



A HGA módszer előnyeinek hatékony kihasználása a transzformátor diagnosztikában

Csépes Gusztáv, Diagnostics Kft

**XIX. Szigeteléstechikai Konferencia, Lifestyle Hotel Mátra,
2019. október 16-18.**

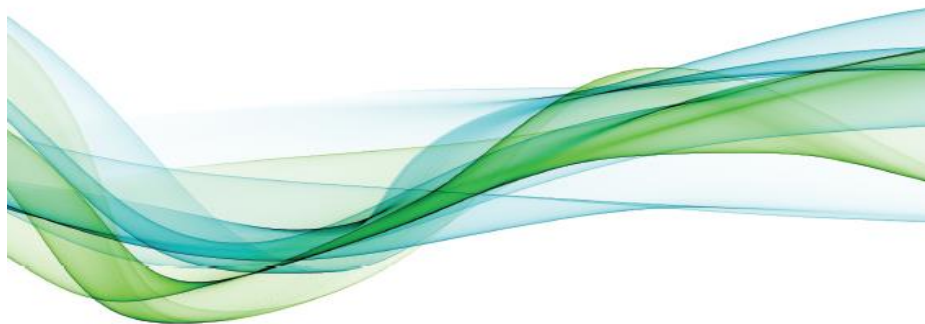
Tartalomjegyzék

- 1. A téma aktualitása, az előadás célja**
- 2. Röviden a HGA diagnosztikáról**
- 3. Fejlődés a HGA diagnosztikai kiértékelésekben**
- 4. Offline és online HGA**
- 5. Konklúziók**

Szakirodalmi források

D1/A2

Technical Brochure



Advances in DGA interpretation

Reference: 771



July 2019

Transformers

VOL 6 ISSUE 3 JULY 2019

MAGAZINE

INTERVIEWS:

Laurent Favre
Xu Tao
Jill Duplessis

COLUMNS:

Market review
Water in transformer
Transformer maintenance

TECHNICAL ARTICLES:

Overloading
Radiator's performance
Eco design
Losses in foil winding



TRANSFORM Event 2019

Megacities - resilient solutions for electrical power supply

Egy ISH forrás

ISH2019 – Budapest – 2019. augusztus 26.

**Keynote 1 (vitaindító, megnyitó előadás): Jerzy Buchacz (Michel Duval)
- DGA monitoring systems (CIGRE Working Group D1/A2.47)**

- **Advances in DGA interpretation & DGA monitoring systems:
CIGRE WG D1/A2.47** (Fejlődés a HGA kiértékelésben, HGA monitoring rendszerek)

Richárd Cselkó^{1*}, Máté Szirtes¹ and Gusztáv Csépes¹

- **Speciality and Applicability of Advanced Response Methods In
Contrast to the Traditional Dielectric Measurements for Condition
Assessment of Power Transformers**

Budapest University of Technology and Economics,

ISH=International Symposium on High Voltage Engineering

1. ISH: 1972 München; 7. ISH 1991 Drezda (RVM); 8. ISH 1993 Yokohama (RVM); 19. ISH 2015 Pilsen (RVM); 21. ISH 2019 Budapest (RVM);

Szimpózium témacsoportok hasonlóak a CIGRE-hez:

ISH 2019-Budapest

Partnerek: BME, Cigre, IEC, „Helyi védnök”: Mavir

**Szponzorok: HIGH VOLT, Haefely-Hipotronics, Nemzeti Közművek
BME, Cigre, IEC, Mavir,**

**Kiállítók: Haefely-Hipotronics, ISO FARAD, KONCAR, Megger,
Omikron, Phenix, BHT, LINEVISION, Kinectrics,
Versalift, Power Diagnostix, Kolektor, OTLM,**

ORAL SESSIONS és DIALOGUE (POSTER) SESSIONS

Aktualitás

- A trafó **helyi hiba diagnosztikájában** a **HGA legfontosabb** területe.
- Valószínűleg a HGA **leghatékonyabb** trafó hibajelző eszközünk, mert számos **vegyi romlást, villamos és termikus hibát képes jelezni**.
- A hibák nagy részét **már korai állapotban jelzi**, így esély van a **katasztrofális hibák elkerülésére**.
- **Gyors fejlődés**, új kiértékelések, ezért **állandó követés** szükséges.
- Viszonylag nagy és **alapos ismeretanyagra** lenne szükség, **folyamatos továbbképzésre, tanulásra: pl. TUTORIAL**.
- Új eredmények **szabványosítása viszonylag gyors** (M. Duval!!!).
- **Mennyit tudunk ebből hasznosítani? Mennyire megbízható a diagnosztikánk?**

Az előadás célja főleg a figyelemfelhívás az újdonságokra, ill. azok követésére.

Ola
sz
02.5



Arcing

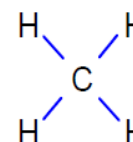
Overheating

Surface discharge

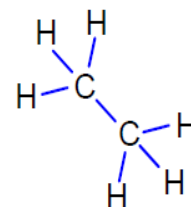
Circulating current



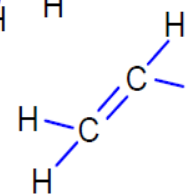
HYDROGEN



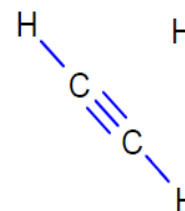
METHANE



ETHANE



ETHYLENE

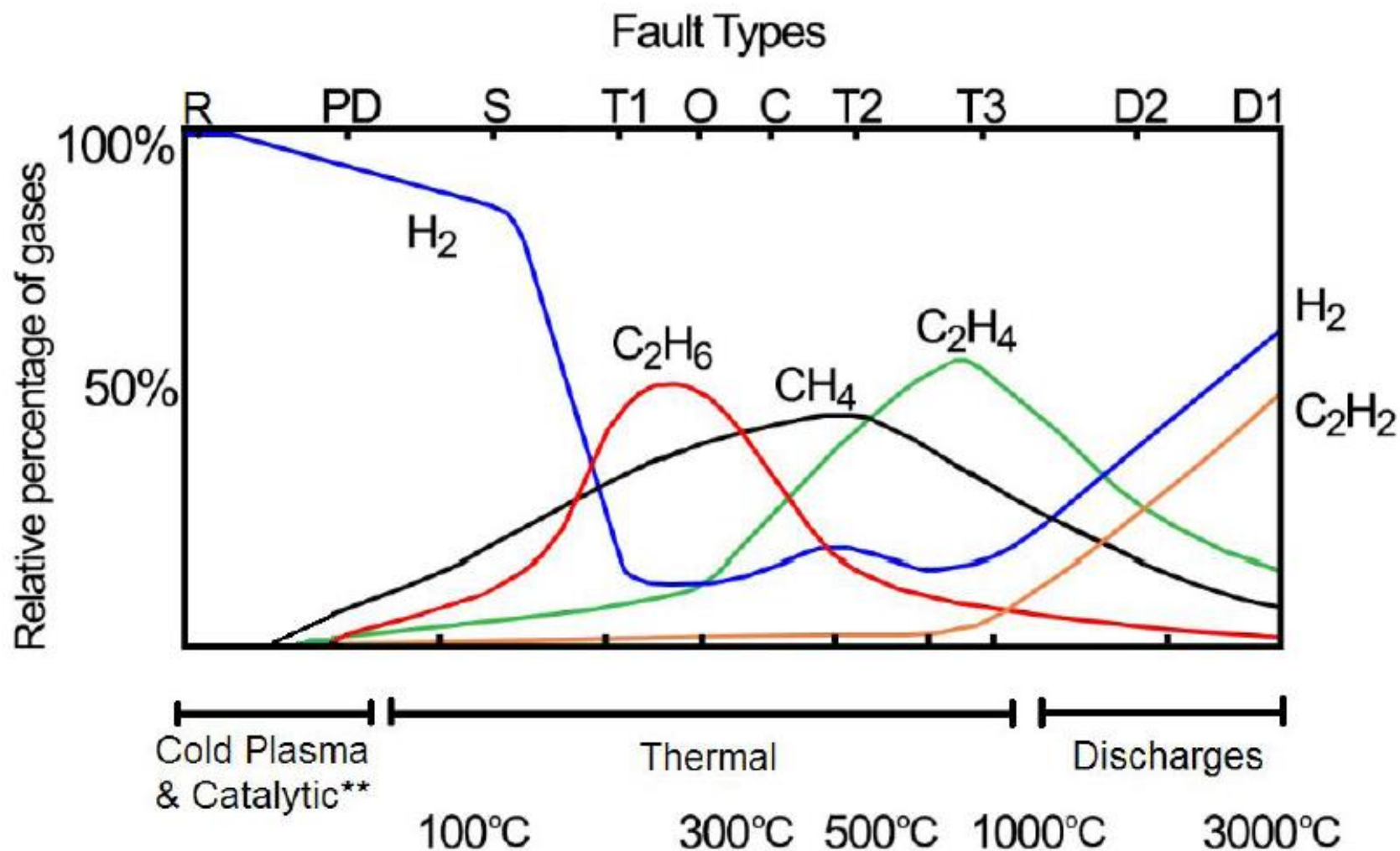


ACETHYLENE



CARBON MONOXYDE

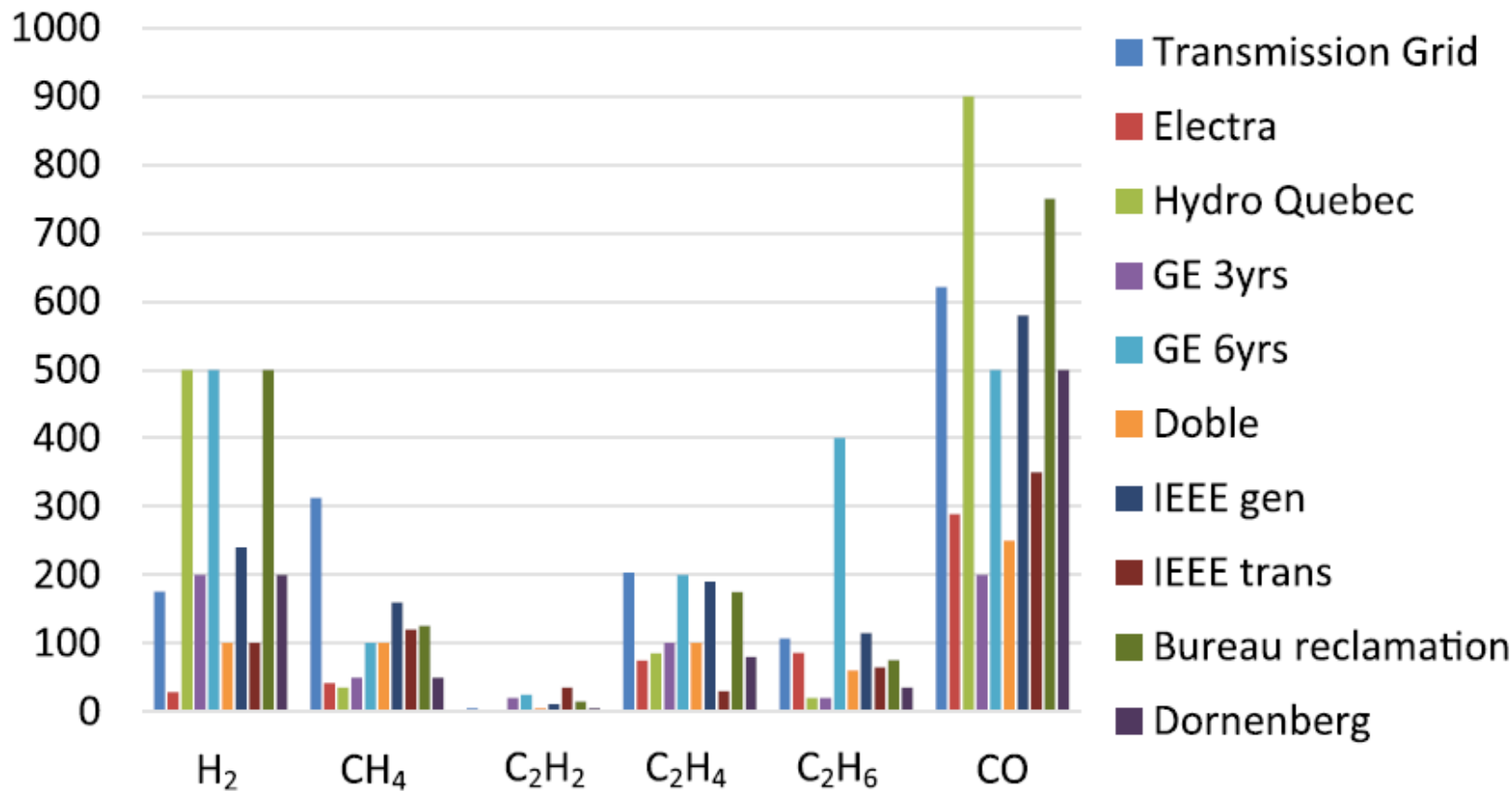
Hat hibagáz relatív képződése hőmérséklet függése IEEE szerint



** Not related to temperature

- Évente számtalan új dokumentum jelenik meg a **szabványok állandóan korszerűsödnek.**
- Tehát elengedhetetlen a **folyamatos tanulás**, hogy a **szakértők minél mélyebb ismeretekkel** rendelkezzenek.
- A régi, nem hatályos szabványok még jó műszaki dokumentumok, ajánlatos 5-10 diagnosztikát is alkalmazni és az eredményeket „kritikai szemmel” értékelni. *De ehhez ismerni kell az alapokat, kiértékeléseket.*
- Ugyanúgy mint a humán diagnosztikában, vannak a laborleletek, amelyet szakorvosnak kell kiértékelni. Konzílium is szükséges.
- A hamis diagnózis meghibásodáshoz vezethet, mert rejtve marad a hiba, ill. sürgősen beruházást, költséget, trafócserét, stb. okozhat.
- **Figyelem:** nehéz az eligazodás: **különböző** dokumentumokban **eltérő és ellentmondó** határértékek találhatók.
- IEEE, CIGRE, Doble, IEC, HGA szakértői GUIDE-ok, stb. vannak forgalomban az állapot meghatározására.

Különböző források különböző határértékeket adnak meg.



HGA-val azonosítható hibák: 6 IEC 60599 hiba + 5 újabb

Type of Fault	Definition
T3	Thermal Fault $T > 700^{\circ}\text{C}$
T2	Thermal Fault $300 < T < 700^{\circ}\text{C}$
T1	Thermal Fault $< 300^{\circ}\text{C}$
PD	Corona partial Discharges
D1	Discharges of Low Energy
D2	Discharges of High Energy
DT	Mixtures of Faults D and T
S	Stray Gassing of Oil $< 200^{\circ}\text{C}$
O	Overheating $< 250^{\circ}\text{C}$
C	Possible Carbonization of Paper $> 300^{\circ}\text{C}$
T3-H	Fault T3 in Oil Only

IEC 60599 hat alap hibatípust definiál:

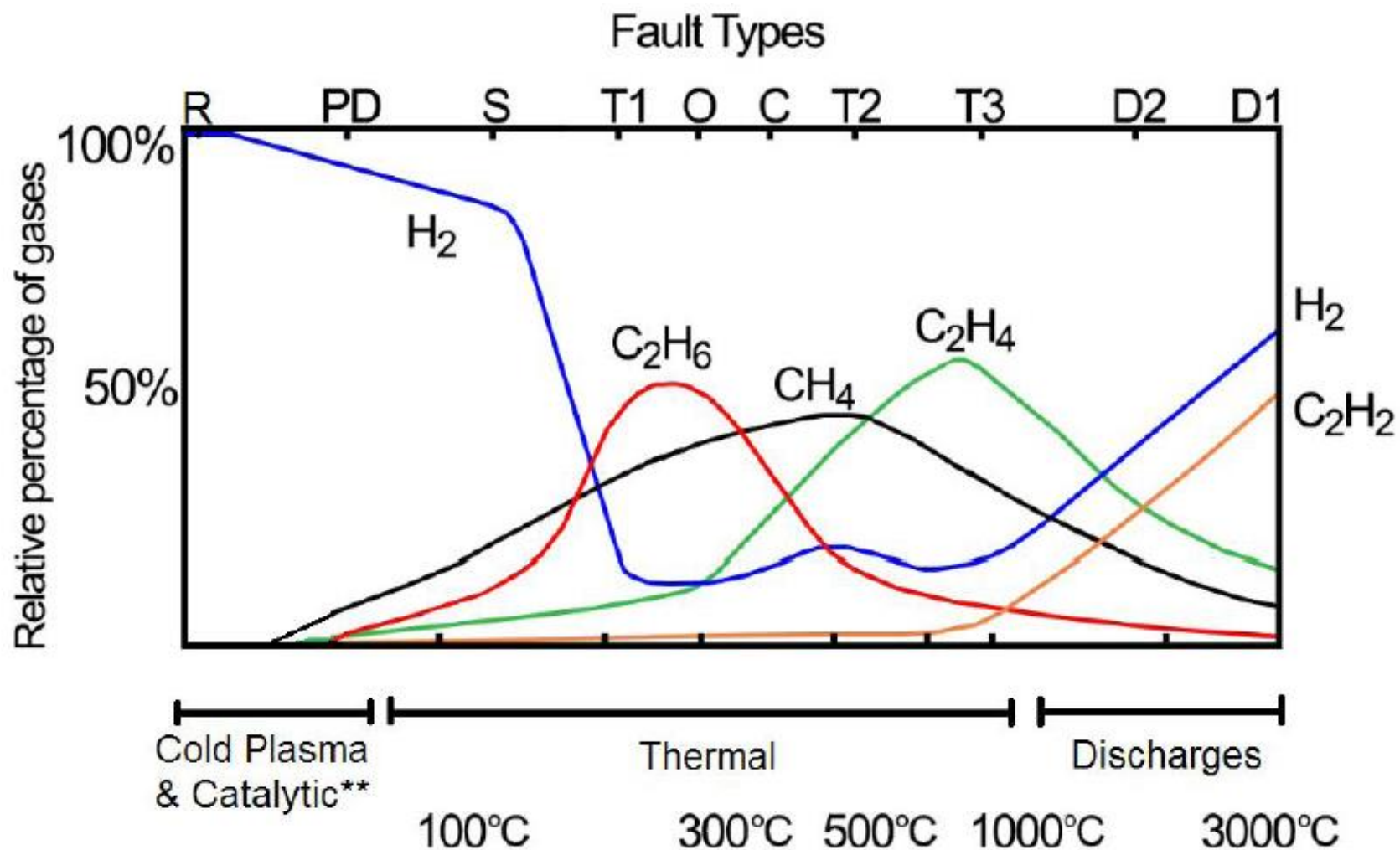
- 1. PD (korona):** gáz buborékokban, ill. papír üregekben alakul ki rossz kiszárítás, vagy gyenge minőségű olajimpregnálás miatt.
- 2. Kis energiájú kisülés: D1.** Egyrészt lehet szikrakisülés részkisülése, beleértve a papírban lévő elszenesedett üregeket, másrészt lehet kisenergiájú ív, beleértve a papír felületi hibáit, ill. az olajban lévő szén részecskéket.
- 3. Nagyenergiájú kisülés: D2.** Tipikus példák: nagyenergiájú ív és ívelés, belső rövidzár, ami érinti a papírt, nagy mennyiségű szén részecske képződés, fém összehegedés, stb.
- 4. Termikus hiba $<300^{\circ}\text{C}$: T1.** A papír barna színű ($>200^{\circ}\text{C}$), fekete vagy elszenesedett ($<300^{\circ}\text{C}$). Túlterhelés, eltömődött olajcsatorna.
- 5. Termikus hiba $300^{\circ}\text{C} < T < 700^{\circ}\text{C}$: T2.** Elszenesedett papír, szénszemcsék képződése az olajban: rossz érintkezés, rossz hegesztés, örvényáram.
- 6. Termikus hiba $>700^{\circ}\text{C}$: T3.** Erős szénrészecske képződés az olajban, fém elszíneződés (800°C), vagy fém hegedés ($>1000^{\circ}\text{C}$). Nagy örvényáram a köpenyben és a vasmagon, lemezzárlat.

IEC 60599 hat alap hibatípusa mellett további 5 az alábbi:

- 1. DT:** D (kisülés) és T (melegedés) hibák keveréke
- 2. S:** ásványolaj „stray gas” (szórt, szórvány gáz) < 200°C
- 3. O:** <250°C alatti túlmelegedés (hot spot)
- 4. C:** papír 300°C-nál magasabb lehetséges szenesedése
- 5. T3-H:** T3 hiba csak olajban (T>700°C, hiba nagyon magas hőmérsékleten)

A kiértékelés során ezeket az alaptípusokat kapjuk, ismernünk kell, hogy egy-egy hibának mi a fizikai háttere.

Hat hibagáz relatív képződése hőmérséklet függése IEEE szerint



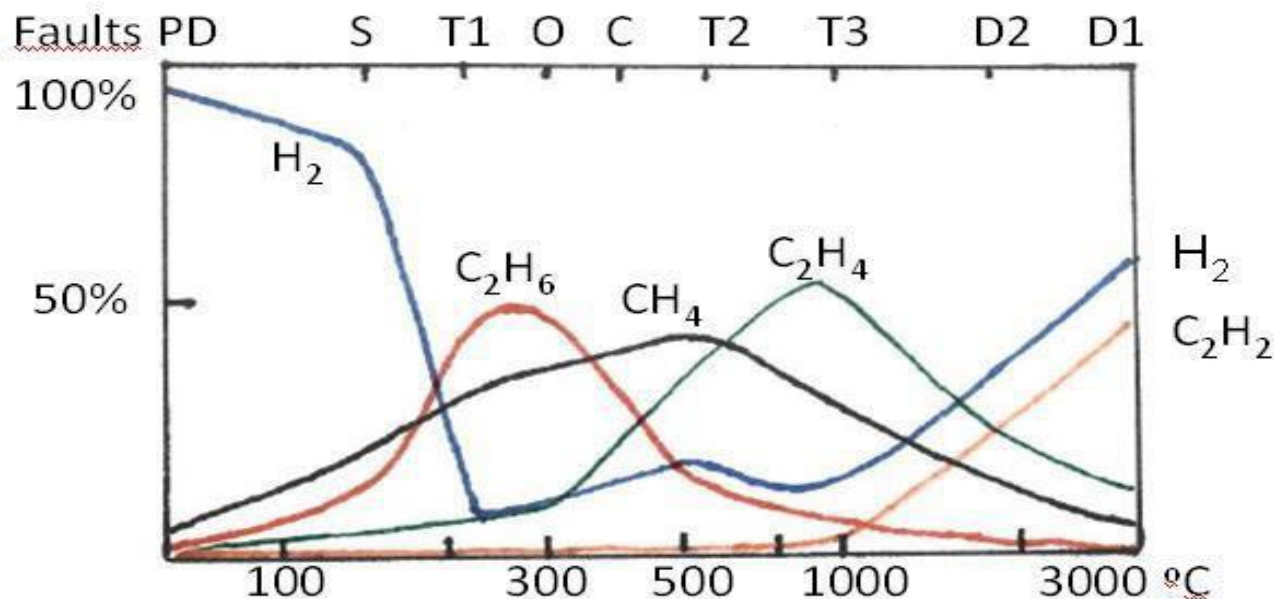
** Not related to temperature

Hat hibagáz relatív képződése és a hőmérséklet függése IEEE és IEC szerint.

Alacsony hőmérsékleten a H_2 dominál a PD-ben, azután jelenik meg a C_2H_6 , CH_4 a stray gázosodásban (S), (T1) és (O) melegedésben.

300°C-os melegedésben az etán dominál, és szenesedés jelenhet meg a papírban (C), és megjelenhet a metánképződés is.

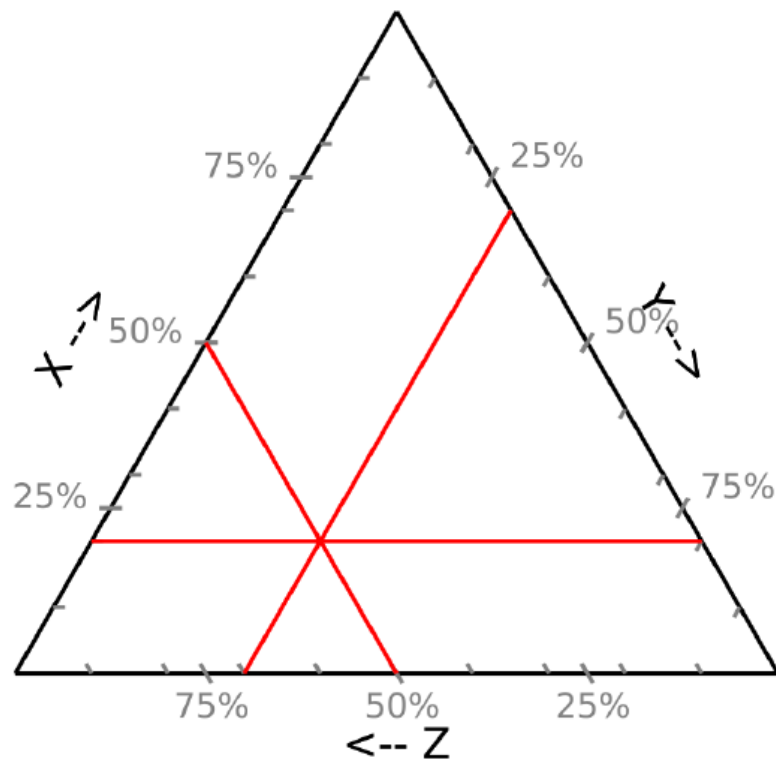
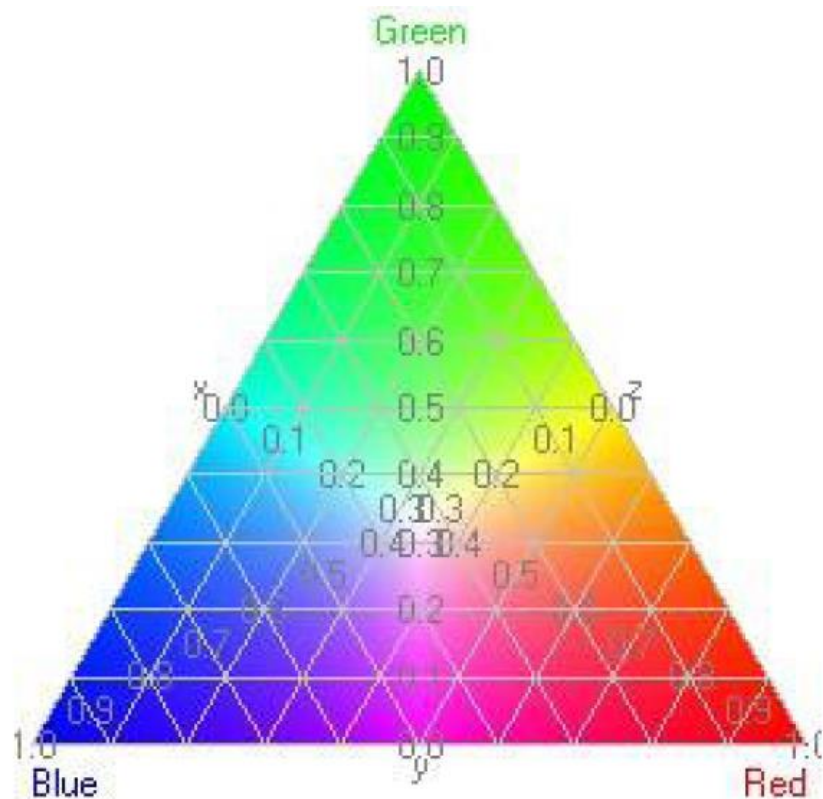
Magasabb hőmérsékleten T2 és T3 esetén etilén szint magasabb mint az etán szintje, és a D2 és D1 kisülések növelik a H_2 -t és a C_2H_2 -t.



„DUVAL háromszögek”: nem használjuk hatékonyan!!!

A háromszög minden egyes oldala 0%-tól 100%-ig megy, (x,y,z) pontokra nézve $x+y+z=100\%$. Esetünkben: $X=20\%$ és párhuzamos egyenes „z” tengellyel; $Y=30\%$ és párhuzamos egyenes az „X” tengellyel; $Z=50\%$ és párhuzamos az „Y” tengellyel. Ahol az egyenesek metszik egymást, ott a keresett pont.

$X=20\%$, $Y=30\%$, $Z=50\%$





Duval Δ ill. ötszögekek nem értékének megfelelően használják, pedig nagyon hatékony HGA diagnosztikát kaphatnánk, jól algoritmizálható.

-Francia kanadai, Michel Duval, kémikus, Hydro Quebec's IREQ kutató.

-Duval Δ és ötszög módszerekkel grafikusán és vizuálisan is követhetjük időben a „hiba fejlődését”.

-DUVAL „háromszög”, „pentagon” módszerek: újak, hasznosak, tipikusan számítógépre valók: javasolt az alapok jobb áttekintése.

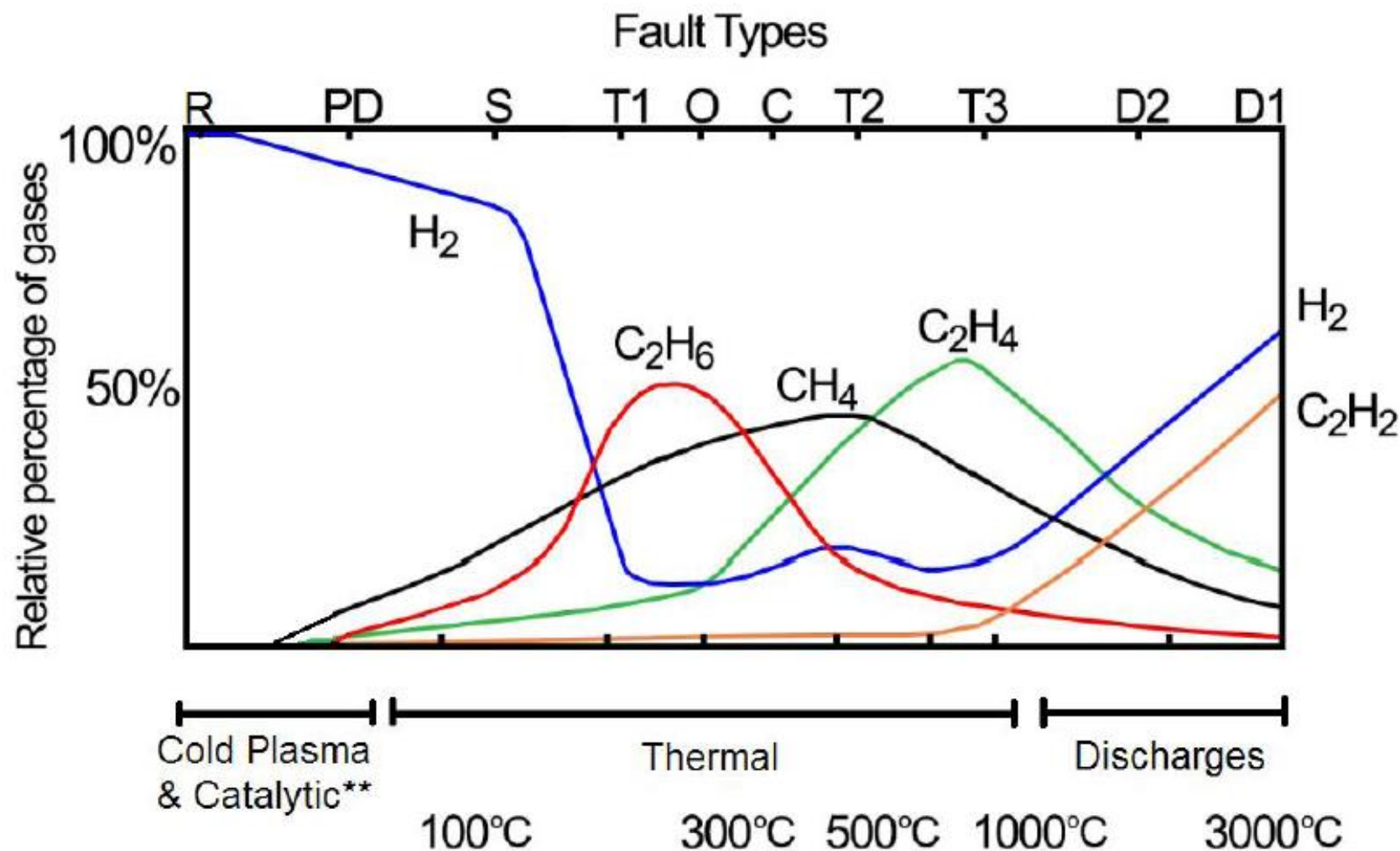
-Szerencse, hogy az összes HGA módszer jól algoritmizálható.

-Módszereknél előnyök-hátrányok: egy „gáz inputtal” minél több futtatás számítógéppel, megtalálni a legvalószínűbb diagnózist.

-Duval Δ eredetileg ásványolajra készült, de azóta fokozatkapcsolóra (LTC), „nem ásványolajokra (szilikon, MIDEAL, természetes észter: FR3 és BioTemp szigetelő folyadékokra is **ki lett terjesztve.**

-Duval 1 háromszög: Ausztrál felmérés szerint **88%-osan sikeres.**

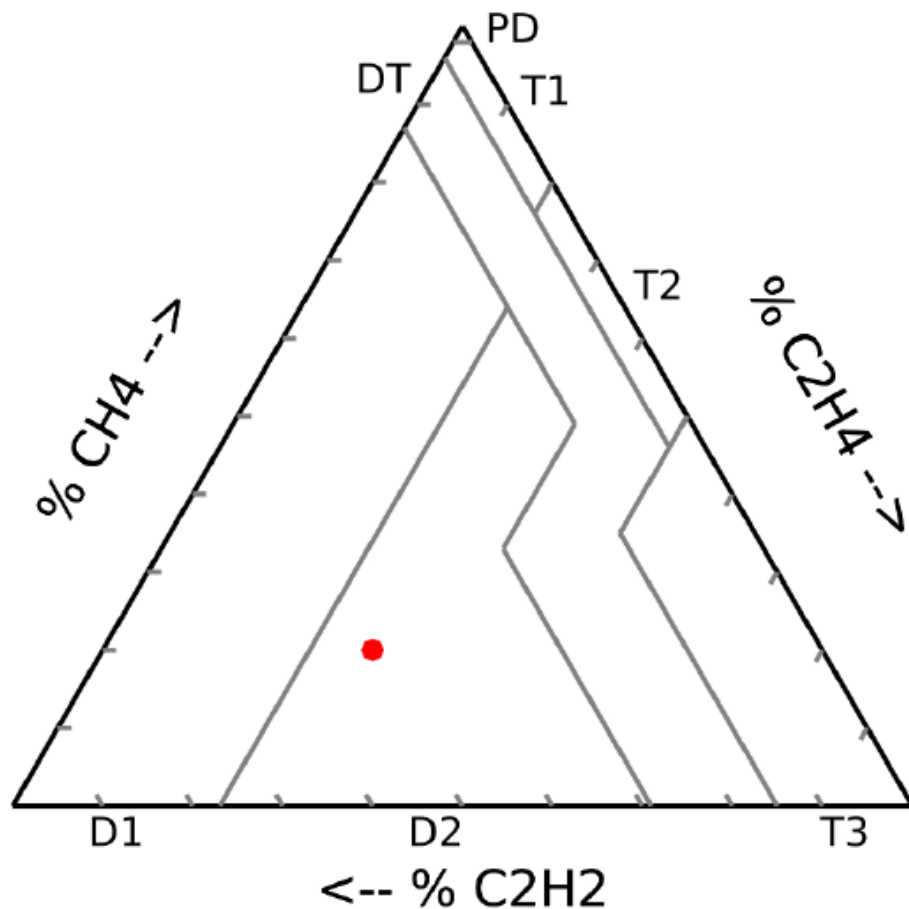
Duval 1 háromszög: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 hibagázokat használja



** Not related to temperature

„DUVAL 1” háromszög a C₂H₂, CH₄, C₂H₄ hibagázokat használja

CH₄=40 C₂H₄=60 C₂H₂=100



40+60+100=200ppm a metán, etilén és acetilén értéke, összesen 200ppm.

Metán: $40/200=20\%$

Etilén: $60/200=30\%$

Acetilén: $100/200=50\%$

Az így kapott piros pont a D2 zónába esik.

PD: Partial Discharge

T1: Thermal < 300 C

T2: Thermal 300 C to 700 C

T3: Thermal > 700 C

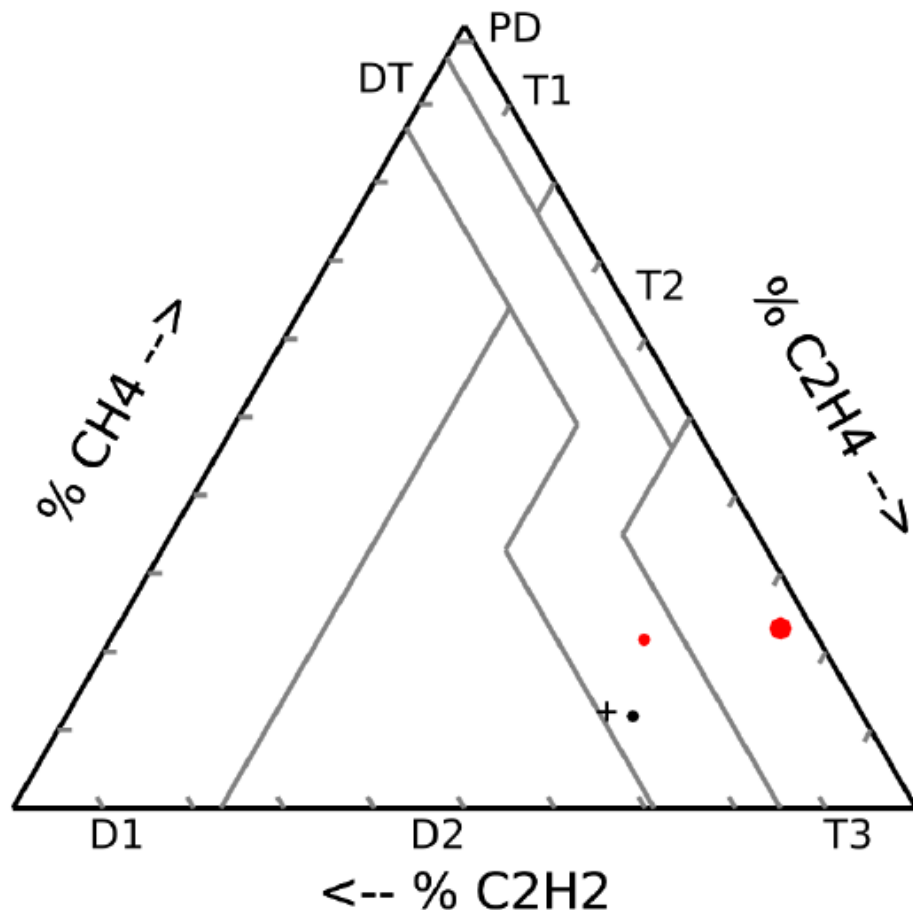
D1: Low-energy discharge

D2: High-energy discharge

DT: Discharge or Thermal

„DUVAL 1” háromszög: hibakifejlődés időbeli megjelenítése (4 minta)

Four Samples



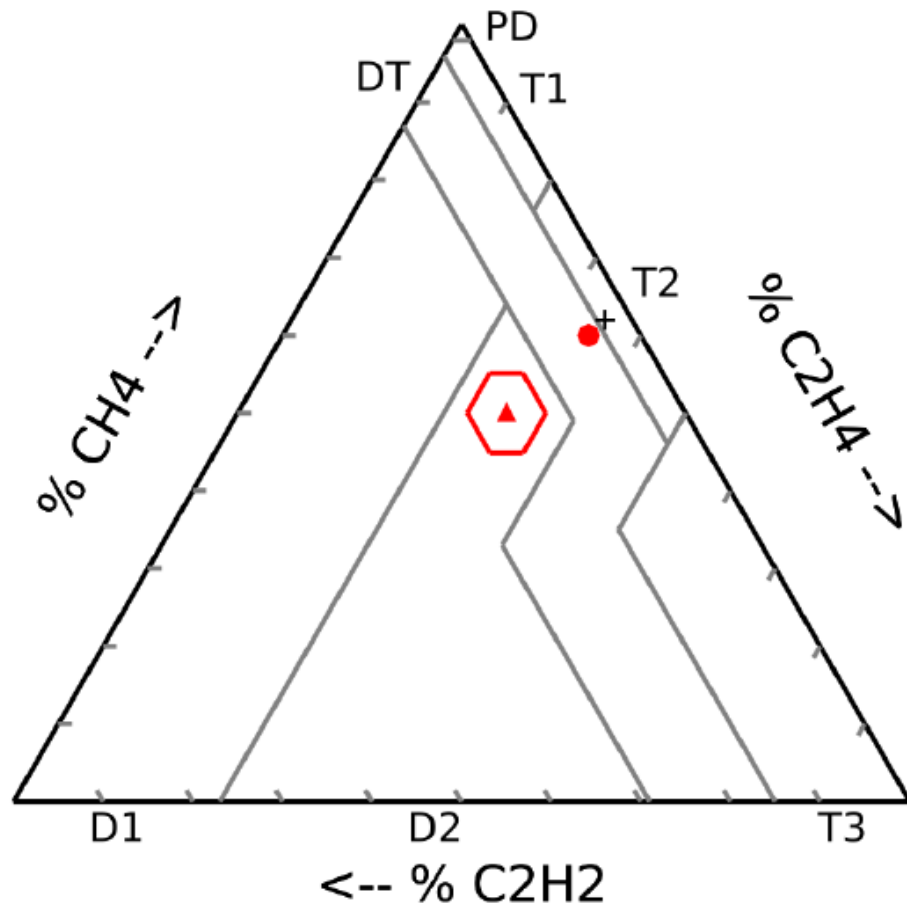
Hasznos lehet a hiba
kifejlődésének folyamata.

1. Alap: 2000-ben „+” jel (DT).
2. Köv: 2001-ben „fekete pont”.
2000-es és 2001-es majdnem =
3. 2002: **kis piros pont** DT-ben kis
gáznövekedést jelez.
4. 2004: **nagy piros pont** T3-ban
nagy gáznövekedést jelez.

Tudhattuk volna már 2002-ben,
hogy mi fog történni?

„DUVAL 1” háromszög: gáznövekedés

Increment = new gas



-Itt a kiindulási állapot (fekete + jel, az „alapvonal, maradék gáz”: metán 62ppm, etilén 35ppm, acetilén 3ppm: „+” jele a T2 zónában.

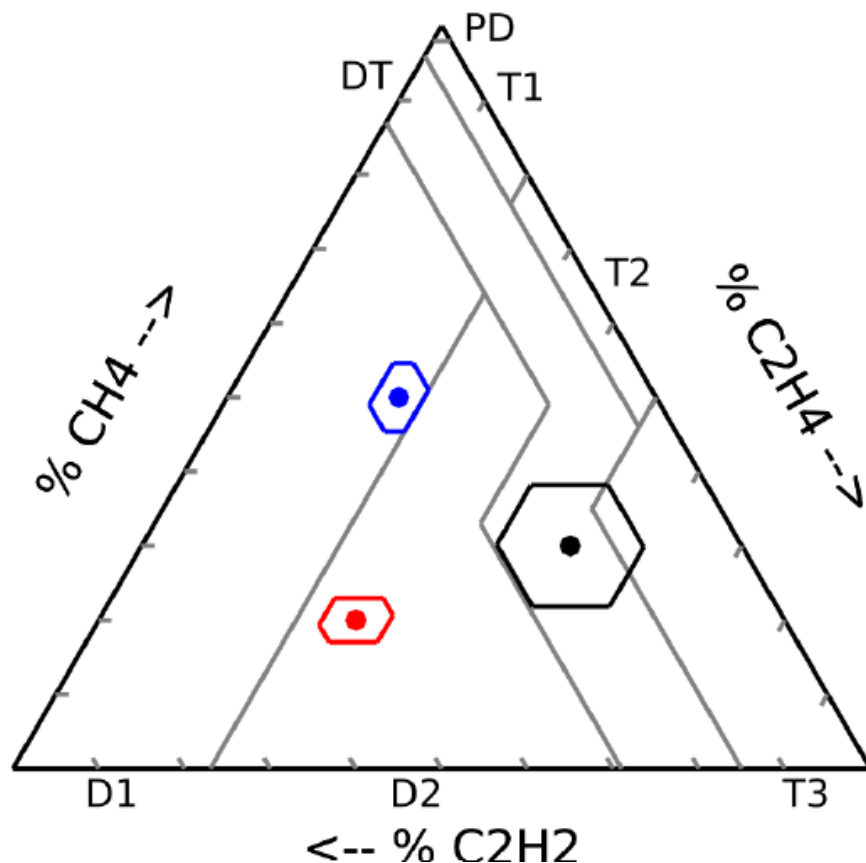
-Következő (2) minta: metán 72ppm, etilén 41ppm, acetilén 7ppm: „**píros pont DT-ben**, T2-hez közel.

-Mit jelez a most keletkezett gáz?

-Kivonva az „alapvonalat” a (2)-es mintából kapjuk a **píros hatszöget a „D2” zónában**

„DUVAL 1” háromszög: bizonytalanság

"15%" not always 15%



-Ahol mind három gáz 10pp, vagy nagyobb, a bizonytalansági zóna hasonló méretű.

-**Piros pont:** 40,60,100ppm.

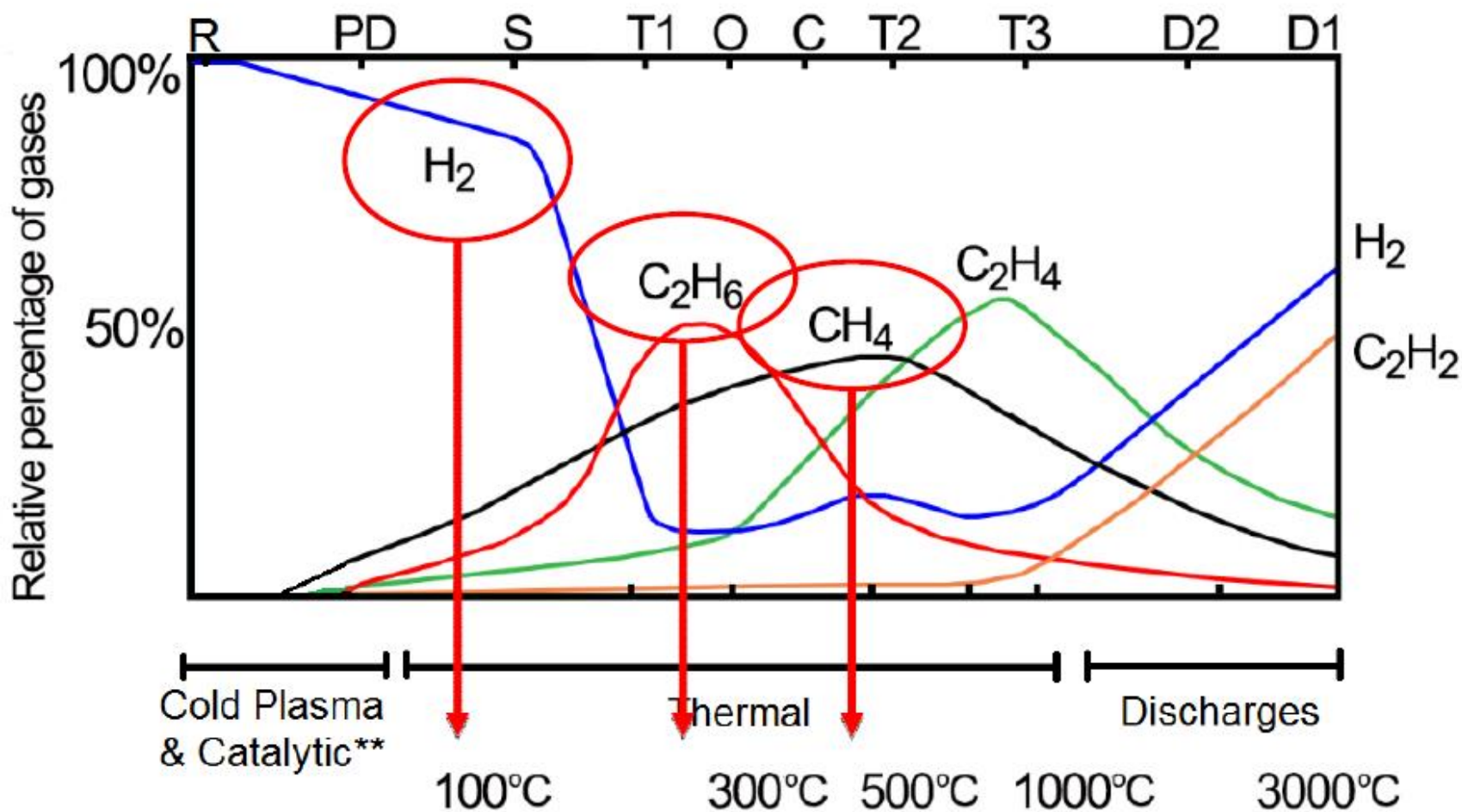
-**Kék pont:** 2000,800,1200ppm.

-Ahol a gázok 10ppm alatt vannak, a bizonytalansági zóna nagyobb (hatszög), a diagnózis bizonytalan.

-A fekete pont: 3,5,2ppm

„DUVAL 4 Δ”: Relatív gázképződés alacsony hőmérsékleten

Fault Types

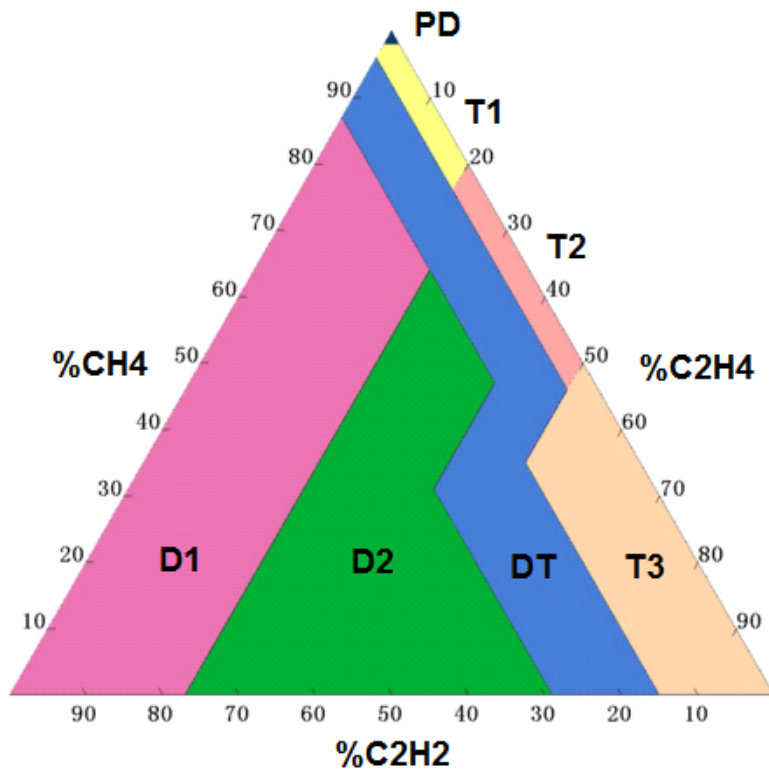


** Not related to temperature

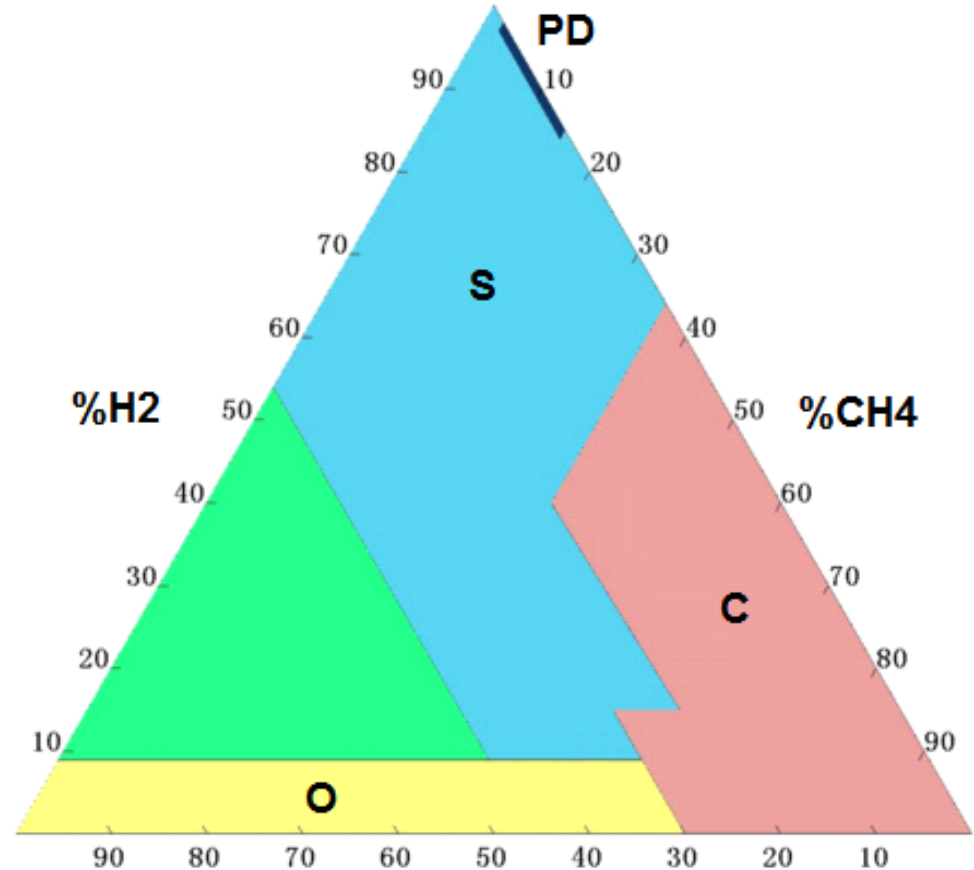
Duval 4 Δ : 1 Duval 1 Δ : T1, T2, PD esetén

Duval Δ 4: alacsony hőmérsékletű hibára: ha Duval Δ 1 PD, T1 vagy T2-t jelez, akkor jöhet a Δ 4-es és pontosítani lehet: Duval 1 Δ + C₂H₆, H₂, CH₄: azonosítható a **stray (szórt, szórvány) gáz, melegedés, szenesedés,**

Zöld terület: 200-250°



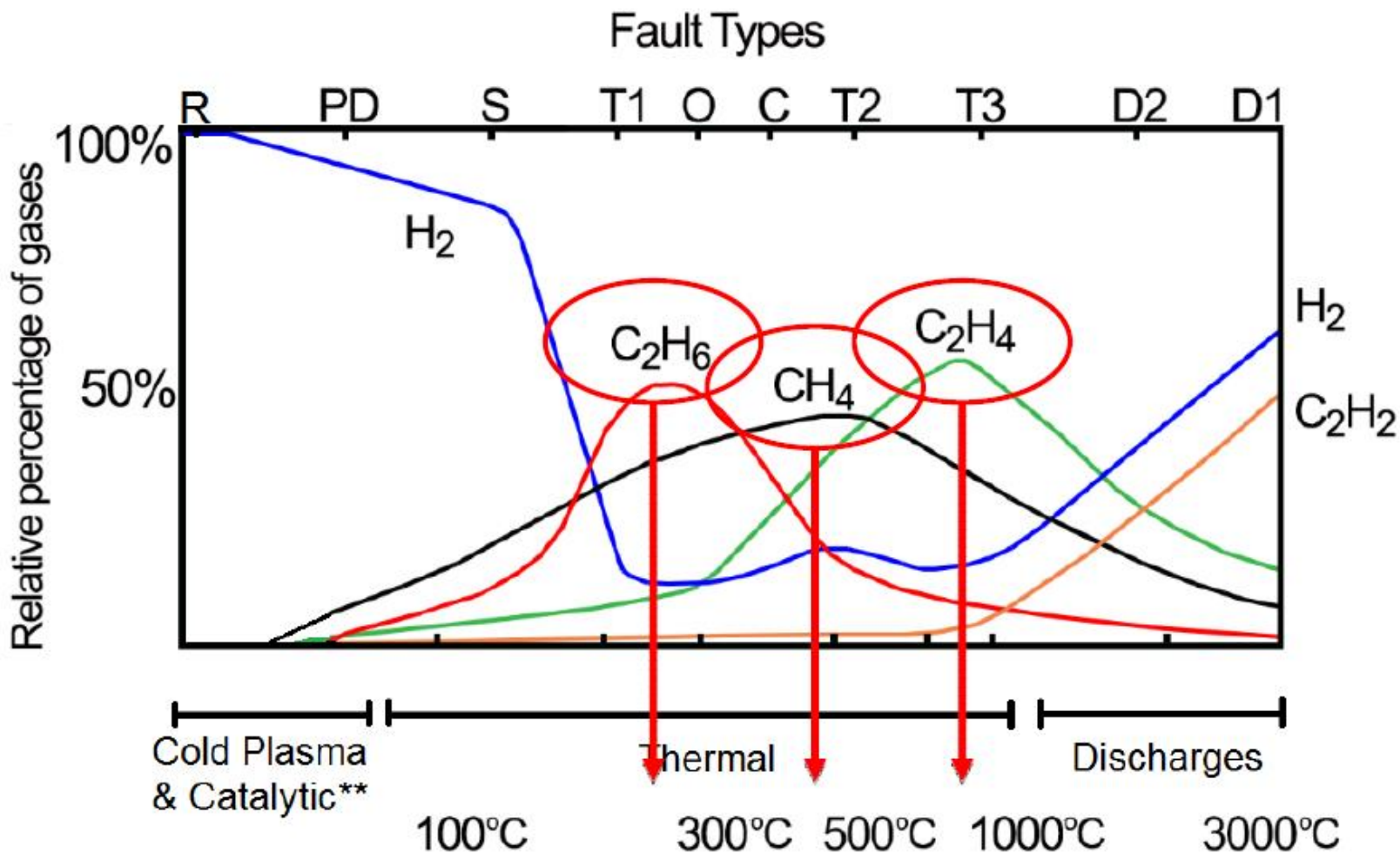
Duval Δ 1



%C₂H₆

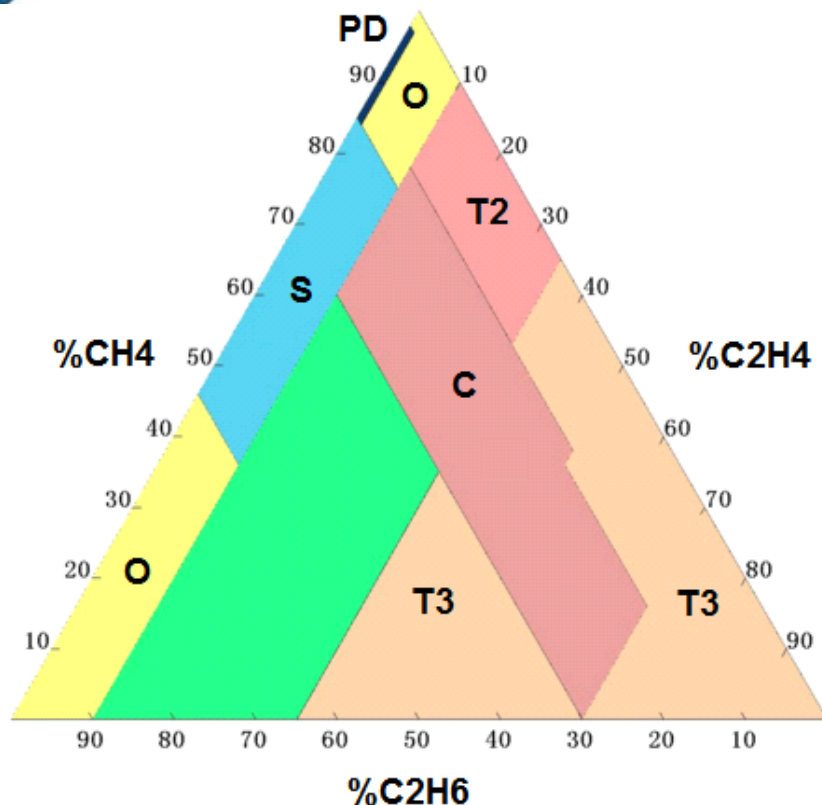
Duval Δ 4

„DUVAL 5 Δ”: Relatív gázképződés közepes hőmérsékleten



** Not related to temperature

Duval Δ 5



Ha Duval Δ 1-el T1, T2 adódik (közép T),
akkor jöhet a Duval 5 Δ

Duval Δ 5: ha Duval Δ 1 T1 vagy T2-t jelez, akkor jöhet a Duval Δ 5-es és pontosítani lehet: Duval 1 Δ + CH₄, C₂H₆, C₂H₄: **azonosítható az „O=overheating <250 °)”, „S=stray gassing <200C°”, „C=szenesedés>300°C”, ill. megerősíthető T2 és T3. a stray (szórt, szórvány) gáz, melegedés, szenesedés.**

Továbbá: a Duval 4 és 5 Δ eredmény ellenőrzésére használhatjuk a **Duval 2 ötszöget.**

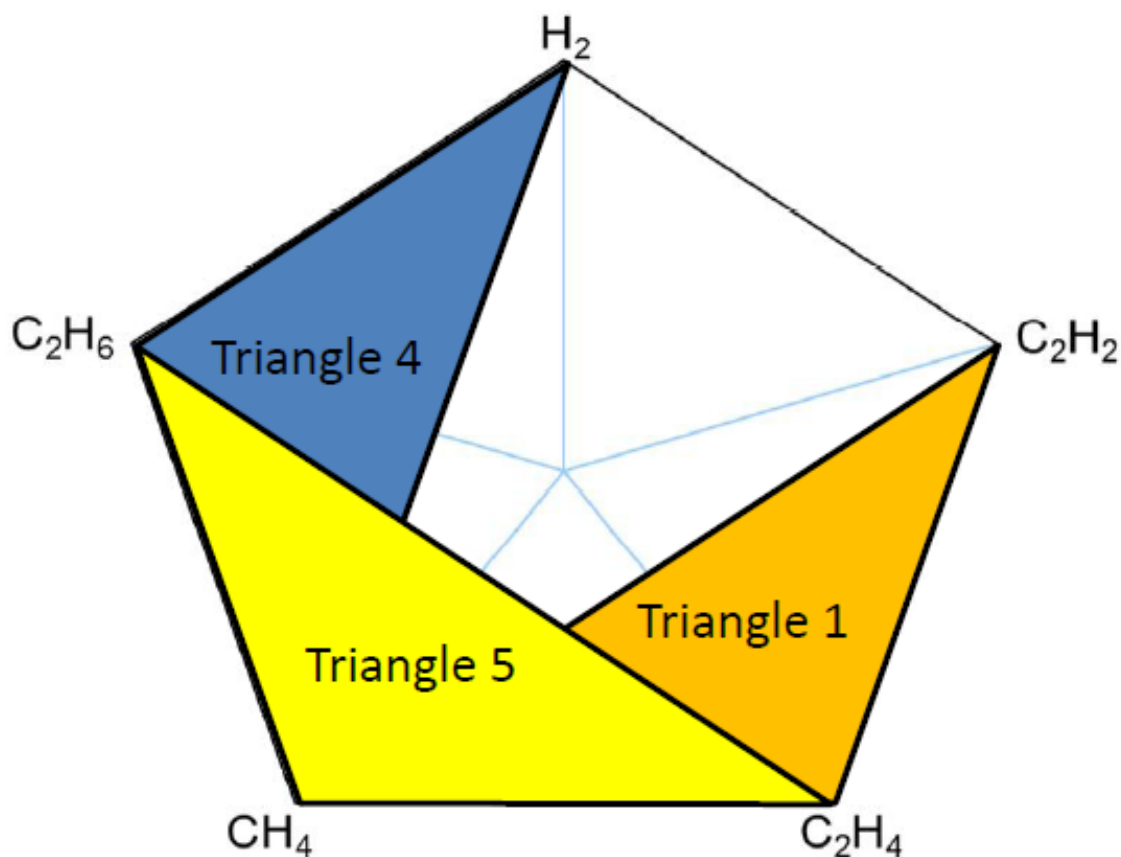
- Eddig 7 Duval háromszög fordult elő összesen 5 gázt használt:
- Duval Δ 1: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 , ásványolajra
- Duval Δ 2: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 , mint Δ 1, LTC
- Duval Δ 3: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 , mint Δ 1, más mint ásványolaj,
- Duval Δ 4: C_2H_6 , CH_4 , H_2 , mint Δ 1 alacsony hőmérsékletű hibák,
- Duval Δ 5: C_2H_6 , CH_4 , C_2H_4 , mint Δ 1, alacsony gáz értékeknél
- Duval Δ 6: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 , mint Δ 1, F3-ra, alacsony hőmérséklet,
- Duval Δ 7: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4 , mint Δ 1, de F3-ra

2014-ben bevezetve a Duval Δ 1, Δ 4 Δ 5 kombinációja

- 5 gáz: H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 ,
- Pentagon 1: „klasszikus” hibazóna kijelölés,
- Pentagon 2: „modern” hibazóna kijelölés,

„DUVAL Pentagonok”: Duval $\Delta 1$, Duval $\Delta 4$ és Duval $\Delta 5$

Duval Pentagon



Duval $\Delta 1$: C_2H_2 , CH_4 , C_2H_4

Duval $\Delta 4$: C_2H_6 , CH_4 , H_2

Duval $\Delta 5$: C_2H_6 , CH_4 , C_2H_4

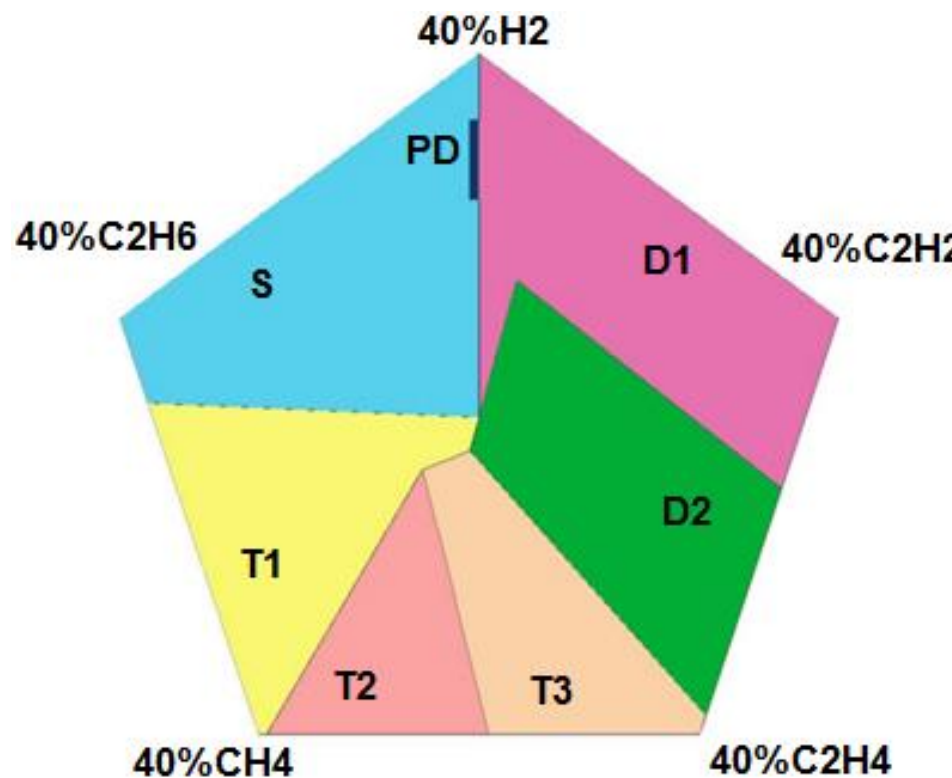
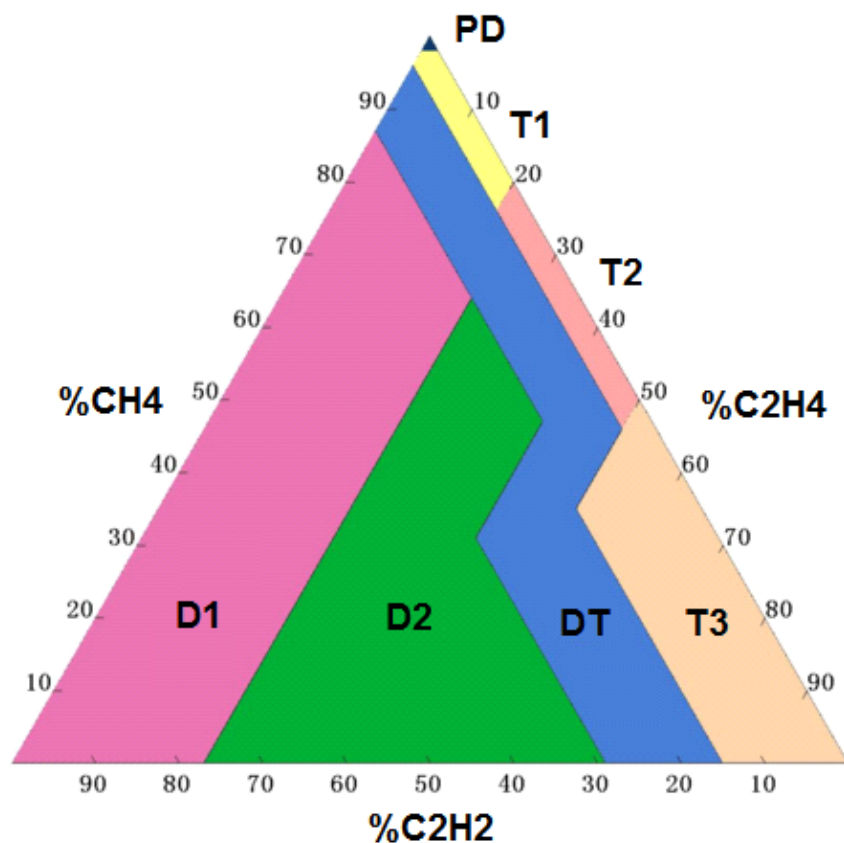
H_2 , C_2H_6 , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 .

Duval Δ 1:

metán, acetilén és etilén

Duval ötszög 1:

metán, acetilén, etilén, + etán, hidrogén



HGA kiértékelések fejlődése: CIGRE WG D1/A2.47

CIGRE D1/A2 WG-k folyamatosan publikálnak HGA kiértékelés „javításokat”, jelenleg CIGRE WG D1/A2.47

Legutolsó TB 2019-ben: 771 (Advances in DGA interpretation)

Többek között: tipikus és nem tipikus hibák, Duval 1, 4, 5 háromszögek, Duval 1 és 2 ötszögek, különböző kiértékelési eljárásokat, definíciók felelevenítése, pontosítása, egyre több online monitoring adat,

Több, mint 330.000 adatos HGA adatbázis:,

CIGRE WG D1/A2.47: Németh Bálint, adatbázis elemzés: gázsztint kalkuláció hibák egyediségére. 335.000 adatból D1, T1, T2 és T3 alapesetek kiválasztása és tipikus értékek számítása (90%).

90% typical gas levels re-calculated for each specific type and location of fault, using the DGA database of WG 47 (335,000 DGA results), separated into the 10 sub-databases of faults with Triangles 1, 4, 5. (Example from Excel)

	Number of Cases	Percentille	H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	CO	CO2	O2	N2
Whole database	337800	90	118	85	111	56	5	700	6300	27500	81343
Fault Condition	Number of Cases	Percentille	H2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	CO	CO2	O2	N2
D1	26483	90	160	22	13	30	136	504	3980	28267	79700
T1	47164	90	210	163	314	20	1	784	7820	11624	82838
T2	28388	90	180	151	246	75	1	909	9507	12965	86994
T3	72989	90	84	76	66	221	3	783	7668	29200	82514

- corresponding pre-failure and intermediate 1, 2 gas levels were then re-calculated for each type and location of fault.

A hibák súlyossági sorrendje

- Stray (szórt) gáz az olajban (S)
- Korona (PD)
- Melegedés $< 250^{\circ}\text{C}$ (O)
- Alacsony hőmérséklet a papírban $< 180^{\circ}\text{C}$,
- Magas hőmérséklet csak az olajban (T3-H),
- Ívelés, szikra D1 az olajban,
- Papír szenesedés (C) a bekötéseken,
- Papír szenesedés a tekercsekben,
- Papír szenesedés a menetek között,
- Ívelés, szikrázás D1 a papírban,
- Ívelés D2 a tekercsekben,

Fő cél a kockázat becslése, ehhez ismerni kell a hibák típusát, helyét, súlyosságát. Legveszélyesebb a papírban lévő D2,D1, T3, T2, ill. az olajban lévő D2. A stray gáz és a PD kevésbé veszélyes.

FAULT	IN PAPER		IN OIL	
	Main products formed	Prob. of failure	Main products formed	Prob. of failure
D2	C, C ₂ H ₂	Very high	C ₂ H ₂ , C	Very high
D1			C ₂ H ₄ , C	Moderate
T3				
T2	C, CH ₄	High	CH ₄	Low
T1, O	C ₂ H ₆ , CO	Moderate	C ₂ H ₆	Very Low
Corona PD	H ₂	Low	H ₂	
S, T<200°C Aging	CO ₂ Furans, alcohols Low DPs of paper	Very Low		

Online HGA monitoring rendszerek

Gázkinyerések, méréstechnikák

- **Online HGA monitoring** rendszer nem csak a határértékek átlépését jelzik,
- **Több gáz** esetén majdnem folyamatos (1-4 óránkénti) állapot kijelzés.
- **Új értékelési rendszerek+online monitoring:** akár **93%** pontosság,
- **Online HGA** rendszer olyan információt adhat, ami **hiányzik** a laboratóriumi eredményekből.
- **Hordozható HGA mérő rendszerek:** azonnal válasz a hibára.
- A HGA monitoring rendszerek **különböző gázkinyerő módszereket és különböző mérési technikákat** használnak (előny, hátrány).
- **Gázkromatográf:** legkomplettebb, gázkinyerés lehet membrános vagy vákuumos. Hátrányuk: **vivőgáz** és **kalibráló gáz** szükséges.
- **Méréstechnika:** infravörös technika, közvetlen abszorpció vagy fotóakusztikus módszer, egyéb szenzor. Nincs vivő és kalibráló gáz, de a H₂, O₂ vagy N₂ mérésére **más szenzort kell alkalmazni**. A **második csoportba tartozó monitoring** rendszerek **membránt vagy „headspace” módszert** alkalmaz gázkinyerésre.

Online gázmonitorig rendszerek

Extraction Method	Gas measurement technology	Advantages	Limitations
Membrane, Vacuum	Gas Chromatography	Very similar to standardized techniques (IEC, ASTM). Separation of signals to avoid interferences Automated recalibration with on-board calibration gas	-Carrier gas (He) and calibration gas need to be replaced ~every-2-4 years, GC columns must be replaced typically every 3 to 5 years -Potential for carrier gas to leak into transformer ⁴ -Requires management of compressed gas cylinders.
Membrane, Vacuum, Direct headspace	Infra Red radiation (direct absorption or photo-acoustic)	No consumable gases No compressed gas cylinder	Other sensors required to measure H ₂ , O ₂ , N ₂ Some models sensitive to contamination by oil vapours, leading to inaccuracy over time and the need for recalibration. In some models, accuracy is degraded by interfering compounds present in the oil and/or the ambient air.
Membrane, Direct contact with oil	Thermal conductivity cell	No consumable gases.	-H ₂ and CO only
	Electrochemical cell		Composite gas signal
	Metal-oxide sensors		-H ₂ and CO only, limited accuracy
	Metal film sensors		-H ₂ only,

Detektálható hibák: a mért gázok számától függ.

M8/M9 teljes diagnosztikát ad, megkülönbözteti mind a 10 hibát.

M6 és M7 detektálhatja mind a 10 hibát, de 6 gáz esetén nem lehet a papírhibát detektálni.

Az M2, M1 és M* monitoring rendszerek csak figyelmeztetés adhatnak, a 10 hibát nem tudják felismerni, valamint a D1 és D2 hiba csak magas gáztartalom esetén detektálható.

M2, M1 és M* a hidrogén keletkezést detektálják, így a hiba típusát nem azonosíthatják be, így a „tipikus” H2 küszöbértéket kell beállítani (100ppm), ezért ez nem detektálja a D1 és D2 íveléseket korai állapotban (H2~6ppm), ugyanez mondható T3, T2, T1 (~10ppm) hibákra is.

Ennek ellenére az árak miatt ezek elég népszerűek

Online HGA monitoring által detektálható hibák

Application	Type of monitor	Gases	Faults Possible to Identify	Faults not Possible to Identify
Fault Diagnostic	M8/(M9)	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ CO, CO ₂ , O ₂ , (N ₂)	all 10 faults in table 2.2, at an early stage	none
	M6/(M7)	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , CO, (CO ₂)		faults in paper very often are not detected correctly with CO only, with M6, M5 and M2
	M5	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , CO	the 6 basic faults* only	the 5 sub-types of faults*.
	M3	CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂		
Fault Detection	M2	H ₂ , CO	none of the 10 faults can be identified.	may not detect faults D1, D2 in their early stages, only in their late, sometimes catastrophic stages
	M1	H ₂		
	M1*	Composite reading of H ₂ and other gases		

*A 6 alaphiba a **Δ1** és ötszög 1 (PD, D1, D2, T3, T2 T1), az öt alaphiba **Δ4** és **5**, ötszög **2** (T3 olajban, C, O, S, PD)

Melyik monitoring melyik trafóra?

- **A drága M7/M8/M9** monitoring rendszer használata lenne **kívánatos, főleg a kritikus trafókra** (generátor, atomerőműi), amikor a gázképződés nem normál módú és azonnali beavatkozásra lenne szükség.
- **Az olcsóbb M6/M1/M3** berendezéseket a **fontosabb a trafóknál** lenne kívánatos alkalmazni, ahol még nincs azonnali beavatkozásra szükség (a papír érintettség megállapítására olajminta labor vizsgálata szükséges).

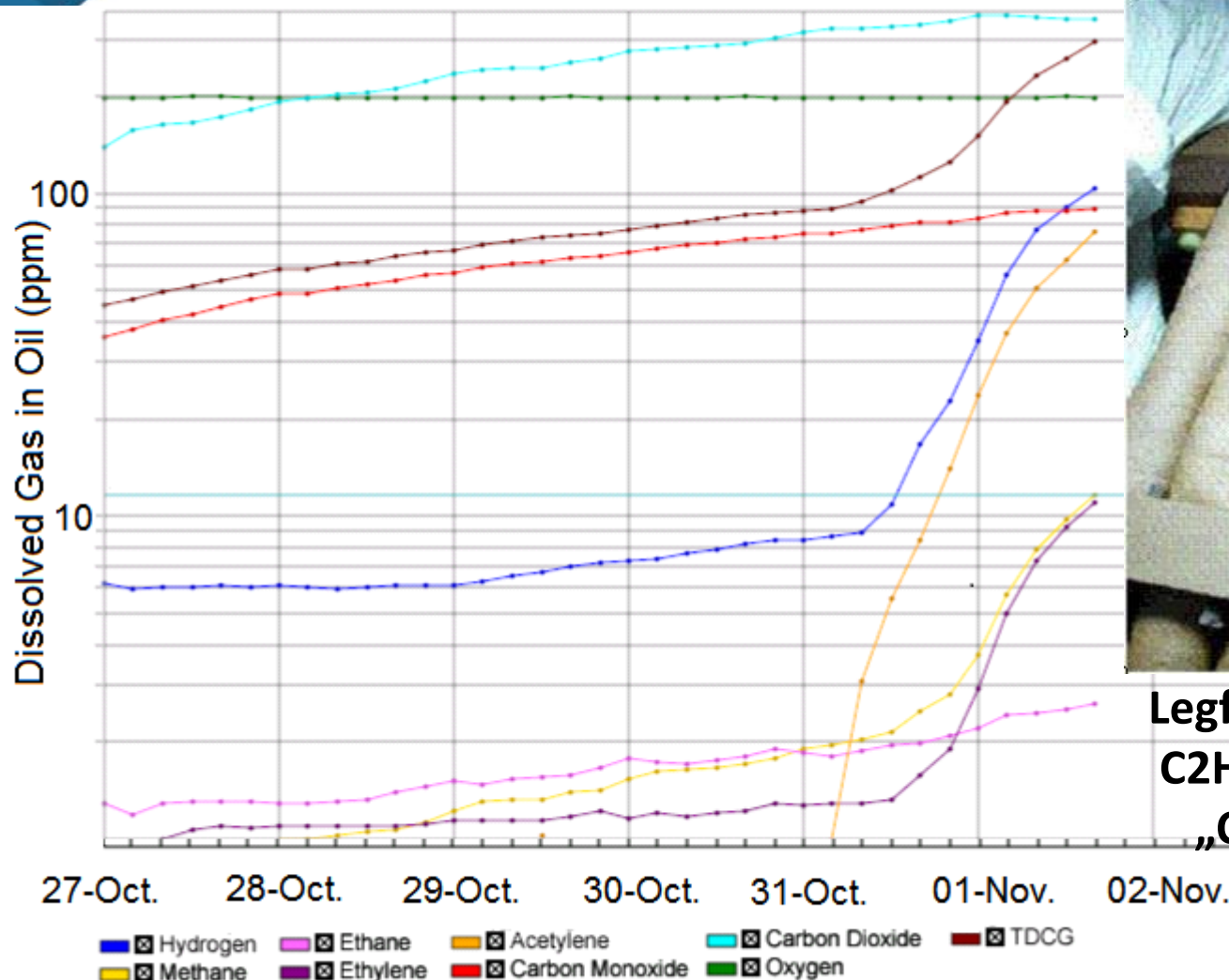
Melyik monitoring melyik trafóra?

Type of monitor	Gases	Transformers
M7/M8/M9	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ CO, CO ₂ , (O ₂), (N ₂)	-all transformers, including critical ones (GSU, nuclear) and those already gassing abnormally, requiring immediate action
M6	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ CO	-critical and gassing transformers not requiring immediate action (oil sample required to confirm paper involvement).
M5	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂ , CO	
M3	CH ₄ , C ₂ H ₄ , C ₂ H ₂	
M2	H ₂ , CO	-not critical transformers and not already gassing transformers (oil sample required).
M1	H ₂	
M1*	Composite reading of H ₂ and other gases	

Online monitoring rendszerrel detektálható a hirtelen megjelenő hiba?

- **Az online monitoring rendszerek különböző mintavételezéssel rendelkeznek: 20 perctől 8 óráig, rendszertől és beállítástól függően.**
- **A bemutatott példa egy gyors gáznövekedést mutat, amelyet a kivezetés papírszigetelésének elszenenedése okozott (C hiba).**
- **Mint látható, a mintavételezési idő 4 óra (6 mérés naponta) és ez megfelelő gyakoriság, hogy a gáznövekedés dinamikáját követhessük.**

Online monitoring: detektálható a hirtelen megjelenő hiba?



Legfontosabb keletkező gáz a C_2H_4 , legalábbis a veszélyes „C” hibánál (szenesedés, $>300C^\circ$)

HGA költségek, elérhető megtakarítások

- Az alábbiakban különböző HGA technikák költségei egy **2000-es trafó populációra** kerültek számításra, ahol a **meghibásodás évente 0,3%**, a **katasztrofális meghibásodás pedig 0,04%** évente.
- Ha **nincs HGA technika**, a **meghibásodások nem kerülhetőek el.**

- Ha csak labor HGA van, évente 2 hiba kerülhető el, 7M\$ takarítás.
- M1 és M2 esetén 4 hiba kerülhető el, megtakarítás 13M\$.
- A többet tudó M3 – M9-e monitoring készülékek 5-6 hiba/év elkerülést tesznek lehetővé, 18M\$ megtakarítás, sőt 24M\$, ha katasztrofális hibát kerültünk el.
- Így a monitoring használata hasznosnak és gazdaságosnak tűnik.

DGA Monitoring Technique Used	Number of Avoided Failures per Year	Avoided Costs in M\$ per Year
None	None	None
Laboratory DGA	2	7
Monitors M1, M2	4	13
Monitors M3 to M9	5 (+0.8)	18 (+24)

Ajánlott „TUTORIAL” esetek a WG A CIGRE WG D1/A2.47 alapján

- **STRAY gázok (90-200°C között)**
- **PD**
- **Melegedés <250°C (O)**
- **Alacsony hőmérsékletű hiba <180°C**
- **Magas hőmérsékletű HOT SPOT csak az olajban (T3-H)**
- **Ívelés csak olajban (D1)**
- **Kivezetés papír szigetelésnek szenesedése (C)**
- **Tekercs papír szigetelésnek szenesedése (C)**
- **Menetek közötti papír szigetelésnek szenesedése (C)**
- **Ívelés csak papírban: D1 és D2**
- **Papírhiba detektálása CO és CO₂-vel**
- **O₂/N₂ arány tipikus értékei és tipikus hibák**
- **Tipikus értékek szélerőműves trafóknál**
- **Tipikus értékek átvezetőknél**
- **Hibadetektálás OLTC-nél HGA-val**



Konklúziók

- A HGA a legjobb **diagnosztikai módszer** a belső hibák feltárására, de ehhez **megbízhatónak kell**
- A hibák nagy részét **már korai állapotban jelzi**, esély a katasztrofális hibák elkerülésére, de a HGA alkalmazáshoz nagy és **alapos ismeretanyagra** lenne szükség.
- Az **offline HGA** rendszerhez képest az **online változat hatékonysága jelentős.**
- Világszerte **1 millió HGA évente mintegy 400 laborban,**
- Egyes HGA kiértékelések **egyedül „nem elég pontosak”, új értékelési rendszerek+online monitoring:** akár **93%** pontosság,
- Viszonylag nagy és **alapos ismeretanyagra** lenne szükség,
- **Gyors fejlődés,** új kiértékelések, de **„protokollok” gépies használata** még nem elegendő a megbízható diagnosztikához, **állandó követés** szükséges,
- A „követésre” elengedhetetlen a **folyamatos tanulás,** legalább **egy szakértőnek mélyebb ismeretekkel** kell rendelkezzen. **TUTORIAL**

**Köszönöm a
figyelmet!**

