

Gázveszteségszámítás vezetékcsakítás esetén

Bemenő adatok		Számított eredmények																																																													
A hálózat kialakítása: sugaras korlátlan utánpótlással Talajhőmérséklet: nyári A vezeték anyaga: PE A kiömlő keresztmetszet: teljes keresztmetszetű		Moláris tömeg ( $M_{gáz}$ ): 16,46 kg/kmol Relatív sűrűség (d): 0,57 Izentropikus kitevő (k): 1,31 A gázkeverékre jell. techn. gázállandó ( $R_i$ ): 505,04 J/kgK A gázra jell. kritikus hangsebesség ( $a^*$ ): 407 m/s																																																													
<b>A szolgáltatott gáz összetétele</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Komponensek</th> <th>Összetétel mól%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Metán</td><td>CH<sub>4</sub></td><td>98,00%</td></tr> <tr><td>Etán</td><td>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub></td><td>1,00%</td></tr> <tr><td>Propán</td><td>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>i-Bután</td><td>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>n-Bután</td><td>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>i-Pentán</td><td>C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>n-Pentán</td><td>C<sub>5</sub>H<sub>12</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>Hexán +</td><td>C<sub>6</sub>+</td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>Szén-dioxid</td><td>CO<sub>2</sub></td><td>1,00%</td></tr> <tr><td>Nitrogén</td><td>N<sub>2</sub></td><td>0,00%</td></tr> <tr><td>Összesen:</td><td></td><td>100,00%</td></tr> </tbody> </table>		Komponensek	Összetétel mól%	Metán	CH <sub>4</sub>	98,00%	Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,00%	Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00%	i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	Hexán +	C <sub>6</sub> +	0,00%	Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	1,00%	Nitrogén	N <sub>2</sub>	0,00%	Összesen:		100,00%	A sugaras, korlátlan utánpótlással rendelkező hálózaton a teljes keresztmetszeten 60 percig hangsebesség alatt kiáramló gáz mennyisége ( $V_n$ ): 525 m <sup>3</sup> gáztechnikai normálállapotban (15 °C; 1013,25 mbar)																										
Komponensek	Összetétel mól%																																																														
Metán	CH <sub>4</sub>	98,00%																																																													
Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,00%																																																													
Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00%																																																													
i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%																																																													
n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%																																																													
i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%																																																													
n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%																																																													
Hexán +	C <sub>6</sub> +	0,00%																																																													
Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	1,00%																																																													
Nitrogén	N <sub>2</sub>	0,00%																																																													
Összesen:		100,00%																																																													
		üzemvezető Hajdúszoboszló, 2016.09.05 22:10																																																													
<b>Minden esetben kitöltendő</b> A hálózatrészt névleges túlnyomása ( $p_1$ ): 4 bar Barometrikus nyomás ( $p_0$ ): 1 000,00 mbar A kiáramlási keresztmetszet ( $A_3$ ): 12 cm <sup>2</sup> A kiömlés időtartama (t): 60 min		<b>Megjegyzés</b> KÖZÉPNYOMÁS NEM KELL KITÖLTENI!																																																													
<b>Sugaras hálózat esetén töltendő ki</b> A vezeték belső átmérője (D): 55,8 mm Vezeték hossz a szakadásiig (L): 2 800 m		Adja meg az adatokat! 																																																													
<b>Hurkolt hálózat esetén töltendő ki</b> A megadott érték sehol sem lehet nulla! Nulla érték beírása esetén újra kell indítani a munkafüzetet! A vezeték belső átmérője (D): A sértetlen vezeték hossza (L): Az elszakadt vezeték hossza SZ pontig (L):		<b>NE TÖLTSE KI!</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1. szakasz (A-C)</th> <th>2. szakasz (B-C)</th> <th>3. szakasz (C-SZ)</th> <th>4. szakasz (E-SZ)</th> <th>5. szakasz (F-E)</th> <th>6. szakasz (G-E)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>130,8</td> <td>130,8</td> <td>90,0</td> <td>90,0</td> <td>90,0</td> <td>90,0</td> </tr> <tr> <td>1 000</td> <td>800</td> <td></td> <td></td> <td>600</td> <td>1 500</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>400</td> <td>500</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1. szakasz (A-C)	2. szakasz (B-C)	3. szakasz (C-SZ)	4. szakasz (E-SZ)	5. szakasz (F-E)	6. szakasz (G-E)	130,8	130,8	90,0	90,0	90,0	90,0	1 000	800			600	1 500			400	500																																						
1. szakasz (A-C)	2. szakasz (B-C)	3. szakasz (C-SZ)	4. szakasz (E-SZ)	5. szakasz (F-E)	6. szakasz (G-E)																																																										
130,8	130,8	90,0	90,0	90,0	90,0																																																										
1 000	800			600	1 500																																																										
		400	500																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Járatos méret</th> <th>Acél<sup>1)</sup></th> <th>PE<sup>2)</sup> SDR 17,6</th> <th>SDR 11</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DN 32</td><td></td><td></td><td>26,0</td></tr> <tr><td>DN 40</td><td></td><td></td><td>32,6</td></tr> <tr><td>DN 50</td><td>51,2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DN 63</td><td></td><td>55,8</td><td>51,4</td></tr> <tr><td>DN 80</td><td>82,5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DN 90</td><td></td><td>79,6</td><td>73,6</td></tr> <tr><td>DN 100</td><td>100,8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DN 110</td><td></td><td>97,4</td><td>90,0</td></tr> <tr><td>DN 150</td><td>150,0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DN 160</td><td></td><td>141,8</td><td>130,8</td></tr> <tr><td>DN 200</td><td>206,5</td><td>177,2</td><td>163,6</td></tr> <tr><td>DN 250</td><td>260,4</td><td>221,6</td><td>204,6</td></tr> <tr><td>DN 300</td><td>309,7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>DN 315</td><td></td><td>279,2</td><td>257,8</td></tr> </tbody> </table>		Járatos méret	Acél <sup>1)</sup>	PE <sup>2)</sup> SDR 17,6	SDR 11	DN 32			26,0	DN 40			32,6	DN 50	51,2			DN 63		55,8	51,4	DN 80	82,5			DN 90		79,6	73,6	DN 100	100,8			DN 110		97,4	90,0	DN 150	150,0			DN 160		141,8	130,8	DN 200	206,5	177,2	163,6	DN 250	260,4	221,6	204,6	DN 300	309,7			DN 315		279,2	257,8		
Járatos méret	Acél <sup>1)</sup>	PE <sup>2)</sup> SDR 17,6	SDR 11																																																												
DN 32			26,0																																																												
DN 40			32,6																																																												
DN 50	51,2																																																														
DN 63		55,8	51,4																																																												
DN 80	82,5																																																														
DN 90		79,6	73,6																																																												
DN 100	100,8																																																														
DN 110		97,4	90,0																																																												
DN 150	150,0																																																														
DN 160		141,8	130,8																																																												
DN 200	206,5	177,2	163,6																																																												
DN 250	260,4	221,6	204,6																																																												
DN 300	309,7																																																														
DN 315		279,2	257,8																																																												

Sugaras hálózat, korlátlan utánpótlással		Állandók		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei									
		$R_u = \text{##### J/kmolK}$	$M_{av} = 28,963 \text{ kg/kmol}$	$Z_{av} = 0,9994$	$\rho_{av} = 1,2929 \text{ kg/m}^3$	<i>Fizikai normálállapotban (0 °C és 1013,25 mbar)</i>							
Kiadárlás hangsebesség alatt vagy hangsebességgel Teljes vagy a teljes keresztmetszettől kisebb kiadárlási felület		Kiindulási összetételek <i>A FŐMODULból átvett összetétel</i>		Komponens	Képlet	Móláris tömeg [1] $M_i$ kg/kmol	Mólterfogat [2] $V_i$ $\text{m}^3/\text{kmol}$	Sűrűség [1][2] $\rho_i$ $\text{kg/m}^3$	Kompressziós tényező [1] $Z$	Összegzési tényező [1] $(b_i)^{1/2}$	Fajhő 1013,25 mbar 0 °C [3] $c_p$ kJ/kgK $c_v$ kJ/kgK	Izentrópiikus kitevő [3] $\kappa$	Dinamikai viszkozitási tényező [4] $\mu$ $\text{Ns/m}^2$
Komponensek	Összetétel mól%												
Metán	CH <sub>4</sub>	98,00%	Metán	CH <sub>4</sub>	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035
Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,00%	Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855
Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00%	Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750
i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680
n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680
i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620
n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620
Hexán +	C <sub>6</sub> +	0,00%	n-Heptán C <sub>6</sub> +	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717
Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	1,00%	Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382
Nitrogén	N <sub>2</sub>	0,00%	Nitrogén	N <sub>2</sub>	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660
Összesen:		100,00%											
üzemvezető		<p><i>Adatforrás:</i></p> <p>[1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből</p> <p>[2] N.V. Nederlandse Gasunie: Physical properties of natural gases; 1980.</p> <p>[3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Vion, 2004, ISBN 3-446-22803-9</p> <p>[4] Mészery C.: Gáztéchnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978, ISBN 963 10 2184 X</p> <p>[5] Bobok E.: Áramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997.</p> <p>[6] Wilkinson, J.V.-Holiday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.</p>											
Számított értékek <i>A reális gáz anyag- és állapotjelzői</i>		Megjegyzés											
Móláris tömeg ( $M_{gáz}$ ):	16,4629 kg/kmol												
Kompressziós tényező ( $Z$ ):	0,9975	0 °C; 1013,25 mbar [1]											
Kompressziós tényező ( $Z$ ):	0,9895	$T_{üzemi}$ ; $p_1$ (Wilkinson összefüggés) [6]											
Relatív sűrűség ( $d$ ):	0,5695	0 °C; 1013,25 mbar											
Sűrűség ( $\rho_{gáz}$ ):	0,7363 kg/m <sup>3</sup>	0 °C; 1013,25 mbar											
Állandó nyomáson vett fajhő ( $c_{p,kev}$ ):	2,1126 kJ/kgK	0 °C											
Állandó térfogaton vett fajhő ( $c_{v,kev}$ ):	1,6078 kJ/kgK	0 °C											
Izentrópiikus kitevő ( $\kappa$ ):	1,3140	0 °C											
Dinamikai viszkozitási tényező ( $\mu$ ):	0,000010 Ns/m <sup>2</sup>	0 °C (Herning & Zipperer) [2]											
A gázkeverékre jellemző techn. gázáll. ( $R_g$ ):	505,0441 J/kgK	0 °C											
A gázra jellemző hangsebesség ( $a_0$ ):	437,2882 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]											
A gázra jellemző kritikus hangsebesség ( $a^*$ ):	406,5400 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]											
A vezeték névleges túlnyomása ( $p_1$ ):	4,00 bar	(A kezdőpontban)											
A vezeték abszolút nyomása ( $p_1$ ):	500 000 Pa	(A kezdőpontban)											
Barometrikus nyomás ( $p_0$ ):	100 000 Pa												
A gáz hőmérséklete ( $T_1$ ):	288,15 K	(Talajhőmérséklet)											
A vezeték belső átmérője ( $D$ ):	0,06 m												
A vezeték érdessége ( $\kappa$ ):	0,00003 m												
Vezeték hossz a szakadásig ( $L$ ):	2 800 m	(Az állandó nyomású ponttól)											
A vezeték keresztmetszete ( $A$ ):	0,0024 m <sup>2</sup>	24 cm <sup>2</sup>											
A kiadárlási keresztmetszet ( $A_{ki}$ ):	0,0024 m <sup>2</sup>												
A kiömlő- és a vezeték keresztmetszetek aránya ( $A_{ki}/A$ ):	100 %												
A kiömlés időtartama ( $t$ ):	3 600 sec												

**Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hangsebesség alatt a kiömlési keresztmetszet egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél**

A kezdőpont sűrűsége ( $\rho_1$ ):	3,4722 kg/m <sup>3</sup>	(Üzemállapotban)
$\lambda_1$ =	0,0300	
$\lambda_2$ =	0,0185	
$\lambda_3$ =	0,0188	
$\lambda_4$ =	0,0188	
$\lambda_5$ =	0,0188	
A csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ):	0,0188	(Állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Állandó)
A kezdőpont sebessége ( $c_1$ ):	12,08 m/s	
A kiömlés sebessége ( $c_{ki}$ ):	60,41 m/s	
<b>A kiömlés tényleges sebessége:</b>	<b>60,41 m/s</b>	
A kiömlő térfogatáram ( $Q_{ki}$ ):	0,1382 m <sup>3</sup> /s	(Fizikai normálállapotban)
	<b>497,59 m<sup>3</sup>/h</b>	(Fizikai normálállapotban)
	<b>524,91 m<sup>3</sup>/h</b>	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlő gázmennyiség ( $V_{ki}$ ):	525 m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>A kiömlhető gázmennyiség maximuma a hiba elhárításáig (<math>A_{ki} &gt; A_{tejes}</math>):</b>	<b>525 m<sup>3</sup></b>	(Gáztechnikai normálállapotban)

**Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hangsebesség alatt a kiömlési keresztmetszet kisebb a cső teljes keresztmetszetétől**

Szűkítésből adódó egyenértékű csőhossz ( $L_e$ ):	0 m	(Empirikus formula)
A kiömlő- és a vezeték keresztmetszet aránya ( $A_3/A_2$ ):	100,00 %	
A kezdőpont sűrűsége ( $\rho_1$ ):	3,4722 kg/m <sup>3</sup>	(Üzemállapotban)
$\lambda_1$ =	0,0300	
$\lambda_2$ =	0,0185	
$\lambda_3$ =	0,0188	
$\lambda_4$ =	0,0188	
$\lambda_5$ =	0,0188	
A csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ):	0,0188	(Állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Állandó)
A kezdőpont sebessége ( $L+L_e$ ) esetén ( $c_1$ ):	12,08 m/s	
A kiömlés sebessége ( $L+L_e$ ) esetén ( $c_{ki}$ ):	60,41 m/s	
A kiömlő térfogatáram ( $L+L_e$ ) esetén ( $Q_{ki}$ ):	0,1382 m <sup>3</sup> /s	(Fizikai normálállapotban)
	<b>497,59 m<sup>3</sup>/h</b>	(Fizikai normálállapotban)
	<b>524,91 m<sup>3</sup>/h</b>	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség ( $V_{ki}$ ):	525 m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>Az <math>A_{ki} &lt; A_{tejes}</math> szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmennyiség az elhárításig:</b>	<b>525 m<sup>3</sup></b>	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{\text{gáz}}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[ \frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,715D} \right]$$

$$\text{Re} = \frac{c_1 D \rho_1}{\mu}$$

$$L_e = 4800 \cdot \left( \frac{A_3}{A_2} - 1 \right)^2 \quad [\text{m}]$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{\left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{p_1} \left[ \ln \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{\left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{p_1} \left[ \ln \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L + L_e}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_{ki} = \frac{p_1}{p_0} \sqrt{\frac{\left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\frac{p_1}{p_1} \left[ \ln \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m/s}]$$

$$c_{ki} = \frac{p_1}{p_0} c_1$$

$$Q_N = \sqrt{\frac{\left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \left( \frac{p_N}{T_N} \right)^2 \frac{M_{\text{gáz}}}{z R_u} \frac{T_1}{D^4 p_1^2} \left[ \ln \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L}{D} \right]}} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad Q_N = \sqrt{\frac{\left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - 1}{\left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \left( \frac{p_N}{T_N} \right)^2 \frac{M_{\text{gáz}}}{z R_u} \frac{T_1^2}{D^4 p_1^2} \left[ \ln \left( \frac{p_0}{p_1} \right)^2 - \lambda \frac{L + L_e}{D} \right]}} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$V_n(15^\circ\text{C}; 1013,25\text{mbar}) = Q_n(0^\circ\text{C}; 1013,25\text{mbar}) \cdot \frac{288,15}{273,15} \cdot t \quad [\text{m}^3]$$

**Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás hangsebességgel a kiömlési keresztmetszet egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél**

A kezdőpont sűrűsége ( $\rho_1$ ):	3,4722 kg/m <sup>3</sup>	(Üzemállapotban)
A kezdőpont sebessége ( $c_1$ ):	12,08 m/s	(Állandó, előző blokkból)
A kiömlés sebessége ( $c_{ki}=a^*$ ):	406,54 m/s	<b>A KIÁRAMLÁS HANGSEBESSÉG ALATTI-SZÁMÍTÁS AZ ELŐZŐ BLOKK ALAPJÁN!</b>
Az L hosszhoz tartozó Mach-szám ( $M_1$ ):	0,028	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
A kiömlő térfogatáram ( $Q_N$ ):	0,1408 m <sup>3</sup> /s	(Fizikai normálállapotban)
	<b>506,89</b> m <sup>3</sup> /h	(Fizikai normálállapotban)
	<b>534,73</b> m <sup>3</sup> /h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmenység ( $V_N$ ):	535 m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>A kiömlhető gázmenység maximuma a hiba elhárításáig (<math>A_{ki}&gt;=A_{teljes}</math>):</b>	<b>!cki&lt;a*</b> m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)

**Sugaras hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás hangsebességgel a kiömlési keresztmetszet kisebb a cső teljes keresztmetszetétől**

A kiömlő- és a vezeték keresztmetszet aránya ( $A_3/A_1$ ):	100,00 %	
Mach-szám közvetlenül a kiömlés előtt ( $M_2$ ):	1,000	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
Módosult Mach-szám a kezdeti pontban ( $M'$ ):	0,028	(*1. Mach szám' munkafüzet lapból)
A kiömlő térfogatáram ( $Q_N$ ):	0,1408 m <sup>3</sup> /s	(Fizikai normálállapotban)
	<b>506,89</b> m <sup>3</sup> /h	(Fizikai normálállapotban)
	<b>534,73</b> m <sup>3</sup> /h	(Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmenység ( $V_N$ ):	535 m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>Az <math>A_{ki}&lt;A_{teljes}</math> szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmenység az elhárításig:</b>	<b>!cki&lt;a*</b> m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)

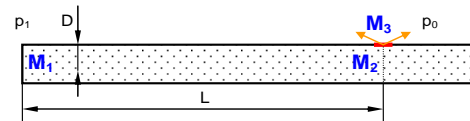
**A meghibásodás ideje alatt kiáramlott gázmenység gáztechnikai normálállapotban**

<b>A kiömlhető gázmenység maximuma a hiba elhárításáig (<math>A_{ki}&gt;=A_{teljes}</math>):</b>	<b>525</b> m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>Az <math>A_{ki}&lt;A_{teljes}</math> szakítási keresztmetszeten kiömlött gázmenység az elhárításig:</b>	<b>525</b> m <sup>3</sup>	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{gáz}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\lambda \frac{L}{D} = \frac{1}{k} \left[ \frac{1-M^2}{M^2} + \frac{k+1}{2} \ln \frac{\frac{k+1}{2} M^2}{\frac{k-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

$$Q_N = \frac{D^2 \pi}{4} \frac{p_1}{p_N} \cdot \frac{T_N}{T_1} \frac{M_1}{z_1} \sqrt{\frac{k R_u z_1 T_1}{M_{gáz}}} \text{ [m}^3\text{/s]}$$



$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left( \frac{2}{k+1} + \frac{k-1}{k+1} M_2^2 \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

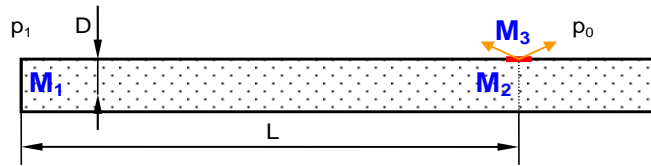
$$\lambda \frac{L}{D} = \frac{1}{k} \left[ \frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{k+1}{2} \ln \frac{M_1'^2 \frac{k-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{k-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$

$$Q_N = \frac{D^2 \pi}{4} \frac{p_1}{T_1} \frac{T_N}{p_N} \frac{M_1}{z_1} \sqrt{\frac{k z_1 R_u T_1}{M_{gáz}}} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

## A Mach-szám számítása

Segédszámítás az '1. Sugaras, korlátlan' munkafüzet laphoz

A Mach-szám számításához szükséges adatok	Megjegyzés
A vezeték belső átmérője (D): 0,06 m	
Izentrópius kitevő (κ): 1,3140	(Állandó, előző munkalapról)
Sűrűlási tényező (λ): 0,0188	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Vezeték hossz a szakadásig (L): 2 800 m	(Az állandó nyomású ponttól)
<b>Kapott Mach szám (M<sub>1</sub>): 0,028</b>	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes)
A vezeték keresztmetszete (A): 0,0024 m <sup>2</sup>	
A kiáramlási keresztmetszet (A <sub>3</sub> ): 0,0024 m <sup>2</sup>	
A/A <sub>3</sub> : 1,000	
<b>Kapott Mach szám (M<sub>2</sub>): 1,000</b>	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
<b>Kapott Mach szám (M'<sub>1</sub>): 0,028</b>	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám a kezdőpontban)

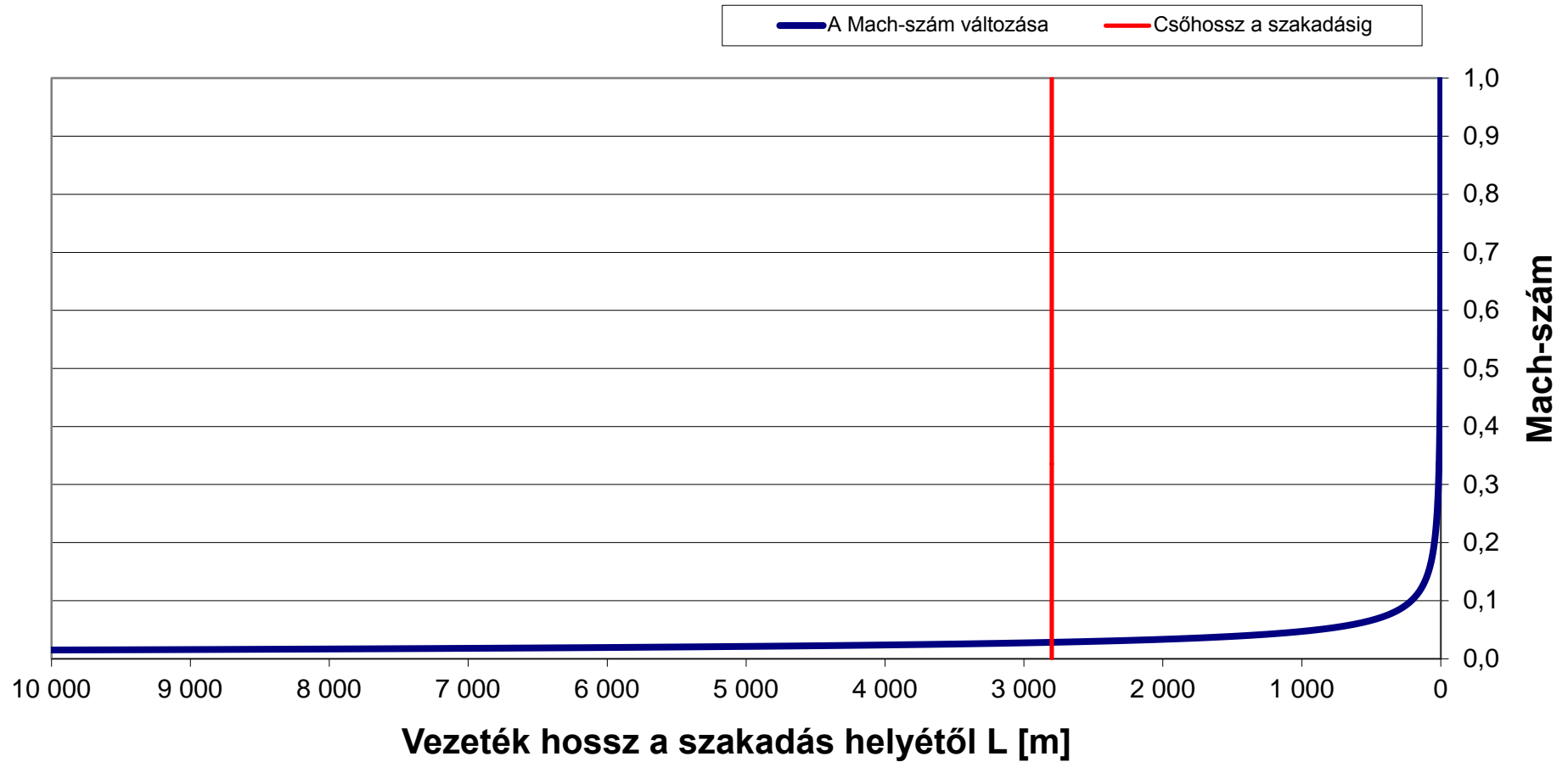


$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[ \frac{1-M^2}{M^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{\frac{\kappa+1}{2} M^2}{\frac{\kappa-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

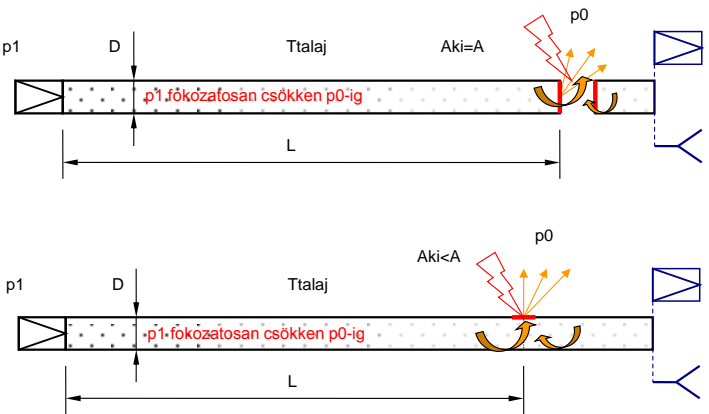
$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left( \frac{2}{\kappa+1} + \frac{\kappa-1}{\kappa+1} M_2^2 \right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}}$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[ \frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{M_1'^2}{M_2^2} \frac{\frac{\kappa-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{\kappa-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$

## A Mach-szám ( $M_1$ ) változása teljes keresztmetszeten történő kiömlés esetén



Sugaras hálózat, nincs utánpótlás Teljes, vagy teljes keresztmetszettől kisebb kiáramlási felület		Állandók		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei											
		$R_{10} = 8\,314,51 \text{ J/kmolK}$ $M_{10} = 28,9626 \text{ kg/kmol}$ $Z_{10} = 0,99941$ $\rho_{10} = 1,29292 \text{ kg/m}^3$		<b>Fizikai normálállapotban (<math>0^\circ\text{C}</math> és <math>1013,25 \text{ mbar}</math>)</b>											
Kiindulási összetételek <i>A FŐMODULból átvett összetétel</i>		Összetétel mól%		Komponens	Képlet	Moláris tömeg [1] $M_i$ kg/kmol	Móltérfogat [2] $V_i$ $\text{m}^3/\text{kmol}$	Sűrűség [1][2] $\rho_i$ $\text{kg/m}^3$	Kompressziós tényező [1] $z$	Osszegzési tényező [1] $(b_i)^{1/2}$	Fajhő $1013,25 \text{ mbar } 0^\circ\text{C}$ [3] $c_p$   $c_v$ kJ/kgK   kJ/kgK		Izentrópikus kitevő [3] $\kappa$	Dinamikai viszkozitási tényező [4] $\mu$ Ns/m <sup>2</sup>	
Metán	CH <sub>4</sub>	98,00%	Metán	CH <sub>4</sub>	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035		
Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,00%	Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855		
Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,00%	Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750		
i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680		
n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00%	n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680		
i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620		
n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,00%	n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620		
Hexán +	C <sub>6</sub> +	0,00%	n-Heptán C <sub>6</sub> +	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717		
Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	1,00%	Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382		
Nitrogén	N <sub>2</sub>	0,00%	Nitrogén	N <sub>2</sub>	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660		
Összesen:		100,00%													
üzemvezető		Adatforrás: [1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből [2] N.V. Nederlandse Gasunie: Physical properties of natural gases; 1980. [3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Wien, 2004. ISBN 3-446-22803-9 [4] Meszély C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978. ISBN 963 10 2184 X [5] Bobok E.: Áramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. [6] Wilkinson, J.V.-Holliday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.													
Számított értékek <i>A reális gáz anyag- és állapotjelzői</i>		Megjegyzés													
Moláris tömeg ( $M_{gáz}$ ):	16,4629 kg/kmol														
Kompressziós tényező (z):	0,9975		0 °C; 1013,25 mbar [1]												
Kompressziós tényező (z):	0,9895		$T_{üzemi}$ ; $P_1$ (Wilkinson összefüggés) [6]												
Relatív sűrűség (d):	0,5695		0 °C; 1013,25 mbar												
Sűrűség ( $\rho_{gáz}$ ):	0,7363 kg/m <sup>3</sup>		0 °C; 1013,25 mbar												
Állandó nyomáson vett fajhő ( $c_{p,kev}$ ):	2,1126 kJ/kgK		0 °C												
Állandó térfogaton vett fajhő ( $c_{v,kev}$ ):	1,6078 kJ/kgK		0 °C												
Izentrópikus kitevő (k):	1,3140		0 °C												
Dinamikai viszkozitási tényező ( $\mu$ ):	0,000010 Ns/m <sup>2</sup>		0 °C (Herning & Zipperer) [2]												
A gázkeverékre jellemző techn. gázáll. ( $R_g$ ):	505,0441 J/kgK		0 °C												
A gázra jellemző hangsebesség ( $a_0$ ):	437,2882 m/s		(Talajhőmérsékleten) [5]												
A gázra jellemző kritikus hangsebesség ( $a^*$ ):	406,5400 m/s		(Talajhőmérsékleten) [5]												
A vezeték névleges túlnyomása ( $p_1$ ):	4,00 bar		(A kezdőpontban)												
A vezeték abszolút nyomása ( $p_1$ ):	500 000 Pa		(A kezdőpontban)												
Barometrikus nyomás ( $p_0$ ):	100 000 Pa														
A gáz hőmérséklete ( $T_1$ ):	288,15 K		(Talajhőmérséklet)												
A vezeték belső átmérője (D):	0,06 m														
A vezeték érdessége (k):	0,00003 m														
Vezeték hossz a szakadásig (L):	2 800 m		(Az állandó nyomású ponttól)												
A vezeték keresztmetszete (A):	0,0024 m <sup>2</sup>		24 cm <sup>2</sup>												
A kiáramlási keresztmetszet ( $A_3$ ):	0,0012 m <sup>2</sup>														
A kiömlő- és a vezeték keresztmetszetek aránya ( $A_3/A$ ):	49,07 %														
A kiömlés időtartama (t):	3 600 sec														



**Sugaras hálózat korlátozott utánpótlással,  
 a kiömlési keresztmetszet kisebb, egyenlő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél**

Szűkítésből adódó egyenértékű csőhossz ( $L_e$ ):	0 m	(Empirikus formula)
A kezdőpont sűrűsége ( $\rho_1$ ):	3,4722 kg/m <sup>3</sup>	(Kezdeti állapotban)
$\lambda_1$ =	0,0300	
$\lambda_2$ =	0,0185	
$\lambda_3$ =	0,0188	
$\lambda_4$ =	0,0188	
$\lambda_5$ =	0,0188	
A csősűrítődási tényező ( $\lambda$ ):	0,0188	(Jó közelítéssel állandó) Colebrookkal
A Reynolds-szám (Re):	225 483	(Jó közelítéssel állandó)
A kezdőpont sebessége t <sup>(0)</sup> -ban ( $c_1$ ):	12,08 m/s	( $L+L_e$ ) értékkel számítva
<b>Maximálisan kiömlhető gázmennyiség:</b>	<b>23,7753 kg</b>	(A csővezetékben lévő gáz tömege t <sup>(0)</sup> -ban)
	32,2894 m <sup>3</sup>	(Fizikai normálállapotban)
A "K" állandó értéke:	22 722 246,38 x 10 <sup>6</sup>	
Időköz:	30 sec	
A vezeték teljes leürülési ideje (t):	7,5 perc	A vezeték teljesen leürül!
A kiömlhető gázmennyiség maximuma a hiba elhárításáig ( $m_{max}$ ):	23,78 kg	
A gáz sűrűsége p <sub>0</sub> környezeti nyomáson ( $\rho_0$ ):	0,6889 kg/m <sup>3</sup>	(Talajhőmérsékleten)
A vezetékben maradt gázmennyiség ( $m_1$ ):	4,72 kg	
<b>A kiömlött gázmennyiség a hiba elhárításáig:</b>	<b>19,06 kg</b>	(Ha az elhárítás ideje rövidebb a teljes leürülési időnél, az eredmény a teljes tömeg - a maradék tömeg; ellenkező esetben a teljes tömeg - p <sub>0</sub> nyomású gáztömeg)
	<b>25,88 m<sup>3</sup></b>	(Fizikai normálállapotban)
	<b>27 m<sup>3</sup></b>	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$m_1 = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot L \cdot \rho_1 \quad [\text{kg}]$$

$$\rho_1 = \frac{p_1 \cdot M_{\text{gáz}}}{z_1 \cdot R_u \cdot T_1} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{p_{1(t)}^2 - p_0^2}{\lambda \cdot \frac{L + L_e}{D^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot z \cdot R_u \cdot T_1}} \cdot \frac{z \cdot R_u \cdot T_1}{M_{\text{gáz}}} \quad [\text{kg/s}]$$

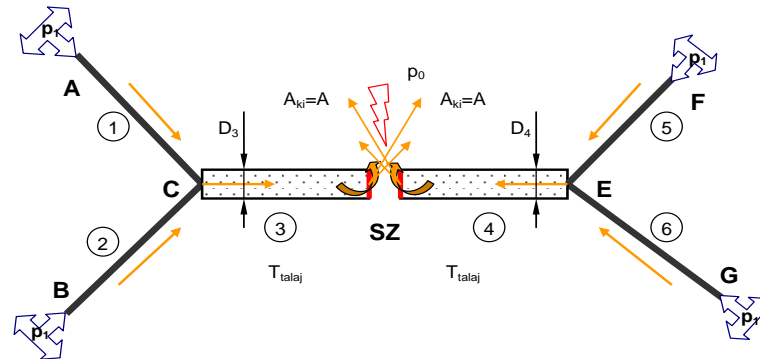
$$p_{1(t)} = p_{1(t-1)} \cdot \frac{m_{1-1} - \dot{m} \Delta t}{m_{1-1}} \quad [\text{Pa}]$$

$$L_e = 4800 \cdot \left(\frac{A_3}{A_2} - 1\right)^2 \quad [\text{m}]$$

$$K = \lambda \cdot \frac{L + L_e}{D^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{z \cdot R_u \cdot T_1}{M_{\text{gáz}}}$$



Hurkolt hálózat, korlátlan utánpótlással		Állandók		Az egyes komponensek figyelembe vett értékei								
Kiáramlás hangsebesség alatt vagy hangsebességgel Teljes vagy teljes keresztmetszettől kisebb kiáramlási felület		$R_{u,v} = 8\,314,51 \text{ J/kmolK}$ $M_{u,v} = 28,9626 \text{ kg/kmol}$ $Z_{u,v} = 0,99941$ $\rho_{u,v} = 1,292923 \text{ kg/m}^3$		Fizikai normálállapotban (0 °C és 1013,25 mbar)								
Kiindulási összetételek A FÓMODULból átvett összetétel		Komponens	Képlet	Moláris tömeg $M_i$ kg/kmol	Móltérfogat $V_i$ m <sup>3</sup> /kmol	Sűrűség $\rho_i$ kg/m <sup>3</sup>	Kompressziós tényező $Z$	Összegzési tényező $(b_i)^{1/2}$	Fajhő 1013,25 mbar 0 °C $c_p$ kJ/kgK	$c_v$ kJ/kgK	Izenrópikus kitevő $\kappa$	Dinamikai viszkozitási tényező $\mu$ Ns/m <sup>2</sup>
	Összetétel mól%	Metán	CH <sub>4</sub>	16,043	22,3600	0,7175	0,9976	0,0490	2,156	1,638	1,316	0,00001035
		Etán	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,070	22,1875	1,3553	0,9900	0,1000	1,729	1,453	1,190	0,00000855
		Propán	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,097	21,9297	2,0108	0,9789	0,1453	1,549	1,361	1,138	0,00000750
		i-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,6159	2,6889	0,9580	0,2049	1,599	1,456	1,098	0,00000680
		n-Bután	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,123	21,5195	2,7009	0,9572	0,2069	1,599	1,456	1,098	0,00000680
		i-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	21,0556	3,4266	0,9370	0,2510	1,599	1,484	1,077	0,00000620
		n-Pentán	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,150	20,8874	3,4542	0,9180	0,2864	1,599	1,484	1,077	0,00000620
		Hexán +	C <sub>6</sub> +	100,204	20,5000	4,8880	0,8300	0,4123	1,608	1,512	1,063	0,00000717
		Szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	44,010	22,2569	1,9774	0,9933	0,0819	0,817	0,628	1,301	0,00001382
		Nitrogén	N <sub>2</sub>	28,014	22,4049	1,2503	0,9995	0,0224	1,039	0,742	1,400	0,00001660
Összesen:		100,00%										
üzemvezető		Adatforrás: [1] MSZ ISO 6976: 1997. A hőérték, a sűrűség, a relatív sűrűség és a Wobbe-szám számítása a gázösszetételből [2] N.V. Nederlandse Gasunie. Physical properties of natural gases; 1980. [3] G. Cerbe: Grundlagen der gastechnik; Carl Hanser Verlag München Wien, 2004. ISBN 3-446-22803-9 [4] Mészlyer C.: Gáztechnikai példatár; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978. ISBN 963 10 2184 X [5] Bobok E.: Áramlástan, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1997. [6] Wilkonson, J.V.-Holliday, D.V.-Batey, E.R. (1964): Analytic solution for gas flow; Pipe Line Industry, 11.										
Számított értékek A reális gáz anyag- és állapotjelzői		Megjegyzés										
Moláris tömeg ( $M_{gáz}$ ):	16,4629 kg/kmol											
Kompressziós tényező ( $Z$ ):	0,9975	0 °C; 1013,25 mbar	[1]									
Kompressziós tényező ( $Z$ ):	0,9895	$T_{üzemi}$ ; $p_1$ (Wilkinson összefüggés) [6]										
Relatív sűrűség ( $d$ ):	0,5695	0 °C; 1013,25 mbar										
Sűrűsége ( $\rho_{gáz}$ ):	0,7363 kg/m <sup>3</sup>	0 °C; 1013,25 mbar										
Állandó nyomáson vett fajhő ( $c_{p,0}$ ):	2,1126 kJ/kgK	0 °C										
Állandó térfogaton vett fajhő ( $c_{v,0}$ ):	1,6078 kJ/kgK	0 °C										
Izenrópikus kitevője:	1,3140	0 °C										
Dinamikai viszkozitási tényező ( $\mu$ ):	0,000010 Ns/m <sup>2</sup>	0 °C (Herning & Zipperer) [2]										
A gázkeverékre jell. techn. gázáll. ( $R_g$ ):	505,0441 J/kgK	0 °C										
A gázra jellemző hangsebesség ( $a_0$ ):	437,2882 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]										
A gázra jell. kritikus hangsebesség ( $a^*$ ):	406,5400 m/s	(Talajhőmérsékleten) [5]										
A hálózat névleges túlnyomása ( $p_{n1}$ ):	4,00 bar	(A kezdőpontokban)										
A hálózat abszolút nyomása ( $p_{a1}$ ):	500 000 Pa	(A kezdőpontokban)										
Barometrikus nyomás ( $p_0$ ):	100 000 Pa											
A gáz hőmérséklete ( $T_1$ ):	288,15 K	(Talajhőmérséklet)										
A sérült szakasz belső átmérője ( $D$ ):	0,09 m											
A vezeték érdessége ( $k$ ):	0,00003 m											
A sérült szakasz keresztmetszete ( $A$ ):	0,0064 m <sup>2</sup>	64 cm <sup>2</sup>										
Kiáramlási keresztmetszet maximuma ( $A_{max}$ ):	0,0127 m <sup>2</sup>	127 cm <sup>2</sup>										
A kiömlés keresztmetszete ( $A_{ki}$ ):	0,0127 m <sup>2</sup>											
A kiáramlási keresztmetszet ( $A_3$ ) ABCSZ:	0,0064 m <sup>2</sup>	64 cm <sup>2</sup> max.										
A kiáramlási keresztmetszet ( $A_4$ ) EFGSZ:	0,0064 m <sup>2</sup>	64 cm <sup>2</sup> max.										
A kiömlő- és a vezeték keresztmetszetek aránya $2A_3/A_4$ :	200,00 %	max. 200%										
A kiömlés időtartama ( $t$ ):	3 600 sec											



A szakasz neve:	1. szakasz (A-C)	2. szakasz (B-C)	3. szakasz (C-SZ)	4. szakasz (E-SZ)	5. szakasz (F-E)	6. szakasz (G-E)	
A szakasz kezdő és végpontja:							
A vezeték belső átmérője (D <sub>i</sub> ):	0,131	0,131	0,090	0,090	0,090	0,090	m
A sértetlen vezeték hossza (L):	1 000	800			600	1 500	m
Az elszakadt vezeték hossza SZ pontig (L <sub>s</sub> ):			400	500			m
<b>Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebesség alatt</b>							
<b>A kiömlési keresztmetszet egyenő vagy nagyobb a cső keresztmetszeténél</b>							
	1. szakasz A pont	2. szakasz B pont	3. szakasz C pont	4. szakasz E pont	5. szakasz F pont	6. szakasz G pont	
Kinullázási érték (p <sub>c,E</sub> ) [(p <sub>i</sub> +p <sub>0</sub> )/2]:			300 000	300 000			Pa
Az adott pont nyomása (p <sup>(0)</sup> ):	500 000	500 000	482 528	419 518	500 000	500 000	Pa
Sűrűség az adott pontban (ρ <sup>(0)</sup> ):	3,4722	3,4722	3,3509	2,9133	3,4722	3,4722	kg/m <sup>3</sup>
Nyomásérték λ iterációjához (p <sup>(1)</sup> ):	400 000	400 000	300 000	300 000	400 000	400 000	Pa
Sűrűség a λ iterációjához (ρ <sup>(1)</sup> ):	2,7778	2,7778	2,0833	2,0833	2,7778	2,7778	kg/m <sup>3</sup>
λ <sub>1</sub> =	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
λ <sub>2</sub> =	0,0149	0,0148	0,0159	0,0160	0,0161	0,0166	
λ <sub>3</sub> =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
λ <sub>4</sub> =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
λ <sub>5</sub> =	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	
A csősűrűlási tényező (λ <sup>(1)</sup> ):	0,0152	0,0151	0,0161	0,0162	0,0164	0,0169	(Allandó)
A Reynolds-szám (Re <sup>(1)</sup> ):	814 001	912 493	751 403	672 219	576 962	359 497	
Sebesség λ iterációjához (c <sup>(1)</sup> ):	23,26	26,07	41,61	37,22	23,96	14,93	
Sebesség az adott pontban (c <sup>(0)</sup> ):	9,24	10,36	42,90	38,20	19,73	12,29	m/s
A kiömlés sebessége (c <sub>0</sub> ):			207,00	160,27			m/s
"K" konstans értékek i-edik közelítésben:	92 405 557 133	73 440 323 421			388 375 188 634	1 003 584 101 780	
Tömegáramok i-edik közelítésben (m <sup>(0)</sup> ):	0,4310	0,4835	0,9145	0,7081	0,4365	0,2716	kg/s
Nyomásértékek i-edik közelítésben (p <sub>c,E</sub> ):			482 528	419 518			Pa
A kiömlő gáz tömegárama (m <sup>(0)</sup> ):			0,9145	0,7081			kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama (Q <sup>(0)</sup> ):			1,2420	0,9616			m <sup>3</sup> /s
			4 471,10	3 461,89			m <sup>3</sup> /h
			4 716,63	3 652,00			m <sup>3</sup> /h
A kiömlött gázmennyiség (V <sub>n</sub> ):			4 717	3 652			m <sup>3</sup>
							(Fizikai normálállapotban)
							(Fizikai normálállapotban)
							(Gáztechnikai normálállapotban)
							(Gáztechnikai normálállapotban)
<b>Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebesség alatt</b>							
<b>A kiömlési keresztmetszet kisebb a cső keresztmetszeténél</b>							
A kiömlési keresztmetszet megosztása a teljes keresztmetszetű tömegáramok arányában (A <sub>3</sub> ) (A <sub>4</sub> ):			0,006362	0,006362			
A megosztott szűkítési keresztmetszethez tartozó egyenértékű csőhossz (L <sub>s</sub> ):			0,00	0,00			m
Kinullázási érték (p <sub>c,E</sub> ) [(p <sub>i</sub> +p <sub>0</sub> )/2]:			300 000	300 000			Pa
Az adott pont nyomása (p <sup>(0)</sup> ):	500 000	500 000	482 528	419 518	500 000	500 000	Pa
Sűrűség az adott pontban (ρ <sup>(0)</sup> ):	3,4722	3,4722	3,3509	2,9133	3,4722	3,4722	kg/m <sup>3</sup>
Sebesség az adott pontban (c <sup>(0)</sup> ):	9,24	10,36	42,90	38,20	19,73	12,29	m/s
A kiömlés sebessége (c <sub>0</sub> ):			207,00	160,27			m/s
"K" konstans értékek i-edik közelítésben:	92 405 557 133	73 440 323 421			388 375 188 634	1 003 584 101 780	
Tömegáramok i-edik közelítésben (m <sup>(0)</sup> ):	0,4310	0,4835	0,9145	0,7081	0,4365	0,2716	kg/s
Nyomásértékek i-edik közelítésben (p <sub>c,E</sub> ):			482 528	419 518			Pa
A kiömlő gáz tömegárama (m <sup>(0)</sup> ):			0,9145	0,7081			kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama (Q <sub>n</sub> <sup>(0)</sup> ):			1,2420	0,9616			m <sup>3</sup> /s
			4 471,10	3 461,89			m <sup>3</sup> /h
			4 716,63	3 652,00			m <sup>3</sup> /h
A kiömlött gázmennyiség (V <sub>n</sub> ):			4 717	3 652			m <sup>3</sup>
							(Fizikai normálállapotban)
							(Fizikai normálállapotban)
							(Gáztechnikai normálállapotban)
							(Gáztechnikai normálállapotban)

$$K_1 = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_2 = \lambda_2 \frac{L_2}{D_2^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_3 = \lambda_3 \frac{L_3}{D_3^5} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$p_c^{(0)} = \frac{p_c^{(0)}}{\rho_H} \cdot \rho_H$$

$$c_c^{(1)} = \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right) - 1}{\frac{\rho_H}{p_H} \left[\ln\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right)^2 - \lambda_3 \frac{L_3}{D_3}\right]}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[ \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,715D} \right]$$

$$m_1^{(1)} = \frac{m_3^{(1)}}{1 + \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}} \quad [\text{kg/s}]$$

$$p_c^{(1)} = \sqrt{p_H^2 - \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \frac{p_H}{\rho_H} \cdot \dot{m}_1^2} \quad [\text{Pa}]$$

$$\dot{m}_3^{(1)} = \frac{D_3^2 \pi}{4} \cdot \frac{p_c^{(1)}}{\rho_H} \cdot \rho_H \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right) - 1}{\frac{\rho_H}{p_H} \left[\ln\left(\frac{p_0^{(0)}}{p_c}\right)^2 - \lambda_3 \frac{L_3}{D_3}\right]}}} \quad [\text{kg/s}]$$

$$L_e = 4800 \cdot \left(\frac{A_3}{A_2} - 1\right)^2 \quad [\text{m}]$$

Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebességgel						
A kiömlési keresztmetszet <b>egyenő vagy nagyobb</b> a cső keresztmetszeténél						
	1.szakasz A pont	2. szakasz B pont	3. szakasz C pont	4. szakasz E pont	5. szakasz F pont	6.szakasz G pont
Az L hosszhoz tartozó Mach-szám ( $M_{C,E}$ ):			0,100	0,089		
"K" konstans értékek:	92 405 557 133	73 440 323 421	0,0000019217	0,0000017103	388 375 188 634	1 003 584 101 780
A kiömlés sebessége ( $c_{ki}=a$ ):			406,54	406,54		m/s
A kiömlő gáz tömegárama ( $m_{C,E}$ ):			0,9264	0,7147		kg/s
A kiömlő gáz térfogatárama ( $Q_{C,E}$ ):			1,2581	0,9706		$m^3/s$ (Fizikai normálállapotban)
			4 529,27	3 494,19		$m^3/h$ (Fizikai normálállapotban)
			4 777,99	3 686,08		$m^3/h$ (Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség ( $V_n$ ):			<b>4 778</b>	<b>3 686</b>		$m^3$ (Gáztechnikai normálállapotban)
Hurkolt hálózat korlátlan utánpótlással, kiáramlás a hengesebességgel						
A kiömlési keresztmetszet <b>kisebb</b> a cső keresztmetszeténél						
A kiömlési keresztmetszet megosztása a teljes keresztmetszetű tömegáramok arányában ( $A_3$ ) ( $A_4$ ):			0,006362	0,006362		
Mach-szám közvetlenül a kiömlés előtt ( $M_2$ ):			1,000	1,000		( <sup>3</sup> . Mach szám' munkafüzet lapból)
Módosult Mach-szám a kezdeti pontban ( $M'_1$ ):			0,100	0,089		( <sup>3</sup> . Mach szám' munkafüzet lapból)
"K" konstans értékek:	92 405 557 133	73 440 323 421	0,0000019217	0,0000017103	388 375 188 634	1 003 584 101 780
A kiömlés sebessége ( $c_{ki}=a$ ):			406,54	406,54		m/s
A kiömlő gáz tömegárama ( $m_{C,E}$ ):			0,9264	0,7147		kg/s
A kiömlő térfogatáram ( $Q_n$ ):			1,2581	0,9706		$m^3/s$ (Fizikai normálállapotban)
			4 529,27	3 494,19		$m^3/h$ (Fizikai normálállapotban)
			4 777,99	3 686,08		$m^3/h$ (Gáztechnikai normálállapotban)
A kiömlött gázmennyiség ( $V_n$ ):			<b>4 778</b>	<b>3 686</b>		$m^3$ (Gáztechnikai normálállapotban)
A meghibásodás ideje alatt kiömlött gázmennyiség gáztechnikai normálállapotban						
A kiömlhető gázmennyiség <b>maximuma</b> a hiba elhárításáig ( $A_{ki} >= A_{eljes}$ ):			<b>8 369</b>		$m^3$	(Gáztechnikai normálállapotban)
Az $A_{ki} < A_{eljes}$ szakítási keresztmetszetén kiömlött gázmennyiség az elhárításig:			<b>8 369</b>		$m^3$	(Gáztechnikai normálállapotban)

$$K_1 = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1^5} \left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_2 = \lambda_2 \frac{L_2}{D_2^5} \left( \frac{4}{\pi} \right)^2 \frac{p_H}{\rho_H}$$

$$K_3 = \frac{D_3^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{\kappa M_{gáz}}{Z R_u T_H}} M_c$$

$$L_3 = \frac{D_3}{\kappa \lambda_3} \left[ \frac{1 - M_c^2}{M_c^2} + \frac{\kappa + 1}{2} \ln \frac{\frac{\kappa + 1}{2} M_c^2}{\frac{\kappa - 1}{2} M_c^2 + 1} \right]$$

$$Q_N = \frac{\dot{m}_3}{\rho_N} = \frac{Z R_u T_N}{p_N M_{gáz}} K_3 p_H \frac{1 + \sqrt{K_1}}{\sqrt{K_1 K_3^2 + \left( 1 + \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} \right)^2}} \quad [m^3/s]$$

## A Mach-szám számítása

Segédszámítás az '3. Hurkolt, korlátlan' munkafüzet laphoz

### A Mach-szám számításához szükséges adatok

### Megjegyzés

A sérült vezeték belső átmérője (D):	0,09 m	
Izentrópus kitevő (κ):	1,3140	(Állandó, előző munkalapról)
Súrlódási tényező a sérült szakaszon (λ <sub>C-SZ</sub> ):	0,0161	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Súrlódási tényező a sérült szakaszon (λ <sub>E-SZ</sub> ):	0,0162	(Állandó, Colebrook formulával számítva, előző munkalapról)
Vezeték hossz a szakadásig (L <sub>C-SZ</sub> ):	400 m	(A p <sub>C</sub> csomóponttól C-SZ szakasz)
Vezeték hossz a szakadásig (L <sub>E-SZ</sub> ):	500 m	(A p <sub>E</sub> csomóponttól E-SZ szakasz)
Kapott Mach szám (M <sub>C</sub> ):	<b>0,100</b>	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes C csomópontban)
Kapott Mach szám (M <sub>E</sub> ):	<b>0,089</b>	(Teljes keresztmetszeten történő kiáramlás esetén érvényes E csomópontban)
A vezeték keresztmetszete (A):	0,0064 m <sup>2</sup>	
A kiáramlási keresztmetszet (A <sub>3</sub> ) C-SZ:	0,0064 m <sup>2</sup>	
A kiáramlási keresztmetszet (A <sub>3</sub> ) E-SZ:	0,0064 m <sup>2</sup>	
A/A <sub>3</sub> C-SZ:	1,000	
A/A <sub>3</sub> E-SZ:	1,000	
Kapott Mach szám (M <sub>2C</sub> ):	<b>1,000</b>	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
Kapott Mach szám (M' <sub>1C</sub> ):	<b>0,100</b>	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám a C csomópontban)
Kapott Mach szám (M <sub>2E</sub> ):	<b>1,000</b>	(Közvetlenül a csökkent keresztmetszet előtti teljes keresztmetszeten érvényes)
Kapott Mach szám (M' <sub>1E</sub> ):	<b>0,089</b>	(A keresztmetszet csökkenés miatt módosuló Mach-szám az E csomópontban)

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[ \frac{1-M^2}{M^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{\frac{\kappa+1}{2} M^2}{\frac{\kappa-1}{2} M^2 + 1} \right]$$

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{1}{M_2} \left( \frac{2}{\kappa+1} + \frac{\kappa-1}{\kappa+1} M_2^2 \right)^{\frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}}$$

$$\lambda \frac{l}{D} = \frac{1}{\kappa} \left[ \frac{M_2^2 - M_1'^2}{M_1'^2 M_2^2} + \frac{\kappa+1}{2} \ln \frac{M_1'^2}{M_2^2} \frac{\frac{\kappa-1}{2} M_2^2 + 1}{\frac{\kappa-1}{2} M_1'^2 + 1} \right]$$