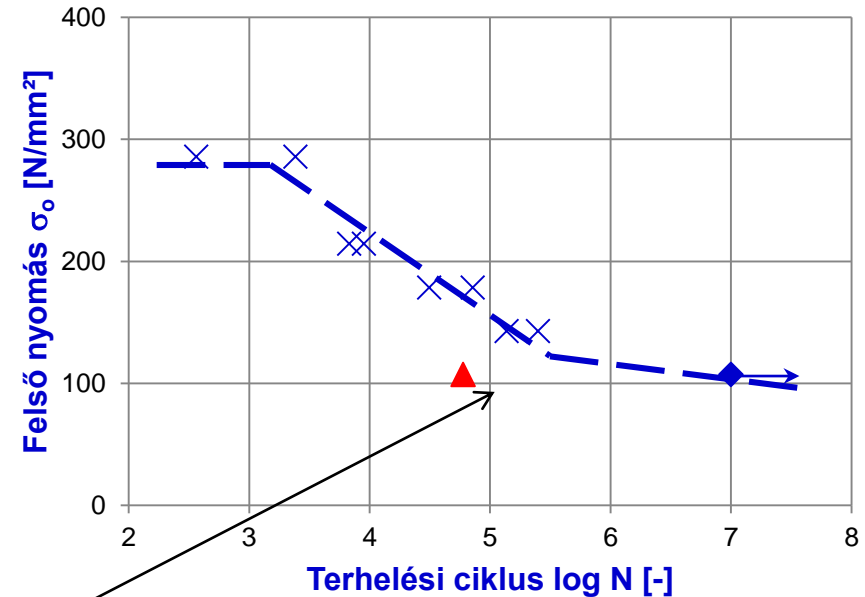
- deformációs együttható  $E_2$  (tipikusan: 5 - 8 N/mm<sup>2</sup>)
- oldalnyomás faktora  $K_2$  (tipikusan: 0.2 - 0.4)
- belső súrlódás szöge  $\varphi'$  (tipikusan: 20° - 32.5°)



## Kifáradási szilárdság (kétszeres amplitúdó $2\sigma_A$ )



Vizsgálat hiányosságokra



3.3 a) ábra

GRP béléséken végzett ciklikus terheléses tesztek; hiányosságok: az üvegszál nem teljesen itatódott át gyantával (Master Thesis Fingerhut [6])

3.3 b) ábra

Wöhler vonal

◆ vizsgálat **nodges** nélkül; maximum elérhető terhelési ciklus:  $N > 10^7$

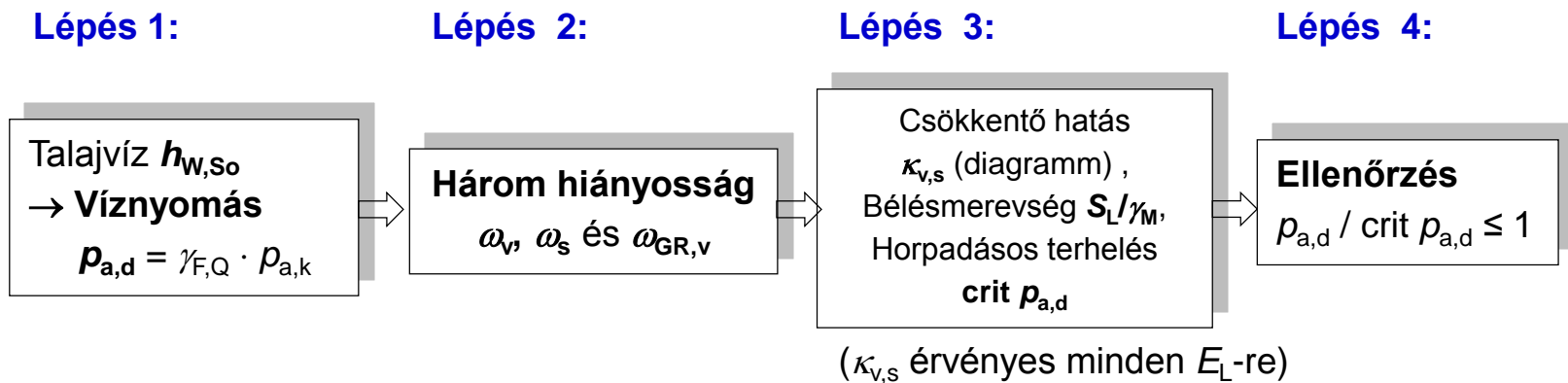
▲ **Vizsgálat hiányosságokra:  $N \cong 60,000$**



## 4. Gyakorlati tervezés lépései

### 4.1 Tervezési eljárás

#### a) Víznyomással szembeni ellenállás



### 4.1 ábra

#### Stabilitási ellenőrzés víznyomásra

A 143-2 munkalap alapján  $p_a$  (befogadócső állapot I - III)





## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### b) Terhelések befogadócső állapot I és II esetében

Lépés 1:

...



...

Lépés 2:

s. stabilitás



Lépés 3:

$n_{pa} \cong -1$ ,  $m_{pa}$  (diagramm),  
szakaszos erők  $N_{pa,d}$ ,  $M_{pa,d}$ ,  
nyomás  $\sigma_{i,d}$  és  $\sigma_{a,d}$

( $m_{pa}$  and  $n_{pa}$  érvényes az  
alábbiakra

$E_L \cong 1500$  resp.  $6000$  N/mm<sup>2</sup>,  
kör- és ovális profilra)

**Alternativa a 3. lépésre:  
(Program LinerB)**

**Végelem Szimuláció**  
a szakaszos erők nem-lineáris  
számítása  $N_{pa,d}$ ,  $M_{pa,d}$ ,  
nyomás  $\sigma_{i,d}$  és  $\sigma_{a,d}$

(érvényes az  $E_L$  minden értékére,  
tetszőleges profilok)

Lépés 4:

**Igazolás**

$$\max \sigma_d / \sigma_{bZ,d} \leq 1$$

$$|\min \sigma_d| / \sigma_{D,d} \leq 1$$

...

4.2 ábra

**Terhelés ellenőrzése víznyomásra  $p_a$  (befogadócső állapot I - III)**



## 4.2 Számítógéppel történő tervezés

### Általános bemeneti adatok:

**System (Berechnung nach DWA-A 143-2:2015)**

**Altrohr**

Profil	<input type="text" value="Kreis"/>	Nennweite DN	<input type="text" value="300"/>	mm
Werkstoff	<input type="text" value="Beton"/>	Innendurchmesser	<input type="text" value="300"/>	mm
Altrohrzustand	<input type="text" value="I"/>	Wanddicke Scheitel t	<input type="text" value="40"/>	mm
		... Kämpfer	<input type="text" value="40"/>	mm
		E-Modul	<input type="text" value="30000"/>	N/mm <sup>2</sup>
		Druck- / Biege- zugfestigkeit BR	<input type="text" value="17.5"/> <input type="text" value="3"/>	N/mm <sup>2</sup>

\*)

\*) jelentőség nélkül a Befogadócső I és II állapotra,  
Kivéve: flexibilis régi csövek



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 4.2 Számítógéppel történő tervezés

#### 1. lépés (Víznyomás $p_a$ ):

**Lasten (charakteristische Größen)**

**Wasserdruck, Innendruck, Eigenlasten**

Grundwasser (charakt. Wert) über Sohle max  $h_{W,So}$   m

Wichte  $\gamma_{W/W}$   kN/m<sup>3</sup>

oder: konstanter Außendruck  $p_0$   kN/m<sup>2</sup>

Innendruck:  $p_i$  [bar]  Langzeit-Zugfestigkeit [N/mm<sup>2</sup>]

Eigenlasten, Liner Wichte  $\gamma_{mL}$   kN/m<sup>3</sup>

#### 2. lépés (Befogadócső állapot I):

**Imperfektionen**

örtliche Vorverformung  $w_v$   % von  $r_L = 2,9$  mm Lage  °

Öffnungswinkel  °

Gelenringvorverformung  $w_{GR,v}$   % von  $r_L = 0,0$  mm

konstanter Ringspalt  $w_s$   % von  $r_L = 0,75$  mm  Symmetrie



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 4.2 Számítógéppel történő tervezés

#### 3. lépés:

**Liner**

Werkstoff	Synthesefaserlaminat	Werkstoffkennwerte (charakter. Werte):	
Radius $r_{a,L}$ (außen, Scheitel)	150 mm	Kurzzeit-E-Modul	2800 N/mm <sup>2</sup>
Wanddicke $t_L$	5.2 mm	Langzeit-E-Modul	1400 N/mm <sup>2</sup>
mittlerer Linerradius $r_L = 147,4$ mm		Langzeit-Biegezugfestigkeit	18,00 N/mm <sup>2</sup>
Querdehnzahl	.35	Langzeit-Druckfestigkeit	25,00 N/mm <sup>2</sup>
		Teilsicherheitsbeiwerte,	
		ständige Einwirk. $\gamma_{M,F,G}$	1.35
		veränd. Einwirk.: $\gamma_{M,F,Q}$	1.5
		Teilsicherheitsbeiwert Widerstände, $\gamma_{M,M}$	1.35
<input type="checkbox"/> Langrohrlining, Montageverfahren			

Anyag  
paraméterek  
(DIBt jóváhagyás)



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 3. lépés:

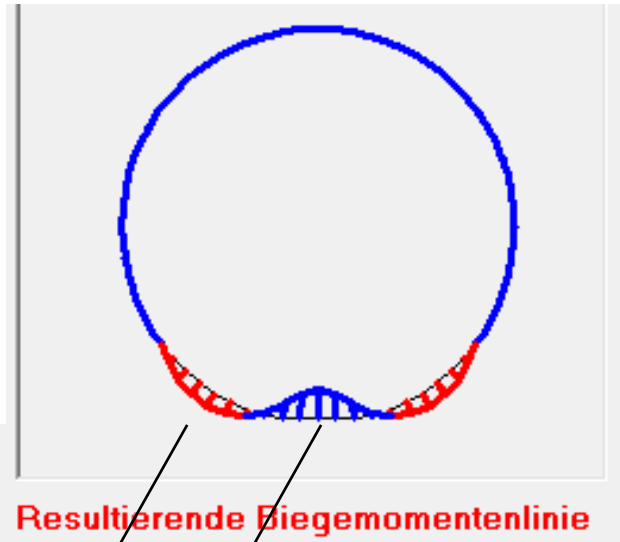
#### Stabilitätsnachweis

Bemessungs-Grundwasserdruck über Linersohle	$p_{a,d} =$	75,0 kN/m <sup>2</sup>
vertikale Bodenspannungen über Linerscheitel	$q_{v,d} =$	0,0 kN/m <sup>2</sup>
Durchschlagbeiwert für starr gebettete Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt:		
$\alpha_D = 2.62 \cdot (rL/tL)^{0.8} =$		38,04
Durchschlaglast, Liner ohne Vorverformung und ohne Spalt: krit $p_{a,d} = \alpha_D \cdot SL_{,d} =$		164,5 kN/m <sup>2</sup>
zum Vergleich: freier Liner krit $p_{as,d} = 3,0 \cdot SL_{,d} =$		13,0 kN/m <sup>2</sup>
Abminderungsfaktoren, Parameter $rL/tL =$		28,346
gemeinsamer Faktor für örtliche Vorverformung und Spaltbildung (vgl. DWA-A 143-2, Diagr. 7)	$\kappa_{v,s} =$	0.605
abgeminderte Durchschlaglast $\kappa_{v,s} \cdot \text{krit } p_{a,d} =$		99,5 kN/m <sup>2</sup>
4. lépés: Stabilitätsnachweis $p_{a,d}/\text{krit } p_{a,d}$		0,753 ( $\leq 1$ )



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 4. lépés: Terhelés



### Liner DN 300 tL=5,20 mm Spannungen

	Scheitel	Kämpfer	Sohle
npa =	-1,6210	-1,6511	-1,5738
mpa =	0,0006	-0,0304	0,0615
Nd =	-11,947	-12,169	-11,599 N/mm
Md =	0,670	-32,971	66,814 Nmm/mm
$\sigma_{i,d}$ =	-2,147	-9,742	12,769 N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{a,d}$ =	-2,444	4,890	16,882 N/mm <sup>2</sup>
Nachw. bZ =	0,010	0,367	0,958 (<=1)
Nachw. D =	0,132	0,526	0,912 (<=1)

Hajlítónyomaték  
paraméterei

Hajlítónyomaték

max. nyomás

Ellenőrzés



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

# Befogadócső állapot III + IIIa

## 1. lépés (Talaj- és forgalmi terhelés $p_E$ és $p_T$ ):

**Erd- und Verkehrslasten (nur bei AZ III und IIIa)**

Erdüberdeckung h	<input type="text" value="2,00"/> m	Bodenwichte $\gamma_{mB} = 20,0 \text{ kN/m}^2$	
Erddruckbeiwert $K_2$	<input type="text" value="0,20"/>		Erdlasten nach DWA-A 161
Konzentrationsfaktor $\lambda_{mR}$	<input type="text" value="0,750"/> -> $\lambda_{mB} = 1,083$		
Verformungsmodul, Boden $E_2$	<input type="text" value="8,00"/> -> $SBh = 6,40 \text{ N/mm}^2$		
<input type="checkbox"/> elastisches Bodengesetz	plast. Bodengesetz: Faktor für Erdwiderstand	<input type="text" value="0,75"/>	
Straßenverkehrslast:			
<input checked="" type="radio"/> DIN EN 1991-2	alfaQ = <input type="text" value="1,00"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Seitendruck aus Verkehr berechnen	
<input type="radio"/> DIN 1072	<input type="text" value="SLW 60"/>	-> $q_{h,d}(pT) = 3,90 \text{ kN/m}^2$ oder $q_h(pT)$ eingeben:	<input type="text" value="0"/> $\text{kN/m}^2$
Eisenbahnverkehrslast LM 71	<input type="text" value="keine"/>		
Flugzeugverkehrslast	<input type="text" value="keine"/>		
konzentrierte Flächenlast $p_K$	<input type="text" value="0,00"/> $\text{kN/m}^2$	<input type="checkbox"/> Seitendruck aus $p_K$ berücksichtigen	
Oberflächenlast $p_0$	<input type="text" value="0,00"/> $\text{kN/m}^2$		
Lastfaktor für die rechte Seite, horizontal $q_{h,re}/q_{h,li}$	<input type="text" value="1,0"/>	vertikal $q_{v,re}/q_{v,li}$	<input type="text" value="1,0"/>

Talaj paraméterei

Forgalmi terhelés

Egyéb terhelés

## 2-4. lépés: cf. Víznyomás



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

# Geometriai bemenő adatok speciális profilokhoz

**Geometrie des Profils (= Korbboogen), alle Maße in cm**

Kreis	Anfangswinkel alpha [°]	Öffnungswinkel phi [°]	Radien r [cm] **)	Kreismittelpunkte xM [cm]	Kreismittelpunkte yM [cm]	Unterteilung nT
1	-45,00	90,00	109,80	0,00	50,90	24
2	45,00	45,00	109,80	0,00	50,90	10
3 *)	90,00	72,00	42,10	-67,50	50,90	12
4	162,00	36,00	261,80	0,00	259,00	20

**Grafik aktualisieren**    undo    Teilung (max = 44):  
12 + 10 + 12 + 10 = 44

**Profilwahl**

genormtes Maulprofil B/H = 2/1,5   
 Rechteck B/H   
 anderes Profil

Profilbezeichnung:

**Profilmaße B / H**

Profilbreite B [mm]      
 Profilhöhe H [mm]      
 ungefähre Wanddicke sL [mm]      
 Radius von Ausrundungen [mm]   

**Geometrie für Maulprofil**







## Példa egy nem megfelelő kialakításra

2006



2009



4.3 ábra

CIPP tojásszelvény csatorna behorpadása (700:1050),  
terhelés:  $h_w = 2$  mvízoszlop a csötető fölött



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---

### 5. Esettanulmányok

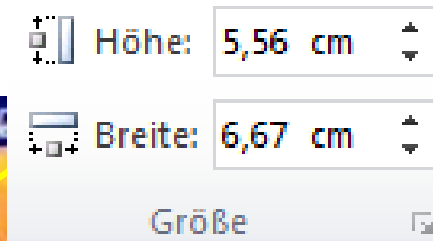
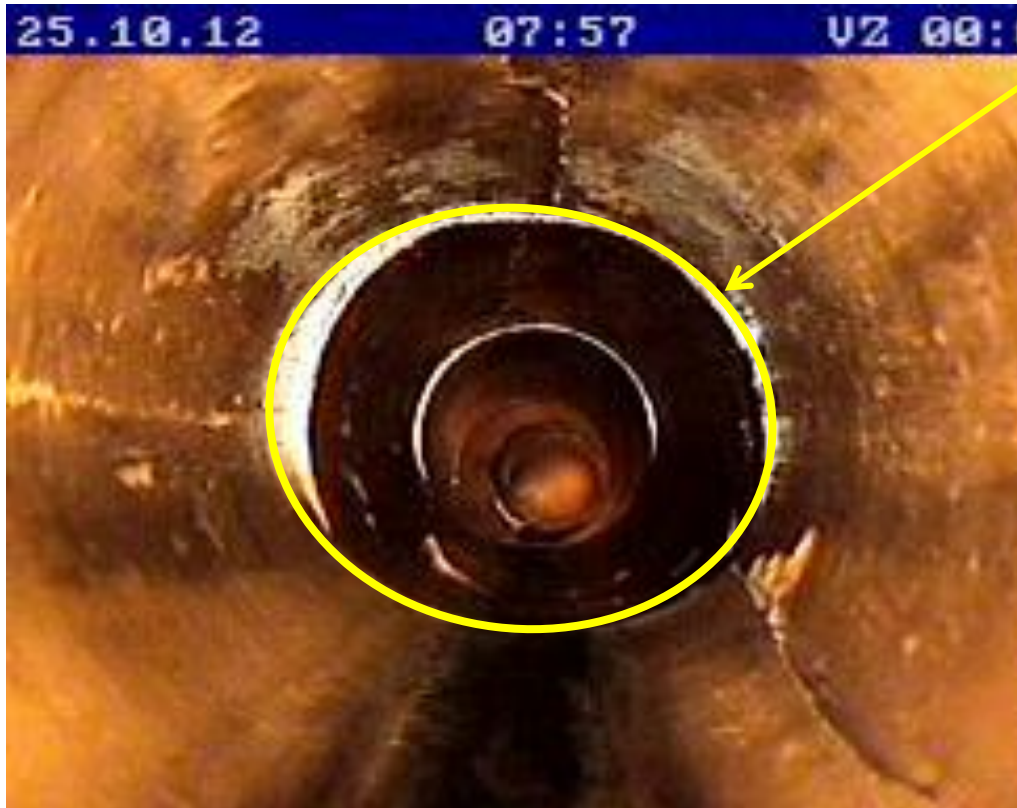
#### 5.1 Körszelvény profilok

	Projekt	Átmérő B:H mm-ben	Béléscső- anyag	Béléscső falvastagság mm-ben
1	Oederan	DN 250	UP-SF	10
2	Moorina Av., Ausztrália	650:440	UP-GF	12
3	Szennyvízelvezető Stuttgart – Ulm	DN 3500	PE <sup>1)</sup>	134

<sup>1)</sup> PE Spiráltekercseléses cső



## 1) Oederan



**Ellipszis (Megközelítőleg):**

**$a = 6.67$  és  $b = 5.56$  cm**

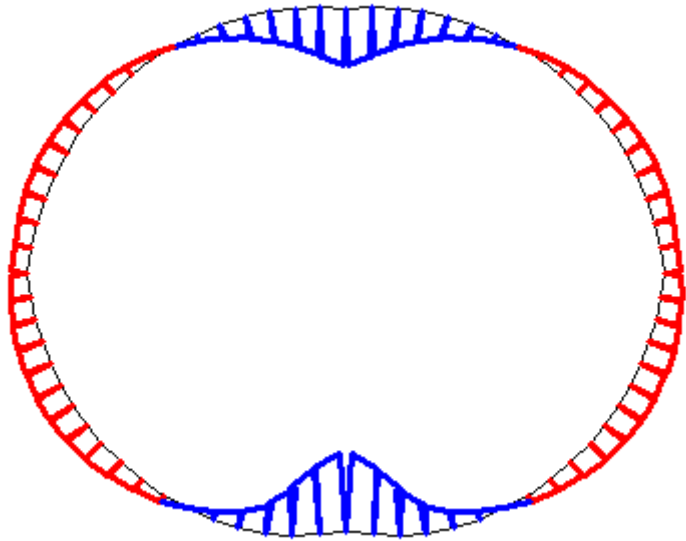
$$\begin{aligned} \rightarrow \omega_{GR,v} &\cong (a - b) / (a + b) \cdot 100\% \\ &\cong (6.67 - 5.56) \\ &\quad / (6.67 + 5.56) \cdot 100\% \\ &\cong 1.11 / 12.23 \cdot 100\% \\ &\cong 9.1\% \end{aligned}$$

**5.1 a) ábra**  
**Kőagyag DN 250,  $\omega_{GR,v}$  értékelése**



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

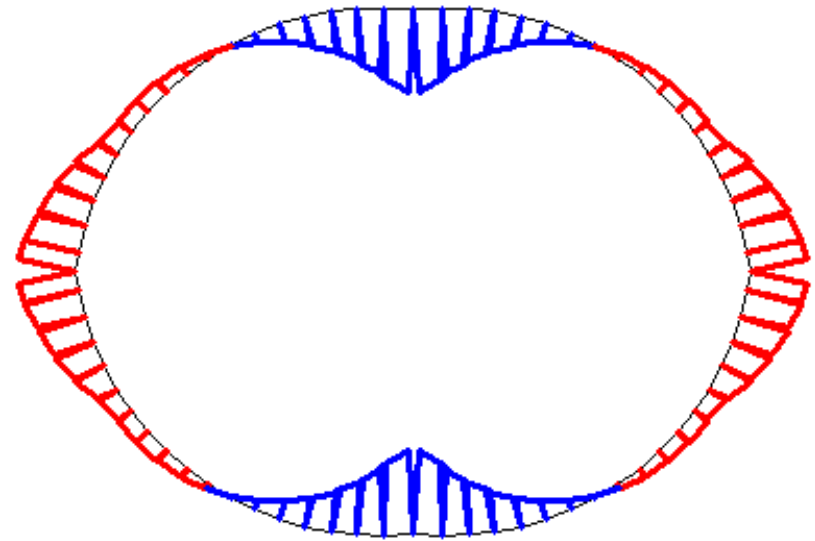
---



AZ II,  $E_L = 1500 \text{ N/mm}^2$

$h_w = 3 \text{ m}$

$\omega_v = 0.5\%$ ,  $\omega_{GR,v} = 9.1\%$ ,  $\omega_s = 0.5\%$



AZ III,  $E_2 = 5$ ,  $K_2 = 0.2$

$h = 1.8 \text{ m}$ , TS 600 kN

$\omega_{GR,v} = 9.1\%$

5.1 b) ábra

Hajlítónyomaték befogadócső állapot II és III-ra



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---

### 2) Randwick City, Moorina Av. 2016

Helyreállítás előtt:



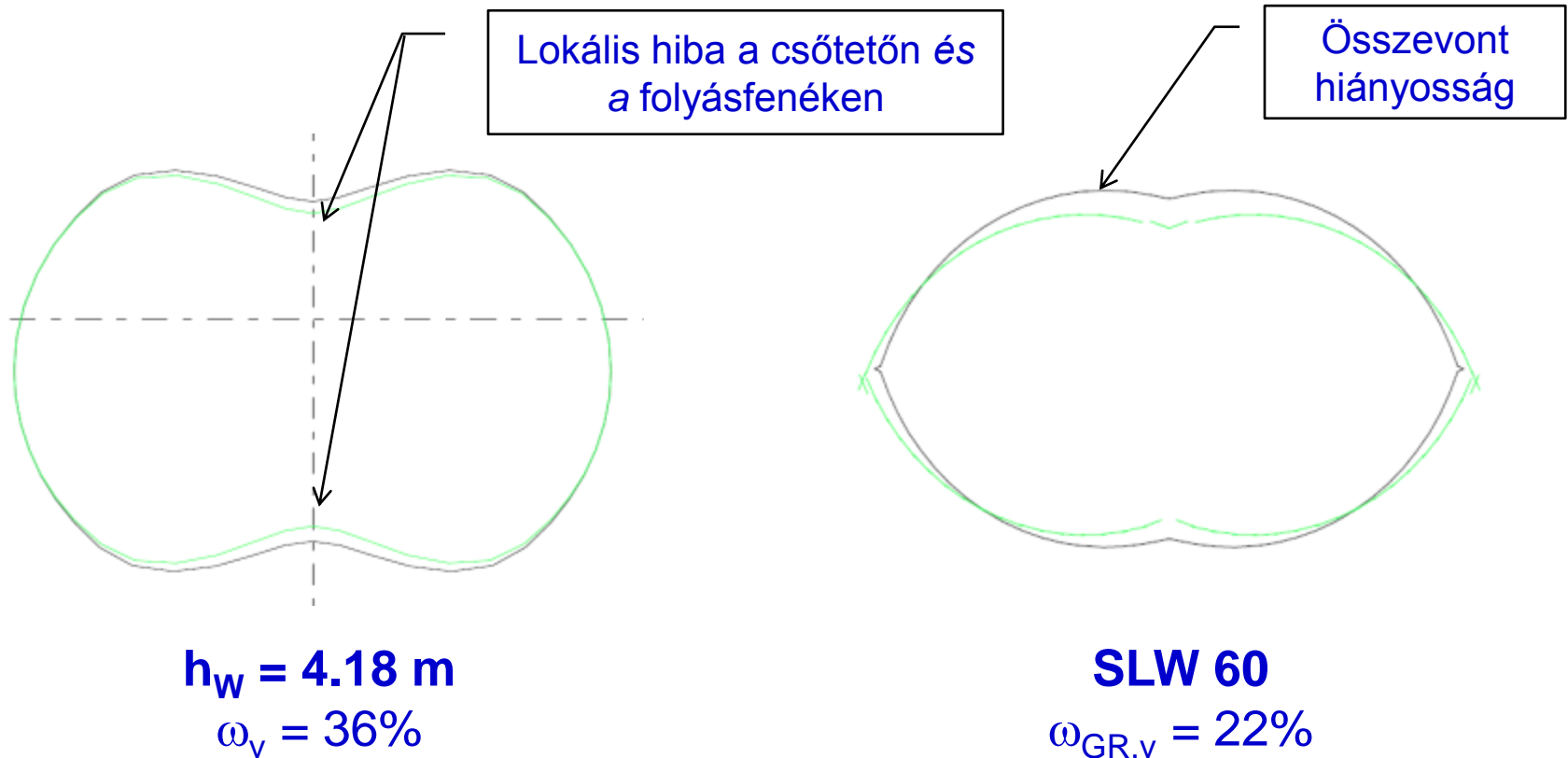
Helyreállítás után:



5.2a) ábra  
Extrém geometria („eight“) (650:440)



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



5.2b) ábra  
Profil (650/440) („eight“)

### 3) PE Spiráltekercselt bélés Stuttgart – Ulm



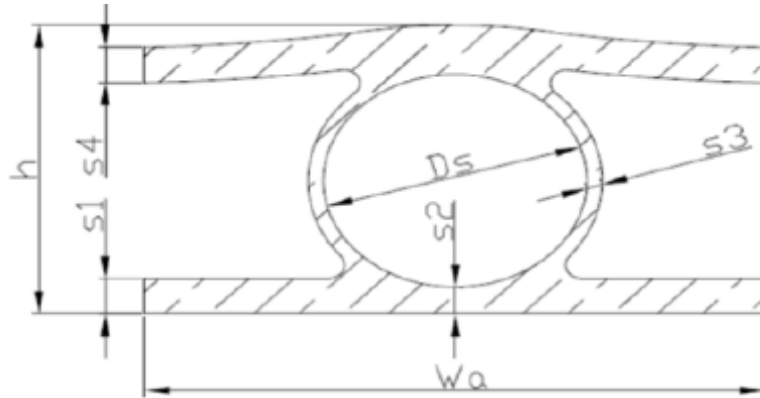
PE SWP profilú,  
betonnal injektálva  
→ DWA-A 143-2  
munkalap szerinti  
bélés ellenőrzésére

„Befogadócső állapot I“,  
külső víznyomás  
 $h_w \cong 7 \text{ m (100a)}$

5.3a) ábra  
Szennyvízvezeték DN 3500, vasúti kereszteződés  
(Foto: Frank GmbH)

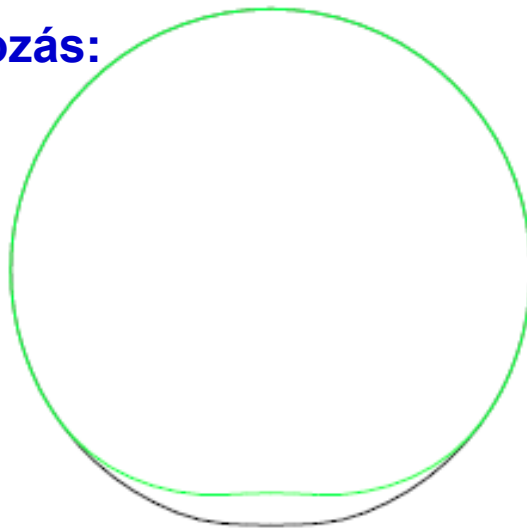


## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

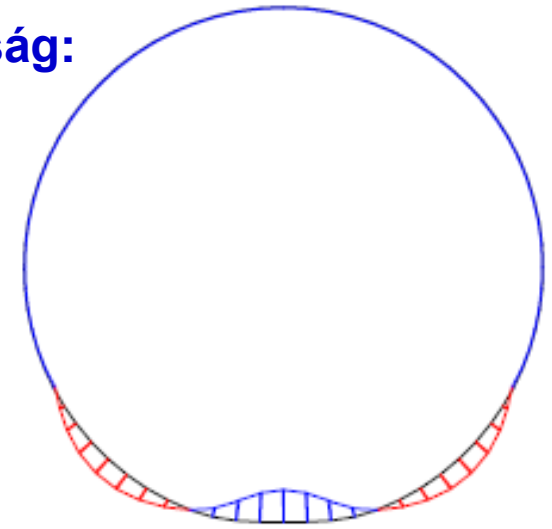


**5.3b) ábra**  
PE profil  $h = 134$  mm,  
szövetvastagság  $s_3 = 10$  mm  
további ellenőrzések:  
- nyíró erők  
- helyi behorpadás

**Alakváltozás:**



**Hajlító szilárdság:**



**5.3c) ábra**  
**Szennyvízvezeték DN 3500 (LinerB 8.7 által generált adatok)**





### 5.2 Speciális profilok

	Projekt	Átmérő B:H in mm	Béléscső- anyag	Béléscső falvastagság mm-ben
4	Düsseldorf, Hafenkanal	DN 2500	PE	8
5	Freiberg, Münzbachtrennung	2050:2750	GRP	30 – 50
6	Vasúti kereszteződés Krefeld- Uerdingen <sup>1)</sup>	1200:1800	UP-SF	23 – 30
7	Dresden, Altstädter Abfangkanal	2900:2780	GRP	32
8	Schwerte (tervezet)	2350:1970	UP-GF	ca. 35

<sup>1)</sup> Téglalapépítésű csatorna

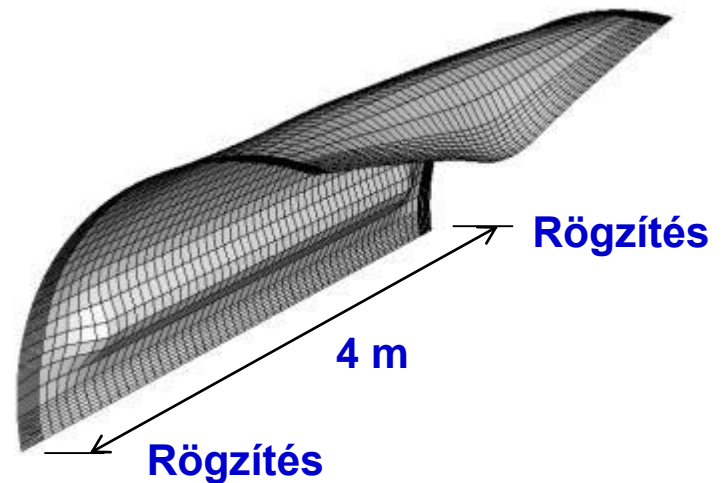


## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

### 4) Düsseldorf projekt



**5.4a) ábra**  
**Szennyvízcsatorna burkolása**  
**DN 2500 öntartó PE lemezekkel**  
**és külső távtartókkal**  
**(Befogadócső állapot I)**





## 4) Düsseldorf projekt



**5.4b) ábra**  
**Rögzített PE lap melegítése**  
**hőkamrában**



**5.4c) ábra**  
**Elkészült burkolás**



## 5) Freiberg/Sachsen projekt



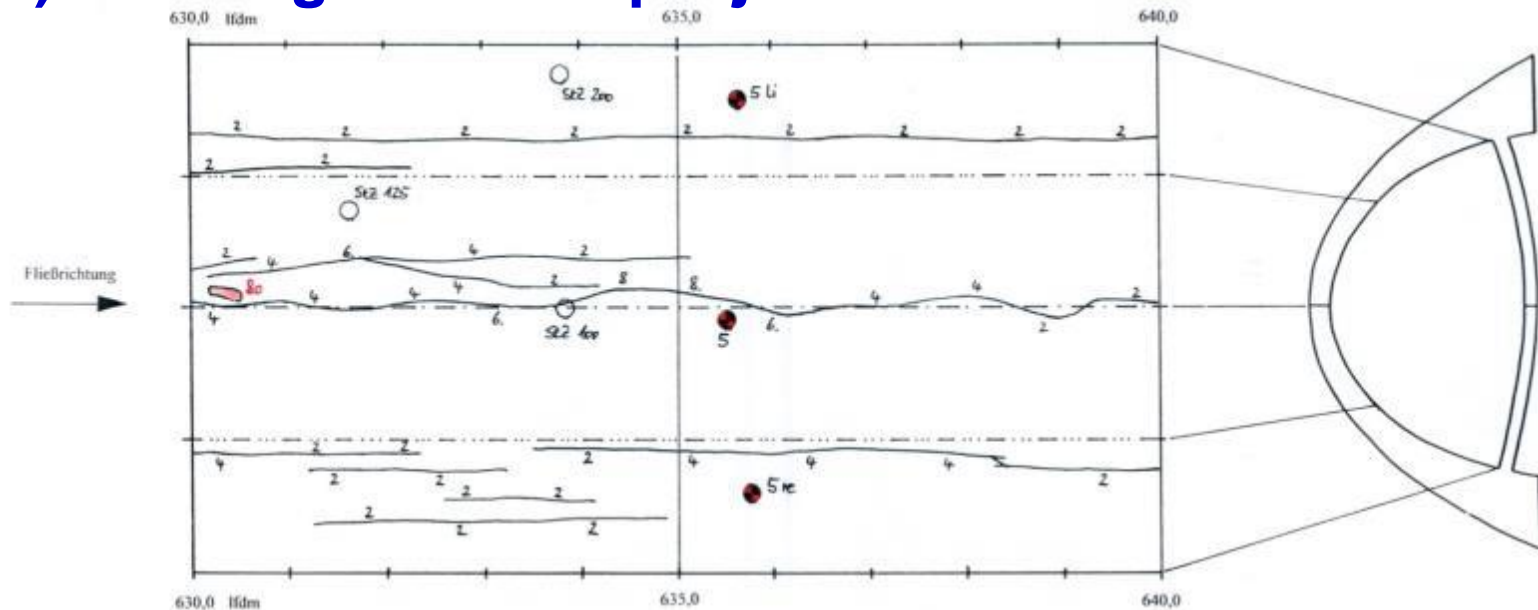
**5.5a) ábra**  
**Beton szennyvízcső sérülései**  
**(2050:2750)**  
**(Befogadócső állapot II és III)**



**5.5b) ábra**  
**Burkolás Polyconcrete-ből készült**  
**elemekből**



## 5) Freiberg/Sachsen projekt

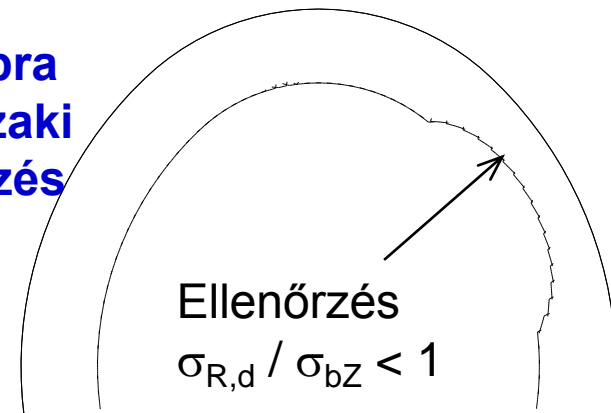


**Legende:**

- Riß mit Rißbreite in mm
- Riß bereits vermörtelt
- Abplatzung / Ausbruch mit Tiefe in mm
- Sinterbildung am Riß / Wasseraustritt
- großflächige Vermässung
- Kernbohrung mit Bezeichnung mit / ohne Kernprüfung
- Einbindung mit Material und Durchmesser
- Bruchsteinmauerwerk

Nullpunkt der Vermessung ist der Einlauf östlich der Dammstraße.

### 5.5d) ábra Számszaki ellenőrzés

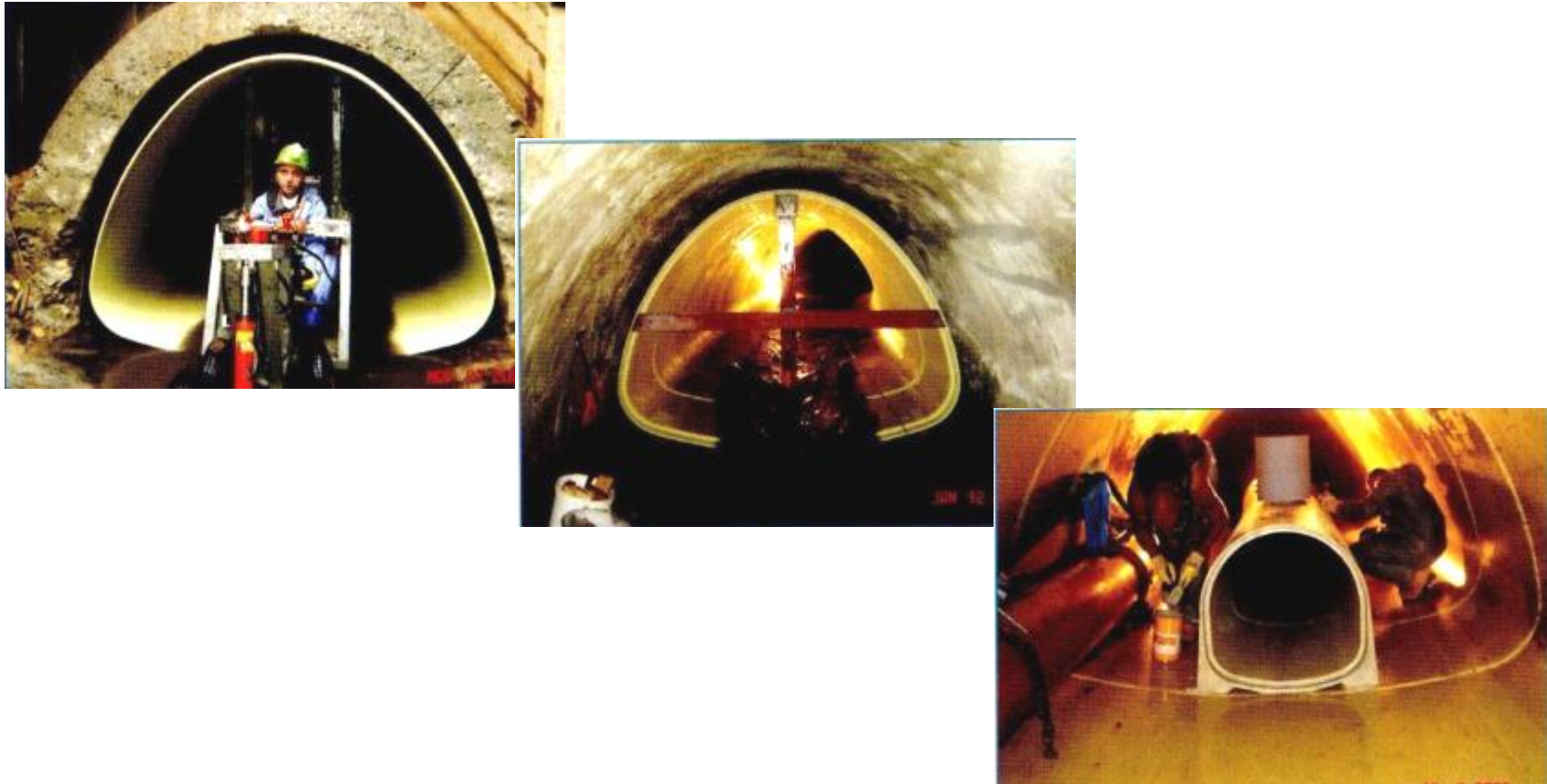


### 5.5c) ábra Repedések helye



## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)

---



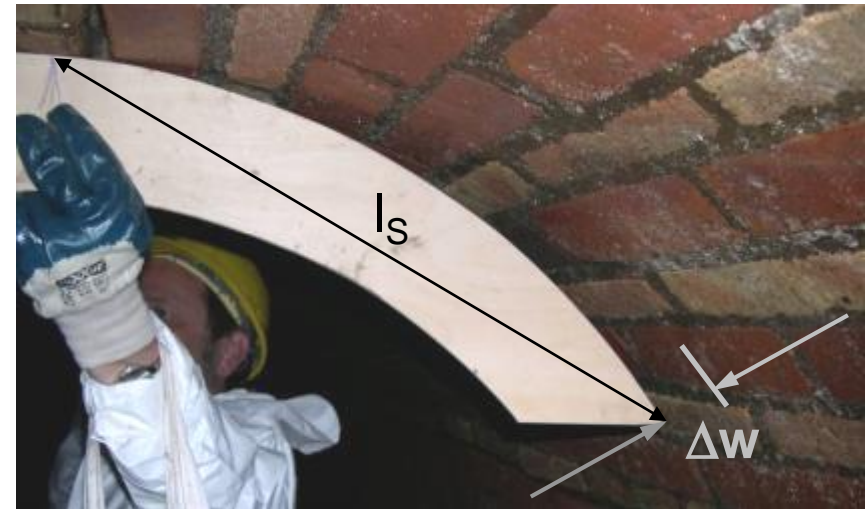
**5.5d) ábra**

**GRP elemek beépítése különböző közműcsatornákba**

(Forrás: Insituform News, 2006. szept. 14. kiadás)



## 6) Krefeld projekt



5.6b) ábra

Szögmérés  $\psi$  mintával (egy kör eltérései)

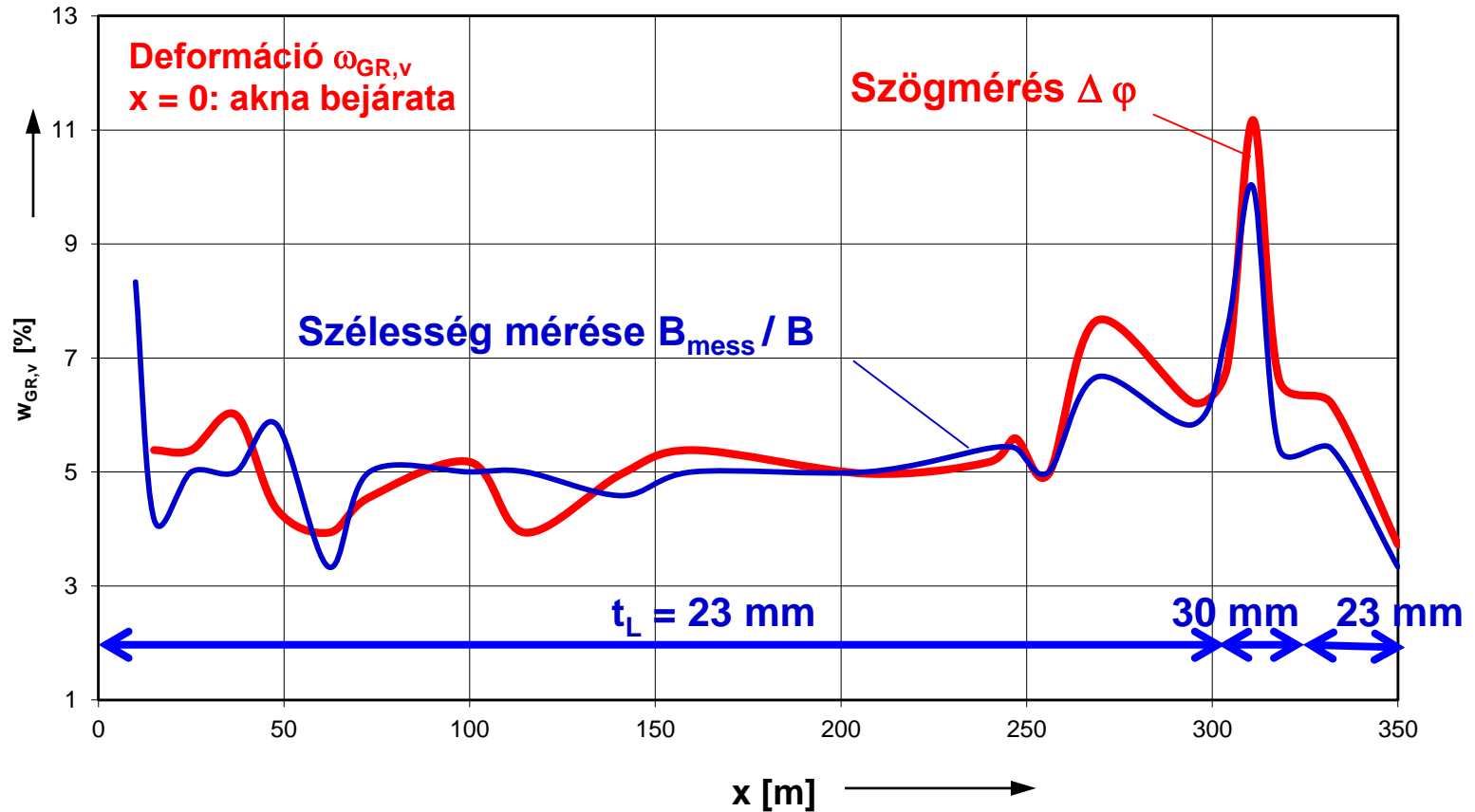
$$2\psi \cong \Delta w / l_s = 0.91 / 9.05 = 0.101$$

$$\rightarrow \omega_{GR,v} = \psi \cdot 100\% = 5.0\%$$

5.6a) ábra

Téglaépítésű szennyvízcsatorna ovális  
profilal (1200:1800)  
hosszirányú repedés a csőtetőn

## B. Falter, Structural Design of Liners (06.09.2018)



**5.6c) ábra**  
**Téglaépítésű szennyvízcsatorna (1200:1800)**  
**deformációmérések értékelése,**  
**szükséges béléscső falvastagság  $t_L$**

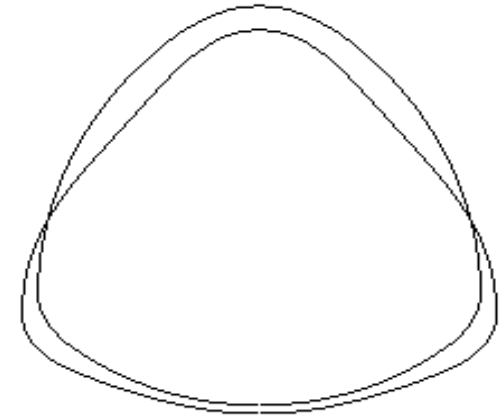




## 7) Dresden projekt



**5.7a) ábra**  
**Szennyvízcsatorna főgyűjtő GRP**  
**bélelése Dresden-ben (2900:2780)**

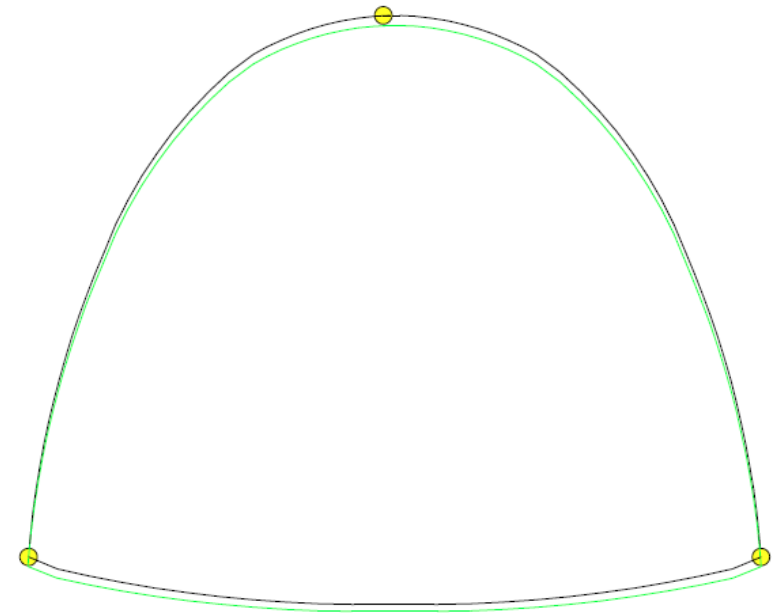


**Terheléses esetek**  
**LC 1: fedőmagasság 6.55 m**  
**LC 2: csapadékvíz 7.50 m**  
**→ figyelembe véve a**  
**terheléskombinációkat is!**

**5.7b) ábra**  
**A terhelések okozta**  
**deformálódás  $p_E + p_T$**   
**(betonminőség < C8/10)**



## 8) Schwerte 2016 projekt



**5.8a) ábra**  
**Parabolikus boltozat (2350:1970)**  
**repedés a csőtetőn**

**5.8b) ábra**  
**Modellezés egy három pontos**  
**boltozattal**  
**Csatornafenek: ép**



## 6. Összegzés

- ✓ **CIPP: Világszerte hatékony alkalmazás szennyvízcsatorna felújításához.**
- ✓ **Anyagtulajdonság hosszútávon garantált ( $\geq 50$  év) (kutatások, elméleti számítások és helyszíni ellenőrzések alapján).**
- ✓ **Minőségbiztosítás szabvány szerinti kivitelezéssel garantált.**
- ✓ **Folyamatos oktatás az anyagviselkedésről és a csőbélések teherviselési képességéről<sup>1)</sup>**  
→ **jelentős** kompressziós nyomás, **kis** gyűrűmerevség.

1) pl. DWA-képzések „Tanúsított szennyvízcsatorna rehabilitációs tanácsadó “



1. Glock, D. (1977). "Überkritisches Verhalten eines starr ummantelten Kreisrohres bei Wasserdruck von außen und Temperaturdehnung". Stahlbau, Bd. 46, S. 212-217.
2. DWA-A 143-2:2015. Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden. Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren. Hennef.
3. Wagner, V.: Beulnachweis bei der Sanierung von nichtbegehbaren, undichten Abwasserkanälen mit dem Schlauchverfahren. Diss. TU Berlin (1992).
4. Guice, L. K.; Straughan, T.; Norris, C. R.; Bennett, R. D.: Long-Term Structural Behavior of Pipeline Rehabilitation Systems. TTC Technical Report #302, Louisiana Tech University Ruston, Louisiana, USA (1994).
5. Falter, B.; Eilers, J.; Müller-Rochholz, J.; Gutermann, M.: Buckling experiments on polyethylene liners with egg-shaped cross-sections. Geosynthetics International Vol. 15 No. 2 (2008) S. 152-164.
6. Fingerhut, S.: Experimentelle Ermittlung der charakteristischen Materialparameter von GFK-Linern aus der Baupraxis – Scherfestigkeit, Dauerschwingbreite (Ermüdung) und Langzeit-Biegezugfestigkeit . Masterarbeit, FH Münster (2015).
7. Falter, B. & Wagner, V.: Linerdimensionierung nach DWA-A 143-2 – Weißdruck 2015. 3R H. 1/2 (2015) S. 36-46.
8. Falter, B.: Comparison of global liner design codes. Conference Underground Infrastructure of Urban Areas in Wroclaw (ed. Madryas, C. et al.). Balkema, Leiden 2017
9. Falter, B.: Software LinerB 8.7 zur statischen Berechnung von Linern (2018).



# Köszönöm a figyelmet és megbeszélést

A csapat:  
Bernhard Falter  
Jochen Müller-Rochholz  
Sebastian Fingerhut  
Ingo Fenneker

