

Het in de mijnen regelmatig voorkomen van ontvlammings- of ontploffingen waarbij kolenstof soms in aanwezigheid van een weinig mijngas betrokken is, heeft mede als gevolg dat men meer en meer de vermeende kenmerken van het kolenstof, die de ontvlambaarheid bepalen, bestudeert.

In Canada werd het stof afkomstig van elf verschillende steenkoollagen vergeleken met het stof van Pittsburgh-kool dat aanzien wordt als gemakkelijk ontvlambaar en heftig ontploffend.

Tabel I geeft de samenstelling van deze koolsoorten, na een droogperiode van 24 uren bij 75°C. Het stof heeft een doormeter kleiner dan 74 micron.

Voor elke stofsoort werden bepaald :

- in de Godberg-Greenwald-oven, de minimum ontstekings temperatuur,  $T_{min}$ ;

- in het Hartmann-apparaat (1,3 liter inhoud) :

- het laagst ontvlambaar stofgehalte in de lucht,  $C_{min}$  ( $g/m^3$ )
- de minimumontstekingsenergie  $E_{min}$  (mJ)
- de maximum ontploffingsdruk  $P_{max}$  (bar)
- de maximum drukstijging ( $dp/dt$ ) max.

Uit deze resultaten werd per stof berekend :

- de ontvlammingsgevoeligheid, zijnde :

$$O_{gev} = \frac{T_{min} \times E_{min} \times C_{min}}{T_{min} \times E_{min} \times C_{min}} \text{ voor Pittsburgh-stof}$$

- de ontploffingsheftigheid, zijnde :

$$O_{hef} = \frac{P_{max} \times (dp/dt)_{max}}{P_{max} \times (dp/dt)_{max}} \text{ voor het beschouwde stof}$$

Tabel II geeft de bekomen resultaten.

TABEL I.

Laag	Type*	Vochtigheid	Asgehalte	Vluchtige bestanddelen	Carboon	Specifieke oppervlakte in $cm^2/g$
Devco 26	b	0,7	4,47	32,09	62,74	2.190
Devco L.	b	1,55	9,95	29,48	59,02	1.840
Balmer	b	0,65	7,63	18,48	73,24	1.830
Fording F.	b	1,19	15,89	20,45	62,47	1.920
Luscar F.	l	0,50	14,50	38,10	46,90	2.060
Luscar VO	l	6,25	24,44	29,45	39,86	2.580
Canmore	b	1,28	2,89	11,19	84,34	2.400
Coleman	b	1,17	12,65	21,54	64,64	1.930
Bienfait	l	9,40	14,00	34,00	42,60	1.550
Denison	b	0,60	9,40	23,80	66,20	2.000
Mc Intyre	b	0,94	16,09	18,56	64,41	2.370
Pittsburgh	b	1,44	4,91	37,52	56,23	2.670

\* b : bitumineuse kool  
l : ligniet

TABEL II.

Laag	$T_{min}$	$C_{min}$	$E_{min}$	$P_{max}$	$(dp/dt)_{max}$	$O_{gev}$	$O_{hef}$
Devco 26	480	67	100	850	11.000	0,98	1,3
Devco L.	480	80	140	850	6.100	0,59	0,72
Balmer	505	304	(a)	(a)	(a)	-	-
Fording F.	500	208	(a)	(a)	(a)	-	-
Luscar F.	510	171	400	800	5.500	0,09	0,61
Luscar VO	530	171	(b)	255	1.480	-	0,05
Canmore	620	(a)	(a)	(a)	(a)	-	-
Coleman	570	368	(a)	(a)	(a)	-	-
Bienfait	490	117	320	706	5.800	0,17	0,57
Denison	500	171	(b)	427	1.930	-	0,12
Mc Intyre	570	(a)	(a)	(a)	(a)	-	-
Pittsburgh	500	70	90	600	12.000	1,0	1,0

(a) geen ontvlaming bij de aangewende proefvoorwaarden

(b) de proef werd niet uitgevoerd

Uit de tabel II blijkt dat de steenkoolsoorten met hoge waarden voor de drukstijging (dp/dt) hoge ontploffingsdrukken Pmax hebben (het omgekeerde is echter niet waar), doch lage waarden voor de ontstekings-temperatuur (Tmin), het ontvlambaar stofgehalte in de lucht (Cmin) en de minimum ontstekingsenergie (Emin). Kortom de steenkoolstoffen met grote ontvlammingsgevoeligheid (Ogev) hebben ook een grote ontvlammingsheftigheid (Ohef), alhoewel het omgekeerde niet waar is.

De in de tabel beschouwde waarden voor Pmax en (dp/dt)max werden bepaald voor een stofgehalte in de lucht van 500 g/m<sup>3</sup> en zijn dus niet noodzakelijkerwijze de hoogste waarden die men met deze stofsoorten kan bereiken vermits zij een functie zijn van het stofgehalte in de lucht.

Tabel III geeft in gewichtspercent aan, hoe het laagst ontvlambaar stofgehalte in de lucht (Cmin) afneemt wanneer er een weinig mijngas aanwezig is; dit voor stof uit de steenkoollagen Devco 26 en Pittsburgh (metingen uitgevoerd in Canada) en van 2 steenkoollagen uit Tchechoslovakije (metingen in dat land uitgevoerd). In Canada was het stof fijner dan 74 micron, in Tchechoslovakije fijner dan 71 micron met een gemiddelde doormeter van 40 micron (zie figuur 1).

De resultaten voor Devco 26 (X) zijn de laagst ontvlambare stofgehalten in een mengsel lucht-mijngas berekend met de formule van Bartknecht :

$$(Cmin)_{stof+gas} = (Cmin)_{stof} \left( \frac{C_{gas}}{(Cmin)_{gas}} - 1 \right)^2$$

waarbij Cgas het aanwezige mijngas in % in de lucht is.

Uit tabel III blijkt dat steenkool uit Canada, in de aanwezigheid van kleine percenten mijngas, bij hogere stofgehalten ontvlamt dan steenkool uit Tchechoslovakije. Proeven gedaan met inlandse kool in Duitsland in een proefvat van 40 liter inhoud geven resultaten gelijkaardig aan die bekomen in Tchechoslovakije. Dit legt de resultaten berekend met de formule van Bartknecht (uit Duitsland) op de steenkool Devco 26 uit. Vermits volgens Bartknecht "die Konzentrationsabhängigkeit der Kennzahlen (Pmax en dp/dt) in beiden Apparaturen (vat van 40 liter en van 1 m<sup>3</sup> inhoud) nicht voneinander abweicht" zou men mogen besluiten dat het onderscheid tussen de Canadese en de Tche-

chische kool aan de eigenschappen van de steenkool en niet van de proefapparatuur te wijten is. Vermelden we in dit verband dat een ontvlambaar stofgehalte in de lucht (Cmin) van 50-100 g/m<sup>3</sup> voor Pittsburgh kool in de U.S.A. gevonden werd voor een "effectieve" ontstekingsenergie gelegen tussen 140-250 J in een Hartmann-apparaat van 8 liter inhoud terwijl in Canada, waar eveneens 70 g/m<sup>3</sup> werd gevonden, het klasieke apparaat werd gebruikt. De ontstekingsenergie in Tchechoslovakije bedroeg 4,5 kJ (elektrische vonk).

Benevens een invloed op het laagst ontvlambaar stofgehalte Cmin, nemen bij toenemende gasgehalten, de minimum ontstekingsenergie (Emin) en de hoeveelheid stof in de lucht die de hoogste ontploffingsdruk (Copt) af. Zie figuur 2 voor een steenkoolstof met 31 % vluchtige bestanddelen.

De nomogrammen, figuren 3 en 4, opgesteld door Foniok uit Tchechoslovakije laten toe de orde van grootte voor Emin en Copt bij verschillende gasgehalten te bepalen als deze waarden voor 0 % mijngas bekend zijn.

Ook voor steenkoolstof geneutraliseerd door inert stof als CaCO<sub>3</sub> neemt de waarde van het laagst ontvlambaar stofgehalte af met toenemend gasgehalte. In de figuur 5 wordt dit weergegeven voor een kolenstof met 46 % aan vluchtige bestanddelen en bij een neutralisatie van 0 tot meer dan 80 %. Volgens deze grafieken is de neutralisatie voor deze koolsoort doeltreffend vanaf 60 % bij de afwezigheid van mijngas en bij meer dan 80 % bij 3 % mijngas. Deze grafieken werden door Foniok opgesteld bij een constante ontstekingsenergie van 4,5 kJ. Bij deze energiewaarde immers verandert volgens hem het laagst ontvlambaar stofgehalte in de lucht (Cmin) niet meer.

Figuur 6 toont hoe het laagst ontvlambaar stofgehalte in de lucht voor koolsoorten met verschillende gehalten aan vluchtige bestanddelen afneemt bij toenemende ontstekingsenergie Emin (van 0 tot 1.000 J). De proeven werden gedaan met een elektrische vonk als ontstekingsmiddel.

Hertzberg, Cashdollar en Opferman bestudeerden op hun beurt in een Hartmann-apparaat van 8 liter inhoud de invloed van de ontstekingsenergie op het laagst ontvlambaar stofgehalte in de lucht. Voor hun proeven gebruikten zij Pittsburgh koolstof met een gemiddelde korreldoormeter van 6,6 micron.

TABEL III.

Laag	Vluchtige bestanddelen	Cmin g/m <sup>3</sup>	Mijngas in %				
			0	1	2	3	4
			Percent van Cmin.				
Pittsburgh	37,5	70	100	99	89	79	68
Devco 26	32,1	67	100	99	91	81	71
Tchech.	35	70	100	82	48	18	7
Tchech.	21	135	100	83	54	18	6
Devco 26(X)	32,1	67	100	65	36	17	5

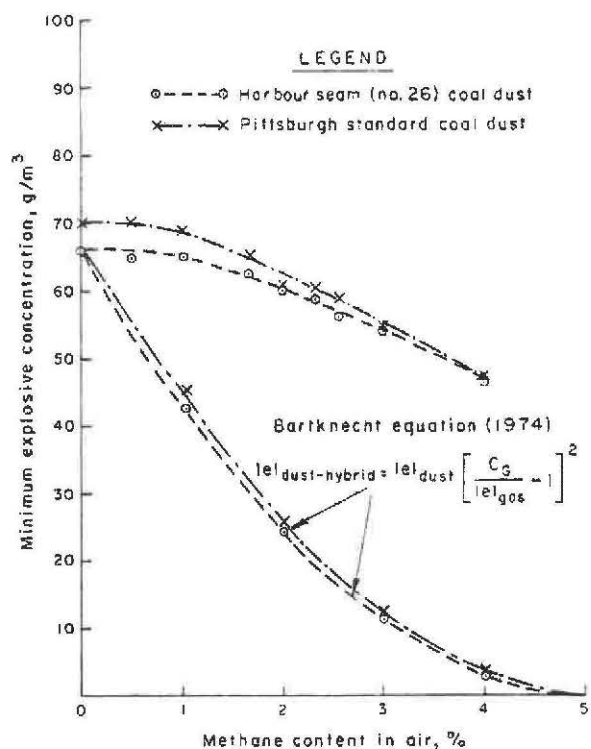


Fig. 1 : Laagst ontvlambaar stofgehalte bij verschillende lucht-mijngas mengsels

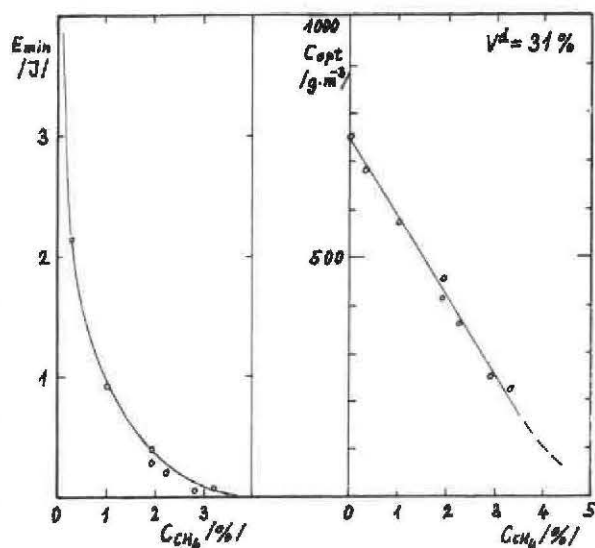


Fig. 2 : Invloed van het mijngasgehalte in de lucht op de minimum ontstekingsenergie  $E_{min}$  en de hoeveelheid koolstof in de lucht  $C_{opt}$  die de hoogste ontploffingsdruk geeft

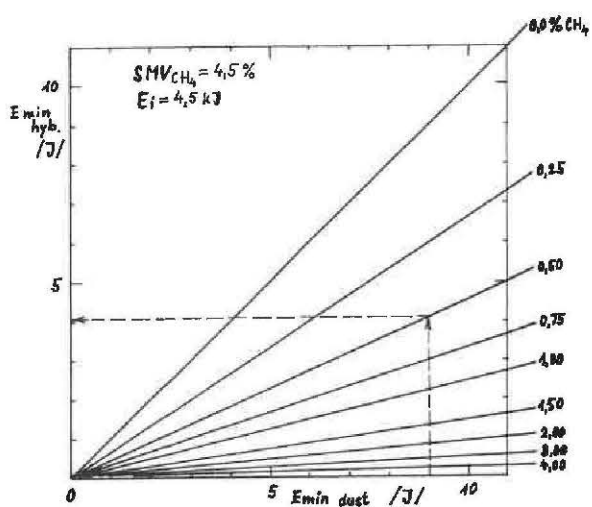


Fig. 3 : Nomogram van de vermindering van de minimum ontstekingsenergie  $E_{min}$  voor stof in de lucht in verband met het mijngasgehalte in de lucht

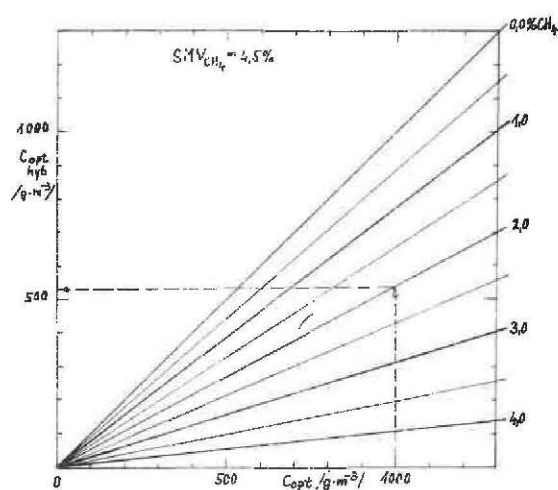


Fig. 4 : Nomogram van de vermindering van  $C_{opt}$  in verband met het mijngasgehalte in de lucht

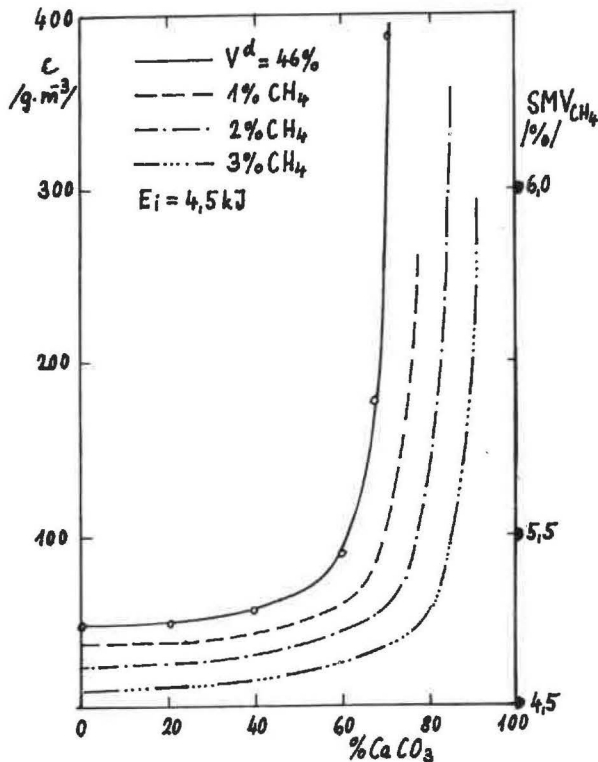


Fig. 5 : Laagst ontvlambaar stofgehalte  $C_{min}$  voor steenkoolstof en geneutraliseerd kolenstof in de aanwezigheid van mijngas

Zij bepaalden de verhouding :

$$PR = \frac{P_{max} - \Delta P}{P \text{ aanvang}}$$

( $\Delta P$  is te wijten aan de ontstekingsenergie)

voor verschillende stofgehalten en dit bij verschillende ontstekingsenergieën.

Als ontstekingsbron werd gebruikt :

1. De elektrische vonk (60 mA en 15.000 V) gedurende 0,3 s wat met een schijnbare afgestane energie van 270 J overeenkomt. De drukstijging  $\Delta P$  te wijten aan de vonk alleen is in het Hartmann-apparaat ongeveer 0,006 atm zodat men uit de geleverde arbeid  $V \cdot \Delta P$  een "effectieve" ontstekingsenergie van 5 J kan berekenen. In dit geval is  $C_{min}$  van de orde van grootte van 300 mg/liter (300 g/m<sup>3</sup>).

2. De elektrische vonk en schietkatoen, de effectieve energie is ongeveer 90 J doch de tijd gedurende dewelke deze energie vrijkomt is ongeveer 0,5 s. Deze tijdsduur wordt te lang geoordeeld. In dit geval ligt  $C_{min}$  omstreeks 180 mg/liter stof.

3. Een elektrische aansteker, hoge temperatuur, met een "effectieve ontstekingsenergie van 35 J en een korte aanstekingstijd van 0,05 s. De gemeten  $\Delta P$  is 0,04-0,05 atm.  $C_{min}$  is eveneens van de orde van 180 mg/liter.

4. Meerdere elektrische aanstekers.  $C_{min}$  wordt dan :

- . voor 2 aanstekers, ongeveer 150 mg/liter
- . voor 3 aanstekers, ongeveer 130 mg/liter

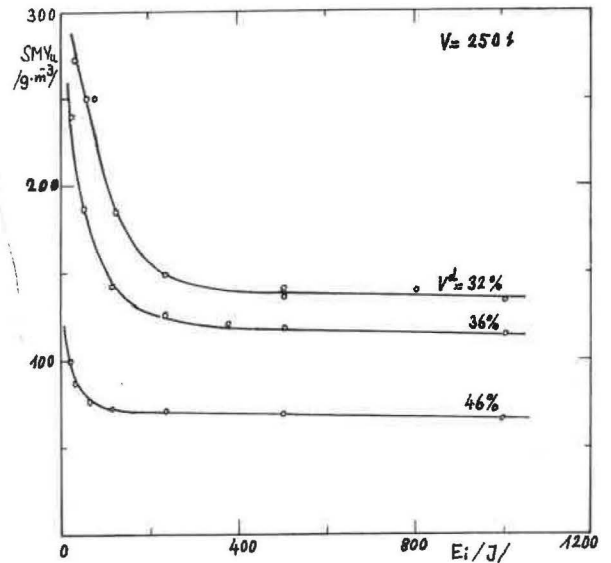


Fig. 6 : Laagst ontvlambaar koolstofgehalte in de lucht  $C_{min}$  in verband met de energie-inhoud van de ontstekingsbron

- . voor 4-5-6 aanstekers, ongeveer 90 mg/liter
- . voor 7 aanstekers, ongeveer 50 mg/liter.

Door P aanvang wordt verstaan de maximale druk in het apparaat, gemeten door het vrijkomen van de ontstekingsenergie alleen. De grafieken van figuur 7 geven de bekomen resultaten weer en tonen aan hoe de verhouding PR voor eenzelfde ontstekingsenergie verandert wanneer de hoeveelheid stof in de lucht verandert.

Banhegyi en Egyedi uit Hongarije bestudeerden eveneens de ontvlambaarheid van steenkoolstof en geneutraliseerd kolenstof in de aanwezigheid van mijngas doch namen als uitgangscriterium niet de ontvlambaarheid van het stof doch de mogelijkheid dat een ontploffing zich kan voortplanten.

Opdat een ontploffing zich zou kunnen voortplanten moet de coëfficiënt  $K_{ex}$  groter zijn dan 9,5 MPa/s. Volgens proeven gedaan op de Versuchsstrecke te Dortmund-Derne is het mengsel niet ontplofbaar als  $K_{ex}$  kleiner is dan 7 MPa/s. Hierbij is

$$K_{ex} = \sqrt{(dp/dt)_{max} \times P_{max}/\Delta t} \text{ MPa/s (fig. 8)}$$

Beide auteurs stellen als tussenwaarde  $K_{ex} = 8$ .

Proeven werden gedaan met stof afkomstig van de Mecseker-steenkoollaag in een vat van 40 liter inhoud.

Kenmerken van dit stof :

- . asgehalte : 8,5 %
- . vluchtige bestanddelen : 34,4 %