



# Offline/online HGA diagnosztika hatékonyságának növelése különös tekintettel a különböző technikák együttes használatára - 2024

**Csépes Gusztáv, Diagnostics Kft**

*XXII. Szigetelésdiagnosztikai Konferencia, Bükfürdő, Greenfield Hotel, 2024. április 24-26.*



## Tartalomjegyzék

- 1. Az előadás célja, HGA téma 2024-es aktualitása**
- 2. Fontosabb HGA alapok-2024**
- 3. HGA diagnosztikai kiértékelések-2024**
- 4. Duval diagnosztika**
- 5. Konklúziók**



# Az előadás célja, HGA téma 2024-es aktualitása



## A HGA fontossága, a téma 2024-es aktualitása

- A **HGA** (hibagáz analízis) a trafó diagnosztika egyik **legfontosabb** területe.
- Valószínűleg a HGA **leghatékonyabb** trafó hibajelző eszközünk.
- Világszerte **évente 1 millió HGA eredmény születik mintegy 400 laborban**.
- Rengeteg adat és tapasztalat keletkezik, tanulmányok tömege jelenik meg évente.
- **Gyors fejlődés**, újabb és újabb kiértékelések → **állandó követés** szükséges.
- Nemzetközi tapasztalatok szerint az egyes HGA kiértékelések **egyedül „nem elég pontosak”, de több módszer együttes alkalmazásával a hatékonyság növelhető**.
- **Offline diagnosztikák + online monitoring**: → akár kb. **93%-os !!!** pontosság is elérhető.
- Ha létrehozunk egy saját offline+online monitoring+szakértői rendszer: mindig a **legújabb szakértői tudás kerülhet tárolásra, benne alapos ismeretanyag tárolva** (szakértői adatbázis), nem okoz nagy fentakadást, ha egy szakértő távozik.



- Új eredmények **szabványosítása viszonylag gyors, de az óriási szakirodalmi megjelenés és a gyártók folyamatos publikációi miatt nehéz a „követése” és az „eligazodás”.**
- A HGA-t világszerte használják, **számos becslési algoritmus került kifejlesztésre** (szabványok, útmutatók, „expert system”, stb.).
- Egy-egy módszernél **mindig a lehetőségekről (előnyökről)** esik szó, de a hátrányokról, a végeredményt befolyásoló” **tényezőket kevésbé „tudatosítják”.**
- Mindegyik HGA módszernek van **előnye, hátránya.** Van olyan eset, amikor az egyik HGA diagnosztika kis pontossággal, amíg egy másik **erőteljesebben jelzi a hibát.**
- Jó tudni, hogy egy **új szabvány nem írja felül a régit, a már „nem hatályost”.**
- Tehát az új szabványok megjelenésével a régi **„nem hatályos” szabványok nem „kidobandók”, még jelentős műszaki értékkel bírnak (MSZ 352!!!), párhuzamosan használhatók.**



- Az egyes HGA technikákban sok a közös, de sokszor jelentős eltérés, de mindegyik különbözik egy kicsit a másiktól, **nem könnyű áttekinteni a tulajdonságaikat, nem árt a segítség a felhasználóknak.** Ehhez **minél több alapismeretre** van szükségünk.
- Tudni kell, hogy amikor a szabványok részletes hibajelzéseket tesznek, **ezek „gépiesített” valószínűségi értékek.**
- **Az előadás célja: CÉLIRÁNYOSAN néhány terület, amelyek nap kaptak olyan figyelmet,** rövid, közérthető áttekintése, figyelemfelhívás más alapjelenségekre, fontos útmutatókra, szabványokra, az újdonságokra, ill. azok követésére.
- **Segítség a szükséges HGA** kiértékelések kiválasztására, a HGA technikákkal kapcsolatos **misztifikálás csökkentésére.**
- Egy-egy szakértőnek **néhány 10, esetleg 100 „saját trafós”** tapasztalata van, de egy nagy, nemzetközi **adatbázis is rendelkezésre állása megkönnyítheti a dolgunkat.**



- **Tapasztalatszere!!!** A „követésre” elengedhetetlen a folyamatos tanulás, folyamatos továbbképzés, egy cégnél, **legalább egy szakértőnek mélyebb ismeretekkel kell rendelkeznie.**
- A diagnosztikai konferenciákon (nálunk is), rendszeresen előfordulnak „összefoglaló, áttekintő” előadások, de csak rövid időtartammal (20-30 perc).
- Újabban divatba jöttek a hosszabb oktató előadások, főleg a web-en (Tutorial).
- Emlékezendő: egyszer volt egy hosszabb **RVM „tapasztalatszere” (TUTORIAL): Göd, 2013. január 17.),** elég nagy sikerrel.
- Célszerű lenne az **alapok 30 percnél hosszabb (konzultációs jellegű) áttekintése, pl. egy napos),** és valószínűleg a műszergyártók is szívesen részt vennének speciális előadásaikkal.
- A gödi RVM „TUTORIALHOZ” hasonlóan itt is a „humán diagnosztikát” kellene alapul venni: alaposan áttekinteni a szigetelés felépítését, a szigetelés „egészséges” és „beteg” állapotát, a normál és túligénybevételeket, a szigetelés reakcióját, stb., **azaz a HGA-nál is jól kell ismerni az alapvető folyamatokat és a lehetséges diagnosztikákat.**



## Röviden a HGA diagnosztika jellegéről - 2024

- A trafó egy **drága** berendezés, **nagyon komplex** egység, az olaj-papíros szigetelés egy nagyon **összetett szerves anyagokból álló rendszer**, a hálózat többi berendezéséhez **képest jóval kifinomultabb diagnosztikát igényel**.
- A megfelelő diagnosztikához **kompetens szakemberek szükségesek**.
- A nagymennyiségű adat összegyűjtését és „elő kiértékelését” lehet „gépesíteni”, de rendkívül összetett folyamatok végső áttekintéséhez kell legalább egy **speciális felkészültségű szakember**.
- **A specialistának nemcsak HGA ismeretekkel** kell rendelkeznie, ismerni kell a rendszer felépítését, belső tulajdonságokat, üzemi viszonyokat, az egység üzemi múltját, gyári átvételi mérések eredményeit, bár HGA kiértékelést végzünk, azért ismerni kell a többi diagnosztika eredményt, ismerni kell az egymásra hatásokat, stb.
- **Egy többéves gyakorlatú és tapasztalatú, jó specialistának** megérzése van, a szabványok „mögé lát”, a rendelkezésre álló adatokból a „gépies” kiértékeléshez képest **totális komplex becslést ad, megfelelő konzekvenciákkal**.





- A **specialista különböző HGA kiértékelések párhuzamba állításával, összevetésével, a konfliktusok feloldásával tud felülkerekedni a nehézségeken.**
- **Alapismeretek hiányában, ill. inkorrekt adat esetén, hibás kiértékelés születhet.**
- A specialista tudja jól felmérni az adatok megbízhatóságát, tudja, hogy mi történik, ha az egyik, vagy a másik adat kisebb vagy nagyobb, mint kellene (mérési hiba).
- Kell a hatékony diagnosztika, de szakemberek is kellene hozzá....
- **A jó szakember (specialista) a komplett képet látja és értékeli. Látja a fától az erdőt is. Látja a rendszer komplexitását, nem veszik el a sok adat és információban.**
- **A „hosszabb bevezetés” után a mai előadás célja: néhány kiemelt téma rövid, időszerű áttekintése, amelynek hosszabb változata a „DIAGNOSTICS” honlapján lesz elérhető.**



# Fontosabb HGA alapok-2024



## Főbb szakirodalmi források

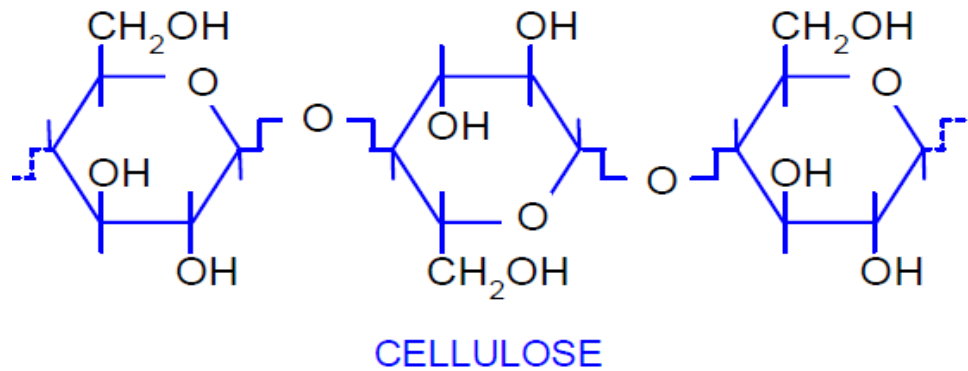
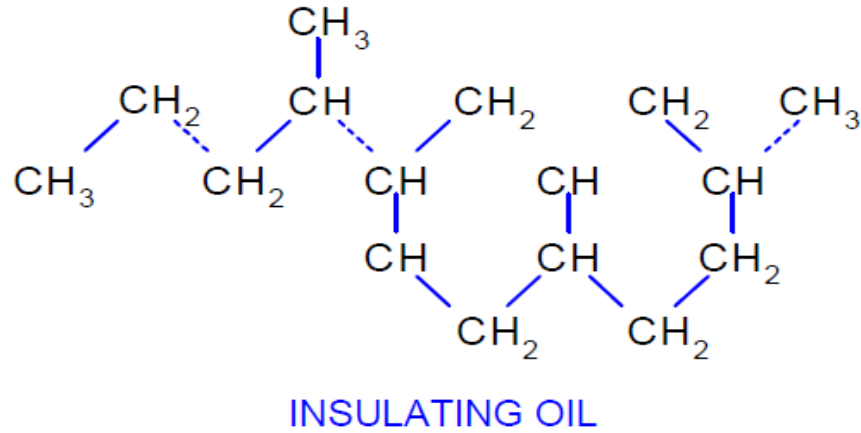
1. **CIGRE TB 771-2019: Advances in DGA interpretation (WG D1/A2)**
2. **CIGRE TB 783-2019: DGA monitoring systems** (WG D1/A2.47 (M. Duval convenor, I. Bocsi secretary, M. Szebeni, B. Németh))
3. **Transformers Magazine Special Edition: Digitalization – 2020 Demystifying online DGA monitor specification**
4. **IEEE C57.104-2019:** IEEE guide for the interpretation of gases generated in oil-immersed transformers.
5. **IEC 60599:2015:** Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis.
6. **ISH 2019-BUDAPEST:** Advances in DGA interpretation & DGA monitoring systems, Jerzy Buchacz, Michel Duval CIGRE WG D1/A2.47



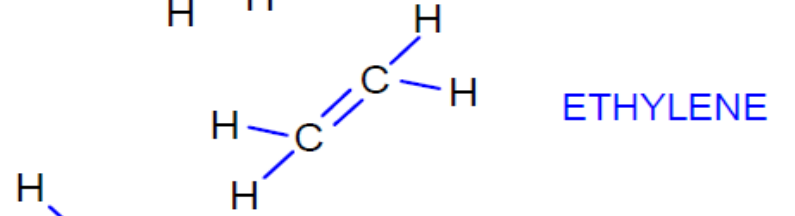
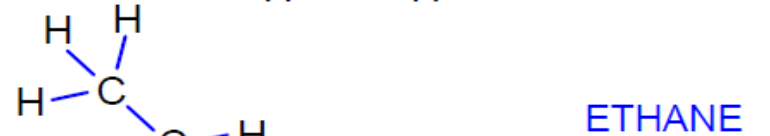
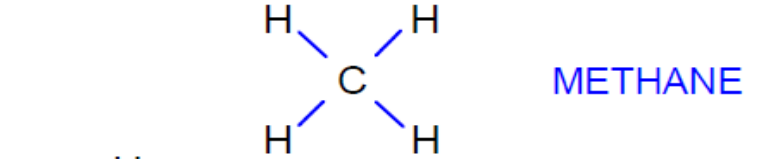
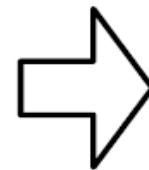
- **Mi is a HGA? Hiba Gáz Analízis:** az angol kifejezés „találób”: DGA: Dissolved Gas (in oil) Analysis
- **Honnan vannak gázok az olajban:** a villamos szigetelés (olaj, papír) bomlásából származnak meghibásodás vagy kémiai reakciók következtében.
- Olaj szénhidrogén molekulái H-t és C-t tartalmaznak, a papír cellulóz molekulákat, amelyek kémiai kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.
- Gázok keletkeznek a termikus és villamos igénybevételektől, valamint az oxidációtól. Új struktúrák jönnek létre, számos bomlástermékkel.
- A keletkező gázokat a hibákon kívül **számos paraméter befolyásolja.**
- Ha ismerjük jól az alapvető folyamatokat, akkor tudhatjuk azt is, hogy az adat megbízható-e vagy nem (hihetőség?), vagy hogyan lehet javítani az adatot?



**Nagyon fontos az olaj/papír külső behatásra történő bomlása: az olaj szénhidrogén molekulái H-t és C-t tartalmaznak, a cellulóz még O<sub>2</sub>-t is (H, C, O). A bekövetkező változások rendkívül összetettek.**



Arcing  
Overheating  
Surface discharge  
Circulating current

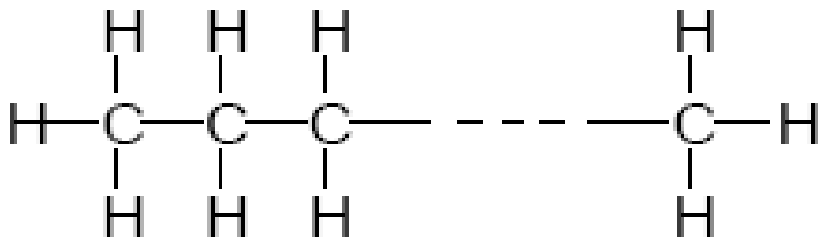




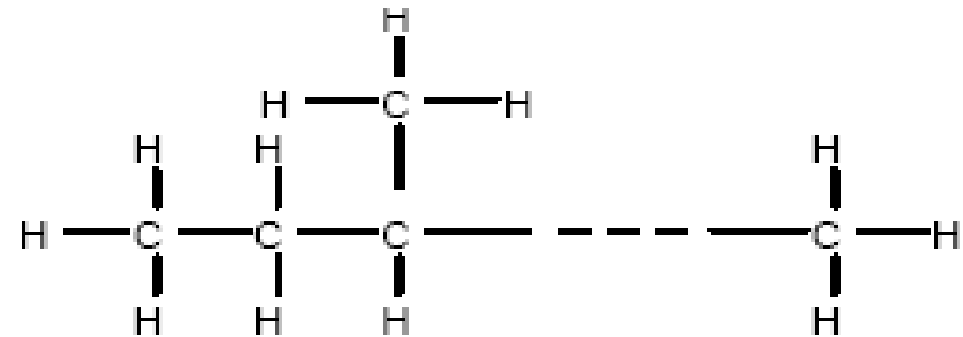
## A bázisolajok tulajdonságainak figyelembe vétele HGA diagnosztikánál

A trafóolajok tulajdonságát (fizikai, kémia, villamos, stb.) főleg az őket alkotó szénhidrogéncsoportok mennyisége, egymáshoz viszonyított aránya határozza meg.

Paraffinos származékok,  $C_p\%$  (egyenes, vagy elágazó), vegyileg stabilisak, öregedés szempontjából ez jó tulajdonság.



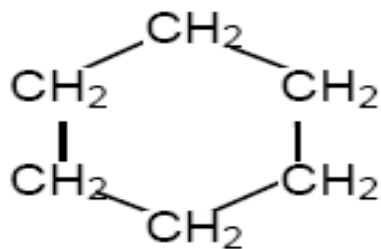
normal-paraffins



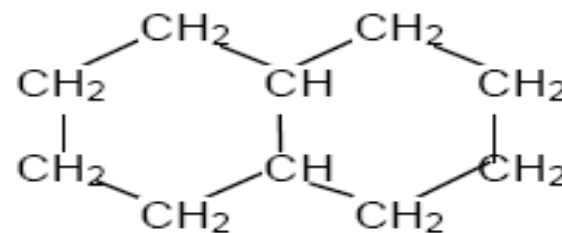
iso-paraffins



**Nafténes származékok,  $C_N\%$ :** telített (nincs kettőskötés) szénhidrogén, de nem egyenes, hanem gyűrűs szénláncú. A telítetlen szénhidrogének jobban öregednek.

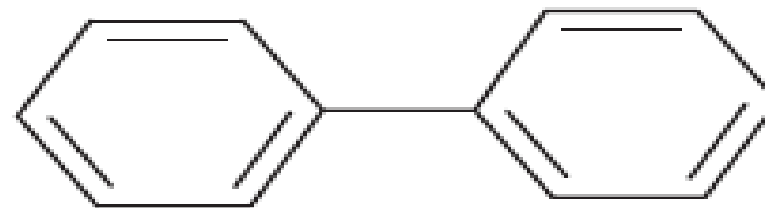
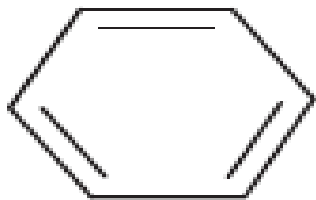


cyclohexane



decalin

**Aromás származékok, ( $C_A\%$ ):** egy vagy több benzolgyűrűs szénhidrogén oldalláncokkal: gyűrűben szénatomok között három egyszeres, három kettős kötés.





„Parafinos, vegyes és nafténes” jellegű trafóolajok tipikus parafin, naftén és aromás tartalma.

**Table 1: Crude compositions**

<i>Hydrocarbon</i> <i>type</i>	<b>Crude type</b>		
	<b>Paraffinic</b>	<b>Mixed</b>	<b>Naphthenic</b>
Paraffinic	60	40	20
Naphthenic	25	40	65
Aromatic	15	20	15





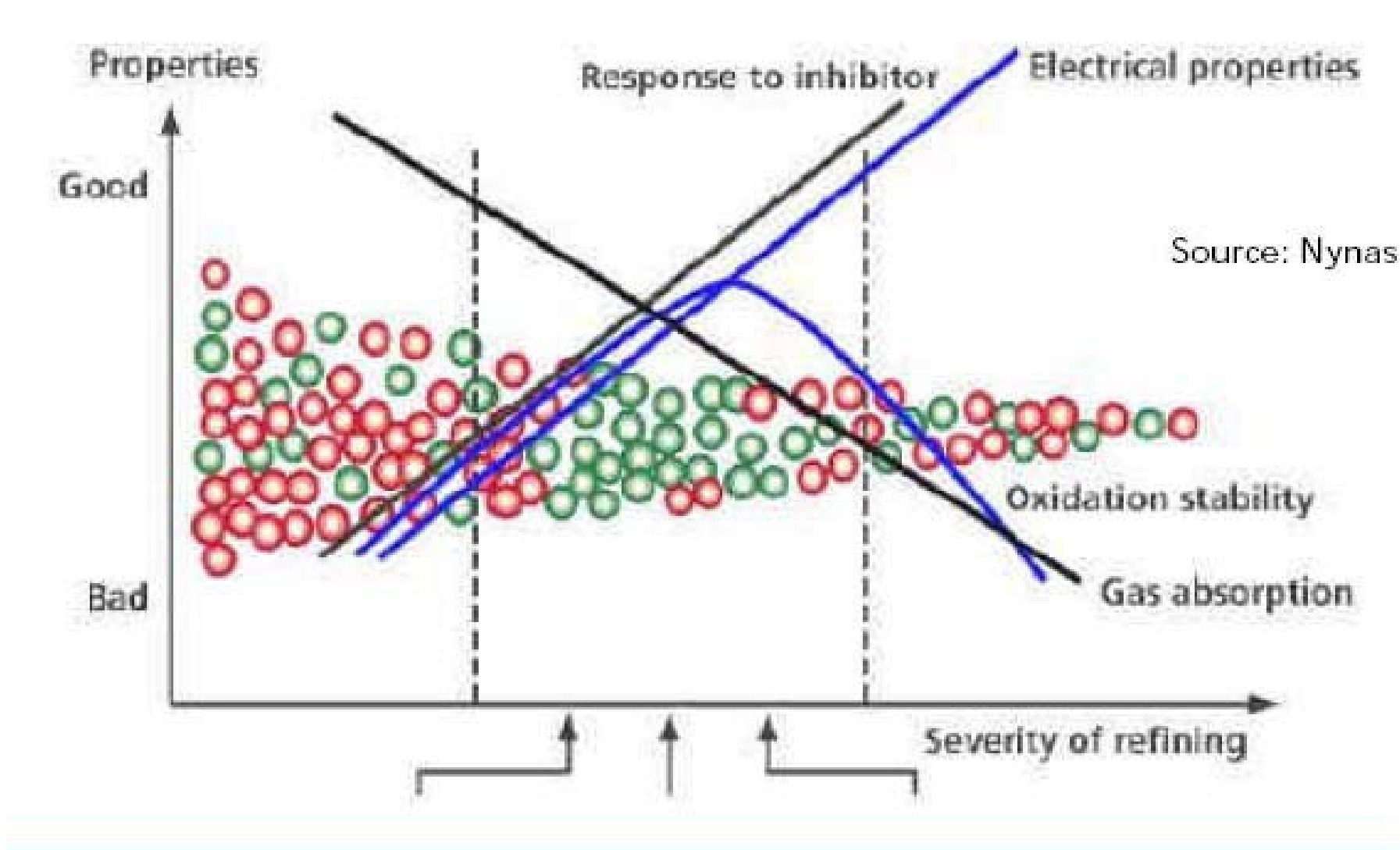
## Néhány tipikus transzformátorolaj aromás, paraffinos és nafténes összetevője

Származékok/Olajtípusok	Technol US4000	TO40A	TO-35K
Aromás $C_A\%$ ,	7	8	14
Paraffinos ( $C_P\%$ )	56	55	50
Nafténes ( $C_N\%$ )	37	37	36

- Az **oxidációs stabilitására**, öregedési hajlamára bizonyos mértékig jellemző az **aromás kötésben résztvevő széntartalom ( $C_A\%$ )**. Ha  $C_A\%$  3-4%, akkor az olaj erősen finomított, ha **15-18%**, akkor kevésbé finomított az olaj, de ez utóbbinál nagyobb aromás tartamú trafóolaj nincs a kereskedelemben.
- **A transzformátorolajok szénhidrogén összetétele** (különböző típusú szénhidrogének egymáshoz viszonyított aránya) az alap kőolaj típusától, a kiindulási párlat forrásponttartományától, **a finomítás módjától és mélységétől, stb. függően változik.**



## Trafóolaj finomításának különböző fokozatai





- Az aromások egy vagy több benzolgyűrűből álló szénhidrogének, amelyek a legkülönbözőbb oldalláncokkal kombinálva fordulnak elő. A benzol gyűrűkben a szénatomok között három egyszeres és három kettős kötést van. A telítetlenek jobban öregednek, mint a telítettek.
- A parafinos olajokban termikus stressz hatására kisebb a telített gázok keletkezése. A parafinos alapú olaj gázosodása más jellegű **termikus igénybevételnél (pl. 160 foknál), mint a nafténes olaj**
- Eredetileg többségében aromás olajokkal voltak HGA eredmények, jöttek az inhibitorok, elkezdték használni a más jellegűeket, akkor újabb diagnosztikai eredmények születtek.
- Tehát, az ásványolaj különböző **szénhidrogén molekulákból áll, amelyek CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> és CH kémiai csoportokra oszthatók amelyek szén-szén molekulakötésekkel csatlakoznak egymáshoz.** A termikus és villamos igénybevételek miatt **számos C-H és C-C közbenső (nem végleges, nem stabil, nem egyensúlyban lévő, ionos és gyök) termékek** keletkeznek.
- Ilyen nem stabil töredék részek lehetnek: **C, H, CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>, vagy CH amelyek gyorsan reakcióba lépnek és az alábbi gázmolekulák keletkezhetnek:**



- Hidrogén: H-H, Metán: CH<sub>3</sub>-H, Etán: CH<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>, Etilén: CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>, Acetilén: CH=CH.
- Persze van más rekombinációs termék, mint pl. C<sub>3</sub> és C<sub>4</sub> gázok, és még szilárd szén és szénhidrogén (X-wax) részecskék. **Olaj oxidációjából is képződik kis mennyiségű CO és CO<sub>2</sub>.**
- **A szilárd cellulóz szigetelés tartalmaz gyenge C-O kötést**, amely gyengébb, nem olyan stabil, mint az olajkötések, ezért alacsonyabb hőmérsékleten bomlanak.
- **Papírnál tipikusan CO, CO<sub>2</sub> és H<sub>2</sub>O** a bomlástermékek jóval nagyobb mennyiségben, mint az olaj oxidációból ugyanazon hőmérsékleten, és még kismennyiségben furán származékok és szénhidrogéngázok.
- **Tehát a „bázisolajok” különböző összetételűek, így a hibák hatására belőlük keletkező gázok is eltérhetnek. Ezért nem „elvetendő” egy régi HGA módszer, nem rossz, csak más olajra lett kifejlesztve. Régen „aromásabbak” voltak a bázisolajok.**



- **Inhibitor esetén nagyobb CO, CO<sub>2</sub> és H<sub>2</sub> képződik.**
- **És még nem beszéltünk az észterekről: jelentősebb az eltérés észter-ásványolaj között, mint az ásványolajok egymás között.**
- **Röviden összefoglalva az előzőket: a „bázisolajok” rövid áttekintése is jelzi, hogy milyen szükséges a hatékony HGA diagnosztikához az alapismeretek mélyebb elsajátítása.**
- **Számos becslési algoritmus** került kifejlesztésre, amelyek vagy szabványban, vagy szakirodalmi tanulmányokban jelent meg.
- **Az eljárások között azért van különbség, mert általában mindegyik egy-egy kutatás végterméke, azaz „saját” adatbázison alapul.** A HGA kiértékelések különböző évjáratúak, igazán egyik sem a másik továbbfejlesztése.



**A „bázisolaj” különbözőségének figyelembe vétele mellett egy jó HGA kiértékeléseknél még az alábbi „eltérésekre” is figyelni kell:**

- Ásványolaj vagy észter
- Olajlezárási rendszer (lélegző vagy zárt...)
- Üzemben eltöltött idő, a múlt történései (olajkezelés, felújítás, stb.)
- Feszültség szint,
- Teljesítmény,
- Hűtési rendszer,
- Fokozatkapcsoló alkalmazása, típusa, stb.
- Szigetelés típusa (trafó, áramváltó, feszváltó, fojtó, stb).
- De lehetséges gázforrások még a rozsdásodás, védőfestések, stb.



# Milyen HGA kiértékeléseket alkalmazhatunk „párhuzamosan”, rövid áttekintése - 2024



## Milyen kiértékelési rendszerek állnak rendelkezésre? Főbb HGA technikák

- HGA technika már 1933, ill. 1962-től létezik: Frank M. Clark
- Dörnenburg Ratios: 1967, 1970,
- Key Gas Method: David Pugh, 1974
- Duval háromszög: Michel Duval
- Duval ötszögek
- Rogers Ratios, R.R. Rogers, 1975
- Trend analízis
- Szakértői rendszerek, Richard Lowe, 1985
- Szakértői rendszerek, monitoring, Karen Barrett, 1989
- Trafó „újlennyomatok”
- IEEE C57.104, határértékek, trendek, összes éghető,
- Artificial Neural Networks (ANN), Fuzzy Logic, 1996, 2004, 2006
- IEC 60599
- CIGRE kiadványok (TB 296 (2006)),
- MSZ 352 (1978-as IEC 60599 alapján)
- „Kétdimenziós” grafikus HGA kiértékelés (IEC 60599):
- „Háromdimenziós” grafikus HGA kiértékelés (IEC 60599):





- 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 akár **5-10 diagnosztikát is alkalmazni** és az eredményeket „kritikai szemmel” összevetni, értékelni. Újra és újra el kell mondani: de ehhez **ismerni kell az alapokat, kiértékeléseket**.
- Ugyanúgy mint a **humán diagnosztikában**, vannak a **laborleletek**, amelyet **szakorvosnak** kell kiértékelni és sokszor konzílium is szükséges.
- A **hamis diagnózis** meghibásodáshoz vezethet, mert vagy **rejtve marad a hiba**, vagy jó berendezést javítunk, azaz szükségtelen beruházást, költséget, trafócserét, stb. okozhat.
- Figyeljünk, nem könnyű az eligazodás: különböző dokumentumokban eltérő és ellentmondó határértékek találhatóak.
- IEC, IEEE, CIGRE, stb. HGA szakértői GUIDE-ok vannak forgalomban az állapot meghatározására.



## A FŐBB kiértékelési rendszerek

1. IEC 60599:2015, Mineral oil-filled electrical equipment in service – Guidance on the interpretation of dissolved and free gases analysis.
2. **MSZ-09-00.0352:1988:** Transzformátorok szigetelési állapotának üzemi ellenőrzése: 3.2 pont: A hibagázok vizsgálata
3. IEEE C57.104-2019: IEEE guide for the interpretation of gases generated in oil-immersed transformers
4. „KEY GAS” módszer
5. Doernenburg (Dörnenburg)? Rogers, CIGRE arány módszerek
6. DUVAL háromszög és ötszög módszerek
7. Egyedi gáz aránymódszer: CO<sub>2</sub>/CO, O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>

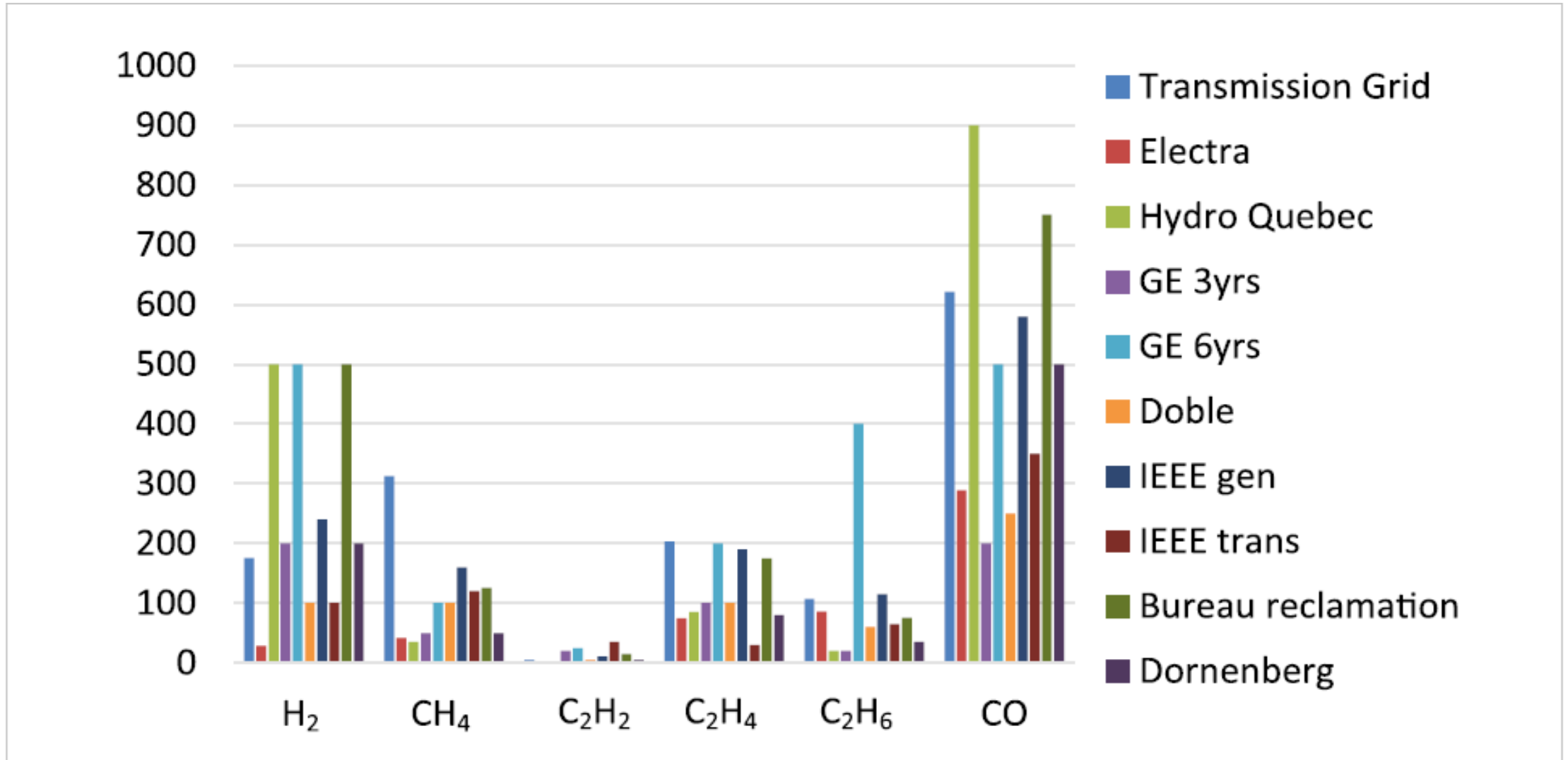


## „Fejlődés” HGA rendszerekben

- 1960-as években R.R. Rogers és E. Doernenburg voltak az úttörők, **ők fektették le a HGA alapelveit**: adatot gyűjtöttek, megállapították a problémát, becsülték a súlyosságot, azonosították a probléma általános természetét.
- 50 évtized HGA gyakorlat alatt nagyot fejlődtek **a számítógépek**, újra vizsgálták a trafók HGA viselkedéseit, amely lehetővé teszi, hogy egyre hatékonyabb HGA technika álljon rendelkezésre.
- A HGA diagnosztika **digitalizálása évek óta fontos trend** és számos megoldás került kifejlesztésre, ill. továbbra is töretlen a fejlesztés.
- Néhány szó a különböző kiértékelési rendszerekről:
- A **következő ábrán** a különböző „**kiértékelési rendszerek**” által megadott határértékek láthatók: elég nagy különbségek figyelhetők meg.



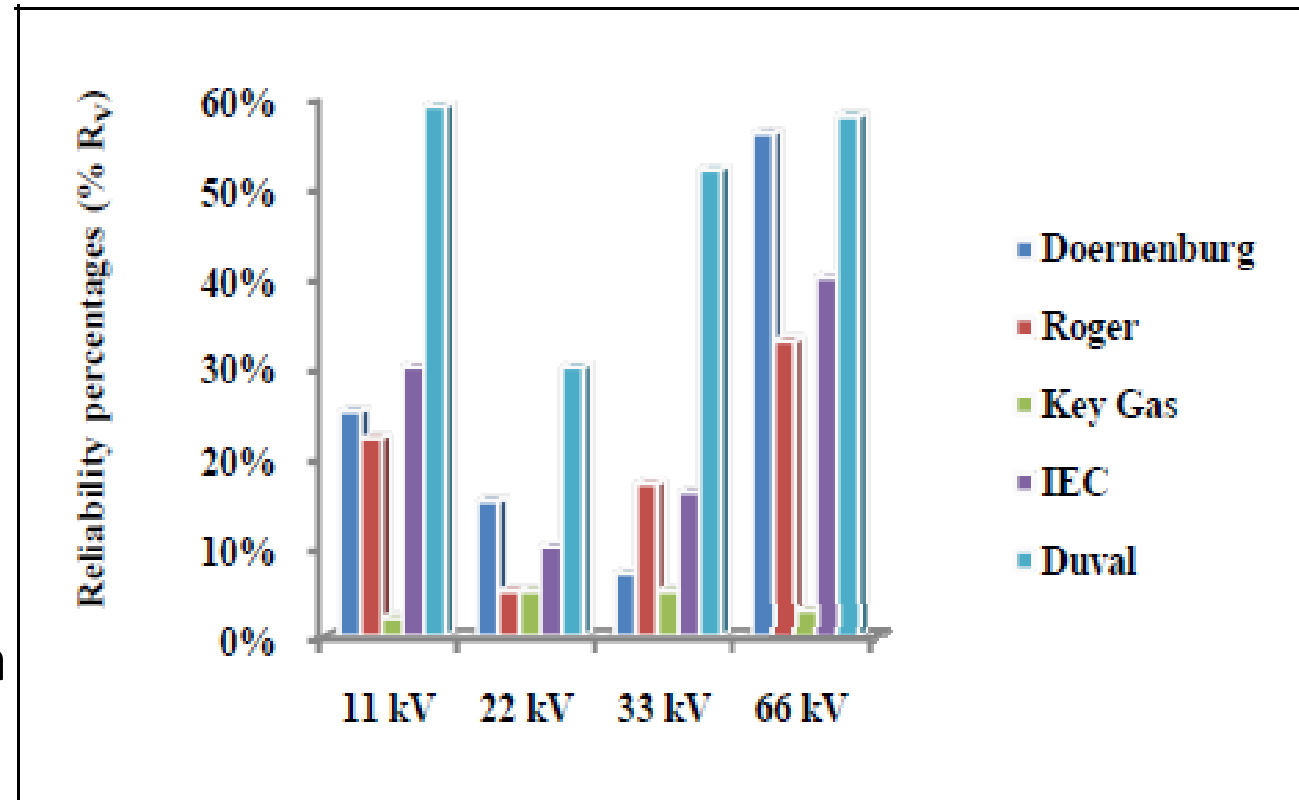
## Különböző források különböző határértékeket adnak meg.





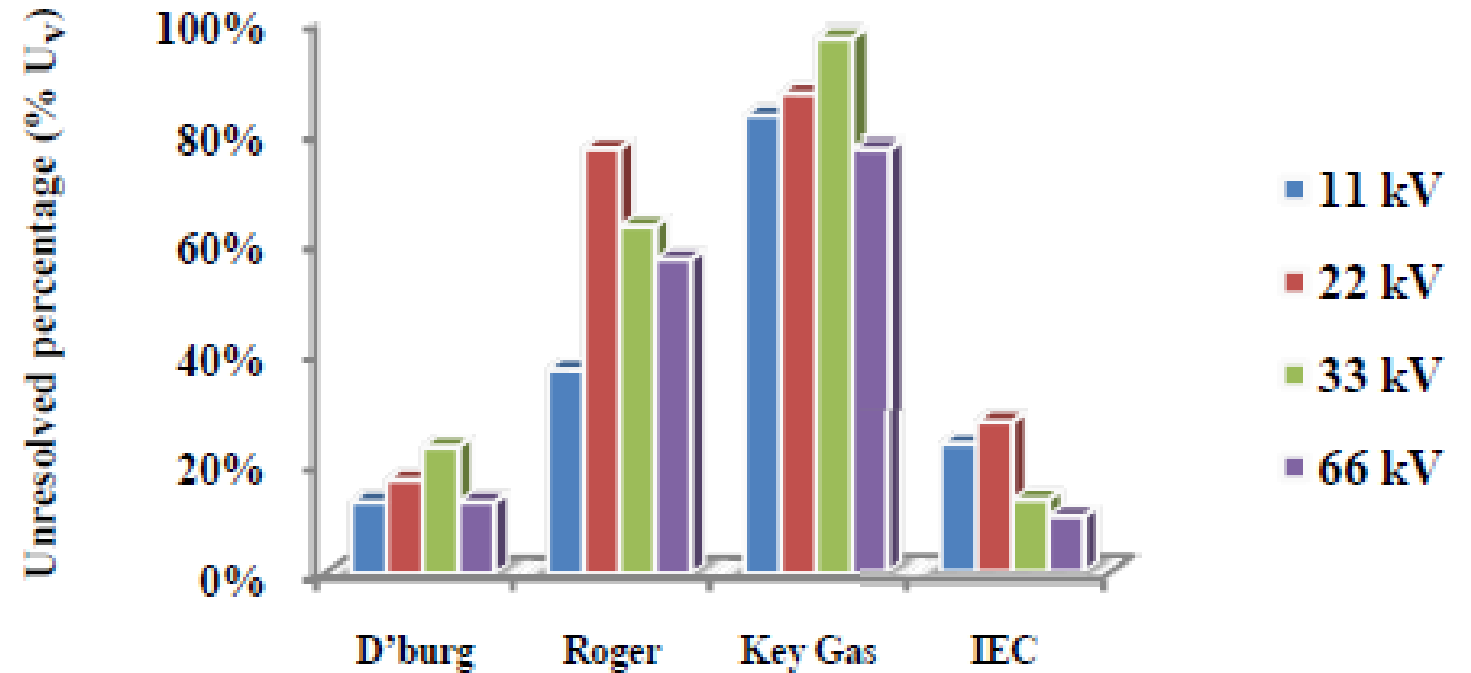
Ezen az ábrán **egy másik kutatási munka** eredményei látszanak. Itt **különböző feszültségű trafókat vizsgáltak 5 fajta HGA technikával**. Ezen az ábrán a HGA módszerek **megbízhatósági számai láthatók 4 feszültség szinten**.

A módszerek **más hatékonyságúak az egyes feszültségeken**. A legkisebb megbízhatóság **22kV-on volt**, a maximális 66kV-on. Összesítve a **Duval háromszög módszer** volt a legjobb, amelyet a Doernenburg, Rogers és a kulcsgáz módszer követett.





- Ezen az ábrán az előző kutatási munka eredményeiből a HGA módszer „megoldatlansági” számai láthatók.
- Látható, hogy a key gas módszer 85%-ban képtelen volt a hibát becsülni.
- A Rogers módszer is elég nagy %-ban nem jelezte a hibát.
- Az IEC és a Doernenburg módszer egészen jól teljesített.
- A feszültség szint értéke nem volt jelentős hatású.





## Néhány rendszeresen használt HGA kiértékelés pontossága

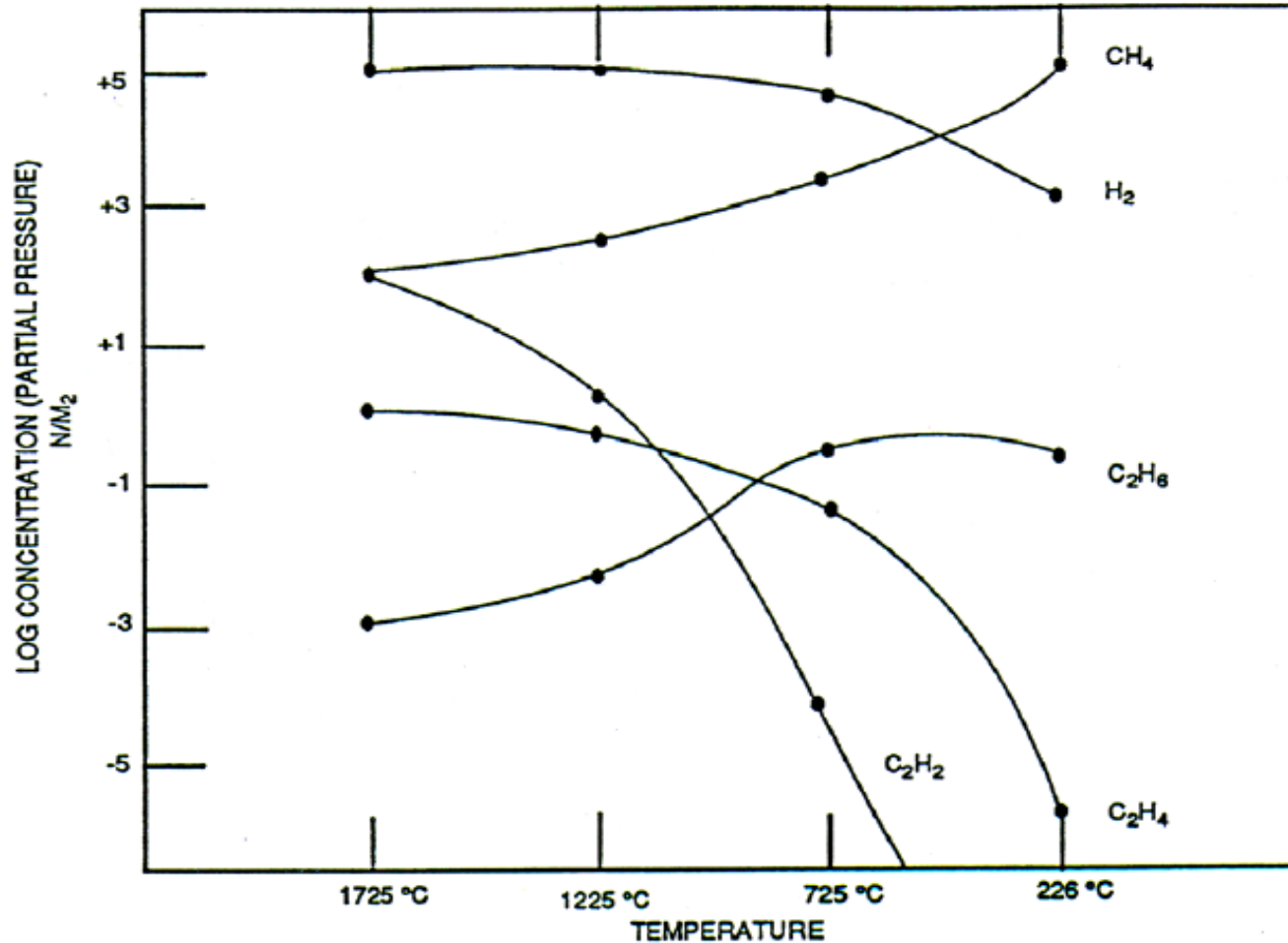
Diagnosis Methods	Success	Error	Not Identifiable
Dornenberg Ratio	22.9%	65.2%	11.9%
Rogers Ratio	24.8%	12.4%	62.9%
IEC 599	42.9%	24.8%	32.4%



## Hibagázképződés alapösszefüggései

IEEE  
Std C57.104-1991

IEEE GUIDE FOR THE INTERPRETATION OF GASES



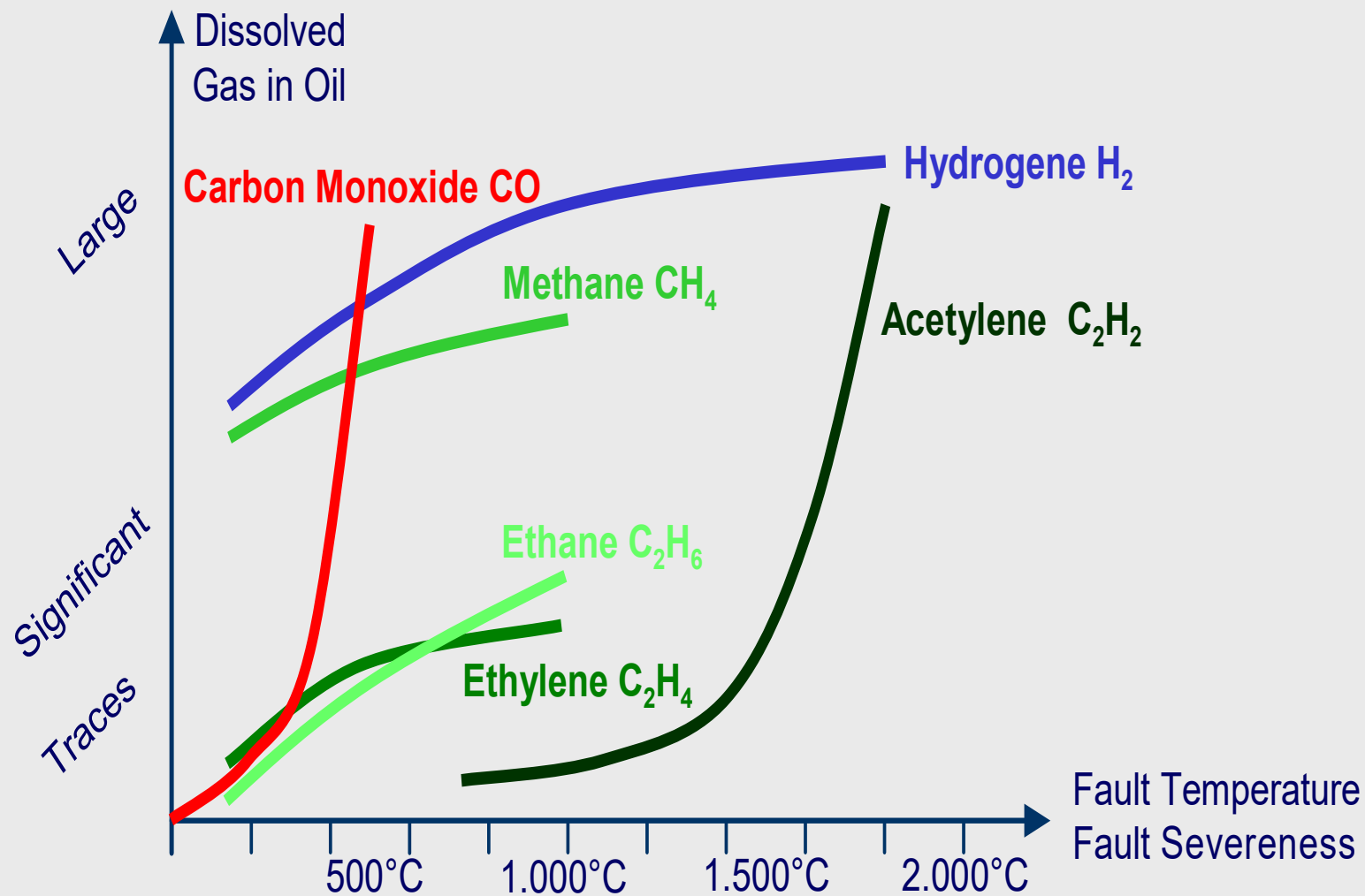
**Halstead's Termikus Egyensúly:  
IEEE Std C57.104-1991  
(hőmérséklet jobbról balra csökken)**





IEEE C57.104-1991 szabványban található ábra: hibagázok keletkezése a hőmérséklet függvényében  
(hőmérséklet jobbról balra növekszik)

IEEE C57.104-1991 3.1-3.3





## IEC 60599 hét 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 ( $800^{\circ}\text{C}$ ), vagy fém hegedés ( $>1000^{\circ}\text{C}$ ). Nagy örvényáram a köpenyben és a vasmagon, lemezzárlat.
- 7. DT:** D (kisülés) és T (melegedés) hibák keveréke.



## IEC 60599 hét alap hibatípusa mellett további 4 hibát ad meg:

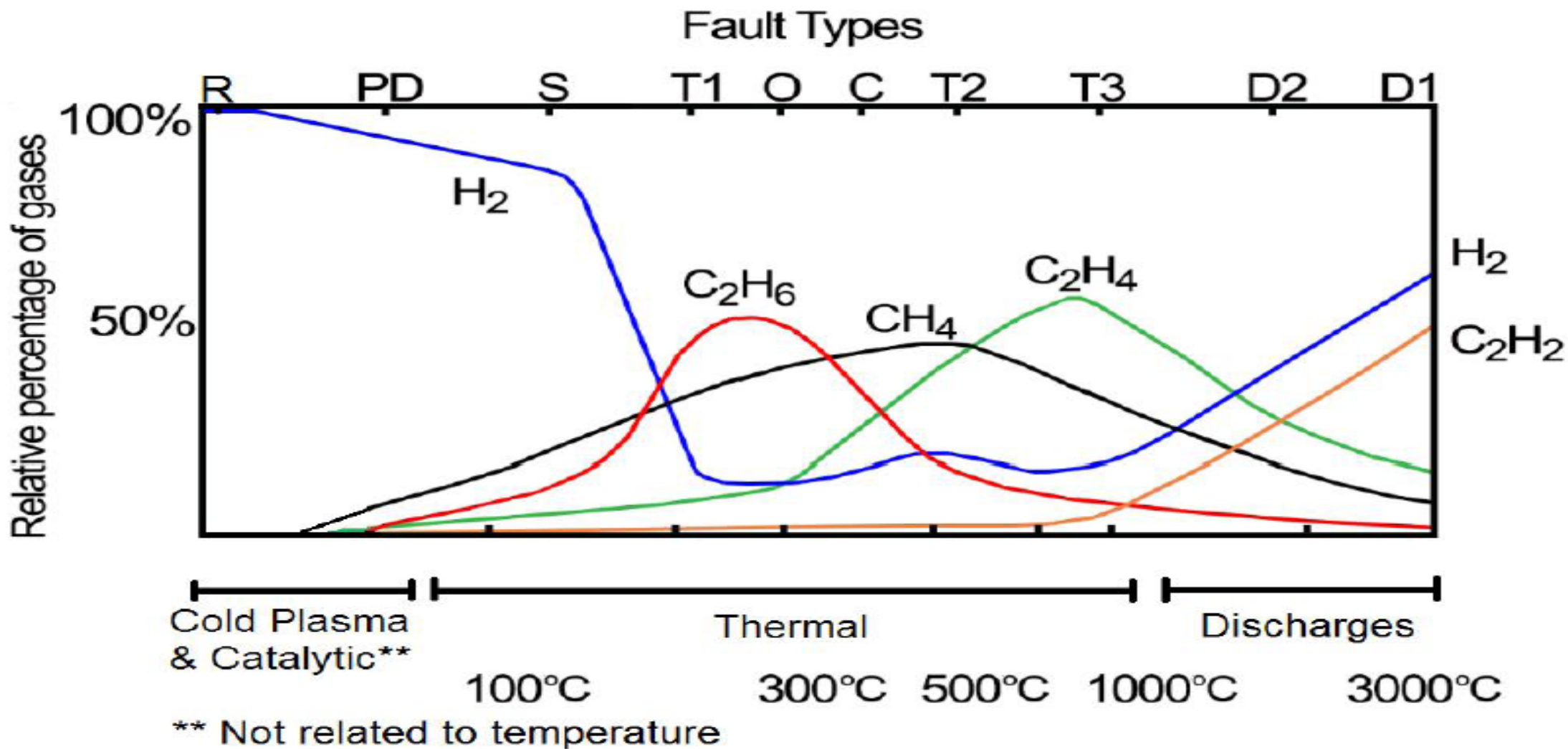
1. **S:** ásványolaj „stray gas” (szórt, szórvány gáz)  $< 200^{\circ}\text{C}$
2. **O:**  $< 250^{\circ}\text{C}$  alatti túlmelegedés (hot spot)
3. **C:** papír  $300^{\circ}\text{C}$ -nál magasabb lehetséges szenesedése
4. **T3-H:** T3 hiba csak olajban ( $T > 700^{\circ}\text{C}$ , hiba nagyon magas hőmérsékleten)

**R: katalitikus behatás:** Van, ahol ezt a hiba típust is használják.

**S (Stray gas):** azok a gázok, amelyek **kémiai vagy oxidációs reakciókban keletkeznek, normál hőmérséklet (kb.  $104^{\circ}\text{C}$ ) alatt.** Főleg hidrogén, metán, etán  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  alkotja. Mivel ezek a gázok azonosak azokkal, amelyek a hibák során keletkeznek, ezért a HGA diagnosztikában **téves kiértékelést okozhat**, megnehezíti a helyes kiértékelést, többlet idő és költségráfordítást igényel.



## Hibagázképződés alapösszefüggései



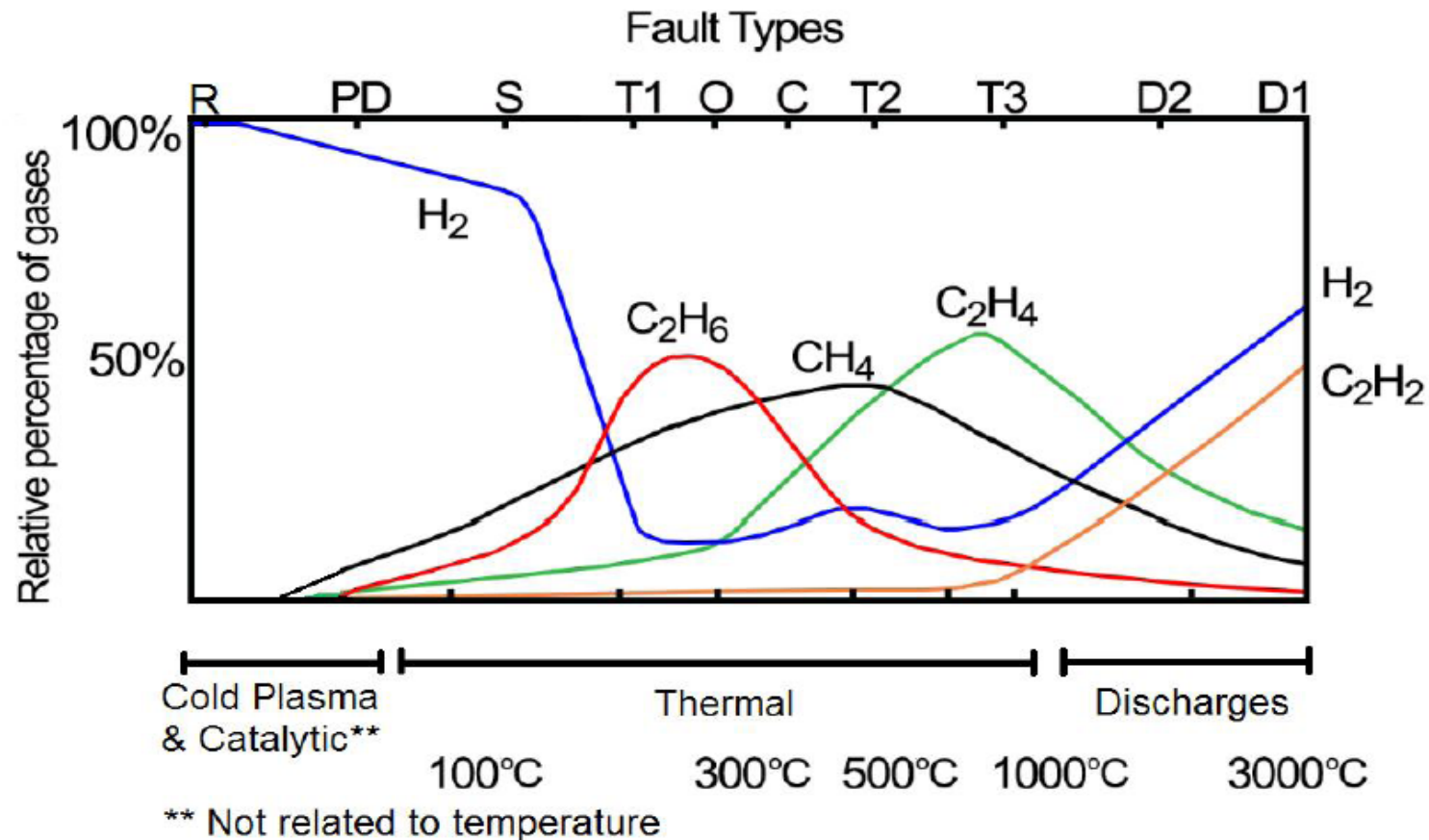


**Hat hibagáz** relatív képződése és a hőmérséklet függése IEEE és IEC szerint.

Alacsony hőmérsékleten a **H<sub>2</sub>** dominál a **PD**-ben, azután jelenik meg a **C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>**, **CH<sub>4</sub>** a „**stray**” gázosodásban (**S**), (**T1**) és (**O**) melegedésben (**R**=katalitikus hatás).

**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<sub>2</sub>**-t és a **C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>**-t.





## IEC 60599

Hibakód	$C_2H_2/C_2H_4$	$CH_4/H_2$	$C_2H_4/C_2H_6$
Részkisülés (PD)	Nem jellemző	< 0,1	< 0,2
Kisenergiájú kisülés (D1)	> 1	0,1 ... 0,5	> 1
Nagyenergiájú kisülés (D2)	0,6 ... 2,5	0,1 ... 1	> 2
Melegpont $t < 300\text{ °C}$ (T1)	Nem jellemző	> 1, de nem jellemző	< 1
Melegpont $t < 300 < 700\text{ °C}$ T2	< 0,1	> 1	1 ... 4
Melegpont $t > 700\text{ °C}$ (T3)	< 0,2	> 1	> 4



**MSZ-09-00.352–1988** Transzformátorok szigetelési állapotának üzemi ellenőrzése. Már nem hatályos, a HGA rész az első HGA IEC alapján készült, magyar nyelvű.

A transzformátor állapotának minősítése a hiba jellege szerint

2b. táblázat

Sorszám	A hiba fajta		$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{CH_4}{H_2}$	$\frac{C_2H_6}{C_2H_6}$	A hiba jellege
			kódszám			
0.	hibátlan		0	0	0	normális öregedés
1.	kis energiájú	részleges kisülés	0	1	0	rossz impregnálás, nagy víztartalom
2.	nagy energiájú		1	1	0	szilárd szigetelés átütése, tracking
3.	kis energiájú	ívelés	1,2	0	1,2	szabad potenciálú helyek, olajcsatorna átütése
4.	nagy energiájú		1	0	2	villamos ív, tekercs, menetzárlat
5.	110...150 °C	hőmérsékletű hely	0	0	1	szigetelt vezető melegedése
6.	150...300 °C		0	2	0	Vas melegedése, vaszárlat, örvényáram okozta melegedés rossz érintkezés
7.	300...700 °C		0	2	1	
8.	700 °C felett		0	2	2	



**MSZ-09-00.352–1988** Transzformátorok szigetelési állapotának üzemi ellenőrzése. Már nem hatályos, a HGA rész az első HGA IEC alapján készült, magyar nyelvű.

Veszélyességi osztály	Hálózati Erőműi	Transzformátor üzemidő, év		
		< 8	8...15	> 15
V <sub>0</sub> — megfelelő	H	< 350	< 450	< 800
	E	< 500	< 650	< 1000
V <sub>1</sub> — hibagyanus	H	≥ 350... < 450	≥ 450... < 800	≥ 800... < 1600
	E	≥ 500... < 650	≥ 650... < 1000	≥ 1000... < 1600
V <sub>2</sub> — hibás	H	≥ 450... < 800	≥ 800... < 1600	≥ 1600... < 3000
	E	≥ 650... < 1000	≥ 1000... < 1600	≥ 1600... < 3000
közvetlen V <sub>3</sub> — üzemzavar veszély	H	≥ 800	≥ 1600	≥ 3000
	E	≥ 1000	≥ 1600	≥ 3000





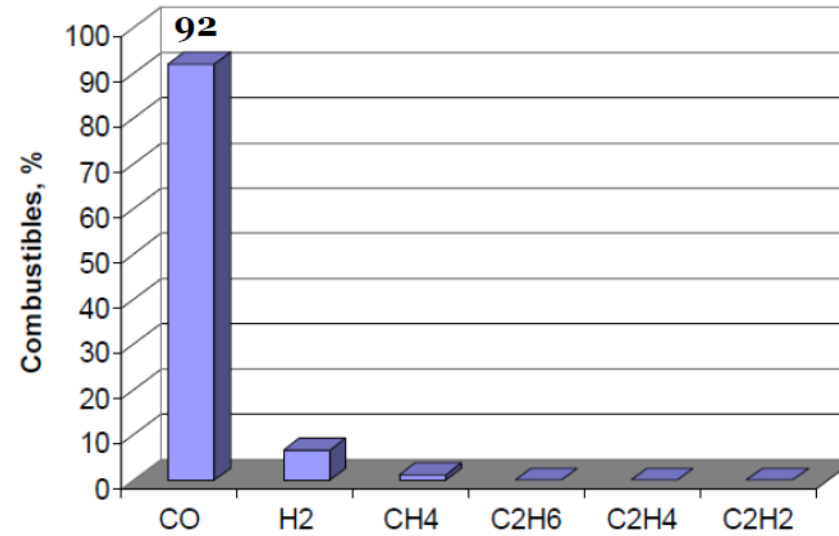
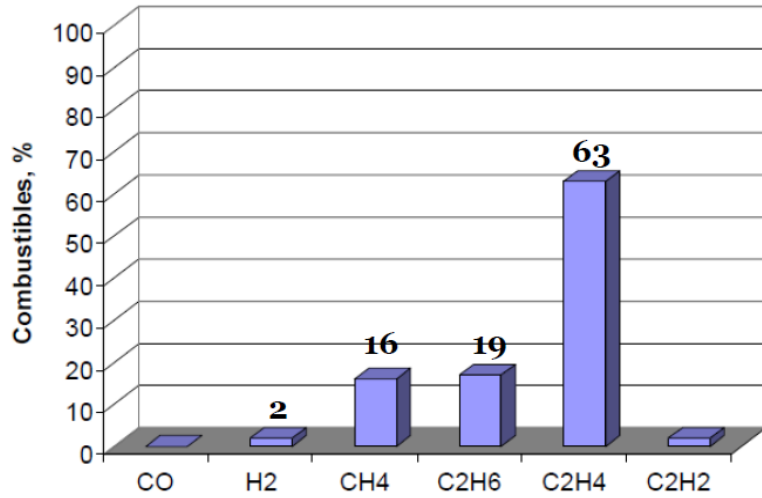
**Cigre SC 15 (1999): „New guidelines for interpretation of DGA in oil-filled transformers”  
(Electra-1999 okt).**

Name	Ratio	Value Significant	Indication
Key Ratio 1	$C_2H_2 / C_2H_6$	<b>&gt;1</b>	Discharge
Key Ratio 2	$H_2 / CH_4$	<b>&gt;10</b>	Partial Discharge
Key Ratio 3	$C_2H_4 / C_2H_6$	<b>&gt;1</b>	Thermal Fault in Oil
Key Ratio 4	$CO_2 / CO$	<b>&gt;10</b> indicate overheating of cellulose, <b>&lt;3</b> indicates degradation of cellulose by electrical fault	Cellulosic Degradation
Key Ratio 5	$C_2H_2 / H_2$	<b>&gt;2 (&gt;30ppm)</b> indicates diffusion from OLTC or through a common conservator	In Tank Load Tap Changer



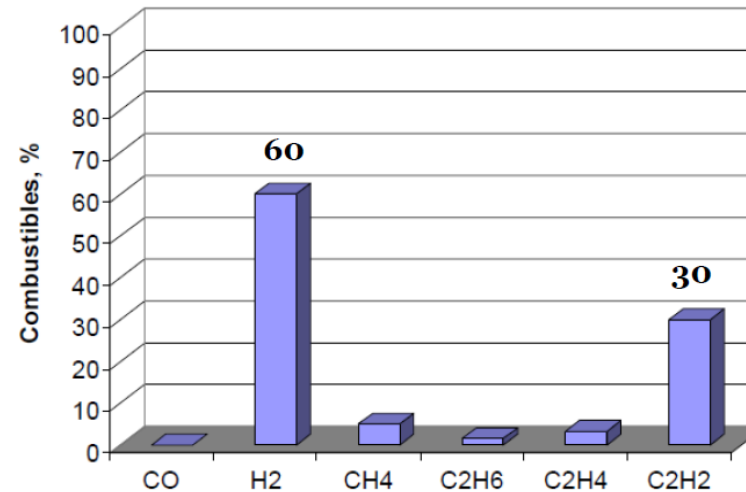
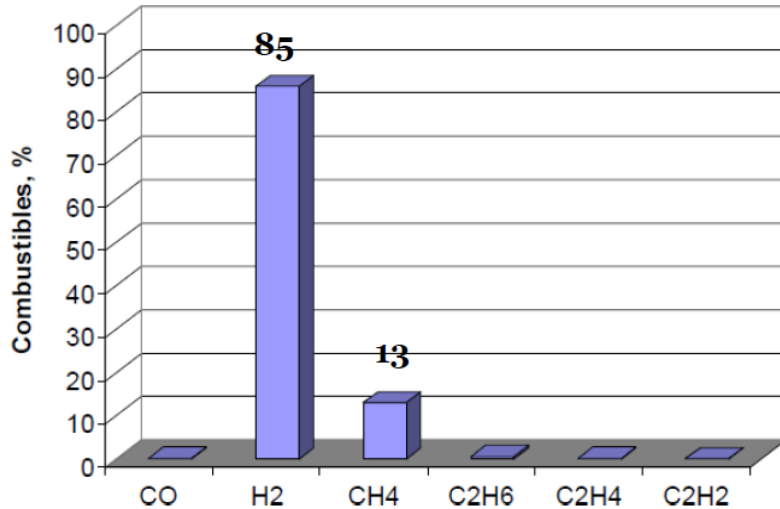
## Key Gas Method: KGM módszer

**Túlmeleg  
olaj:  
kulcsgáz:  
etilén**



**Túlmeleg papír:  
kulcsgáz  
szénmonoxid**

**PD az  
olajban:  
kulcsgáz:  
hidrogén**



**Ív az olajban:  
kulcsgáz:  
acetilén**



## Kiegészítő gázarányok a „FŐ HGA arányokhoz”: $\text{CO}_2/\text{CO}$ , $\text{O}_2/\text{N}_2$ , és a $\text{C}_2\text{H}_2/\text{H}_2$ arány

- Más gázarány módszert az IEC vezette be, amelyek kiegészítők a „fő HGA diagnosztikához”.
- Ezek az arányok:  $\text{CO}_2/\text{CO}$ ,  $\text{O}_2/\text{N}_2$ , és a  $\text{C}_2\text{H}_2/\text{H}_2$  arány.
- **$\text{CO}_2/\text{CO}$**  arány a papírszigetelésre jellemző, 5000/500ppm felett jellemző.
- Ha  $\text{CO}_2/\text{CO}=3-11$  között, jó a papír.
- Ha  $\text{CO}_2/\text{CO}<3$ , erős jelzés, hogy a papír érintett a meghibásodásban,
- Ha  $\text{CO}_2/\text{CO}>11$ , papír öregedés melegedés miatt, ez irreverzibilis.
- **Az  $\text{O}_2/\text{N}_2$**  arány az olajban oldott levegő összetételére jellemző.
- Kiindulási egyensúlyi állapotban az olajban oldhatóságnak megfelelően 0,5. Ha csökken ez az érték, az erős melegedést jelent, ezért a többi jelzőszámokkal együtt kell értékelni.
- $\text{C}_2\text{H}_2/\text{H}_2$  arány ( $>2-30$ ) jelezheti, hogy a OLTC gázai beszivárogtak a tankba.



- Specifikusabb, intelligens szoftver szükséges, amelyet HGA specialista, vagy trafó specialista ellenőriz és az alábbi beavatkozások is lehetségesek a pontosabb kiértékelés kedvéért.
- Ajánlott az egyes gázok értékeit változtatni, mintha mást mértünk volna, főleg a határértékgázoknál: látható pl. az IEC gázarányoknál változhat a megítélés, ha az egyik vagy másik gáz értéke nem a mért érték lett volna. Ilyenkor próbálhatjuk a gázokat változtatni és nézni, van-e valami pontosabb kiértékelés. **Itt van szubjektivitás, de ha véletlenül tényleg mérési hiba lett volna, akkor már objektív lesz az eredmény.**
- **Vizsgálni kell a mért értékek hihetőségét, pontosságát**
- **RVM-nél sok mérési adat van, nagy a redundancia.** Látható az eredő burkológörbén, hogy ilyen eredmény elméletileg nem lehetséges, ezért ott könnyen **„korrigálhatunk” egy rossz mérési eredményt, mintsem hibás spektrumot rajzoljunk.**
- A HGA eredményeknél is eljárhatunk adott esetben így, segít a többi diagnosztikai eredmény, láthatjuk, hogy „hihető-e” mért eredmény.



# DUVAL kiértékelések

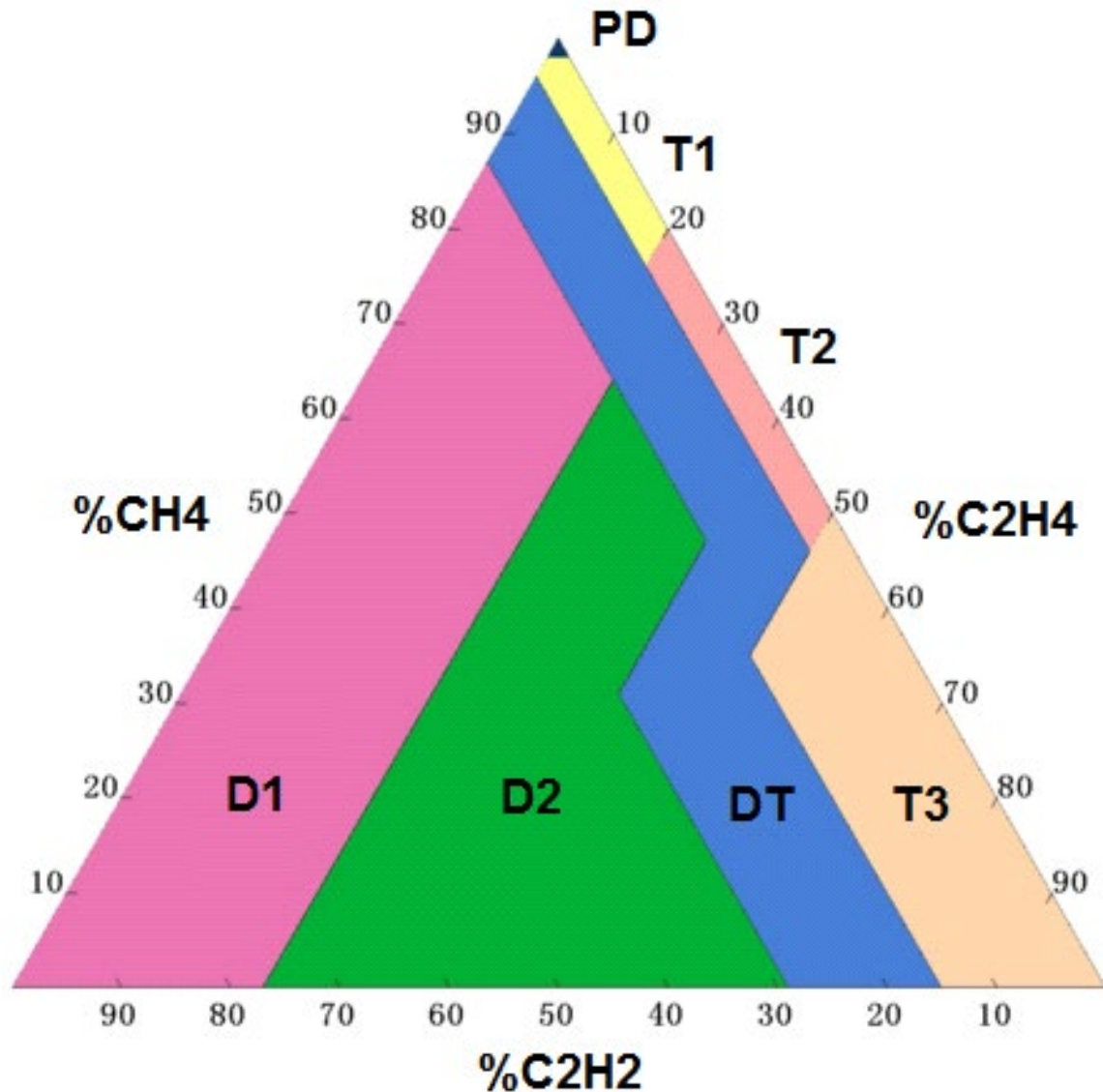


- **Michel Duval**, kémikus, Hydro Quebec's IREQ kutatóintézet.
- Duval három- és ötszög módszerekkel grafikusán és vizuálisan is követhetjük időben a „hiba fejlődését”.
- Online rendszereknél nemcsak gázzint megállapítás, hanem diagnosztika szerepel.
- DUVAL háromszög és pentagon módszerek: **újak**, hasznosak, **tipikusan számítógépre** valók: javasolt az alapok áttekintése.
- Szerencse, hogy az **összes HGA módszer jól algoritmizálható**.
- Módszereknél előnyök-hátrányok: **egy „gáz inputtal” minél több futtatás számítógéppel**, megtalálni a legvalószínűbb diagnózist.
- Eredetileg ásványolajra készült, de azóta OLTC-re, ill. más (szilikon, MIDELE, FR3, BioTemp) szigetelő folyadékokra is ki lett terjesztve.
- Duval 1 háromszög: Ausztrál felmérés szerint 88%-osan sikeres.
- **CO és CO2 hiányzik a DUVAL három és ötszögekből, így azokat más módszerekkel értékelik.**



## DUVAL 1 háromszög kiértékelések

**C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>**  
hibagázokat használja és az  
alábbi diagnosztikákra  
alkalmas



PD: Partial Discharge

T1: Thermal < 300 C

T2: Thermal 300 C to 700 C

T3: Thermal > 700 C

D1: Low-energy discharge

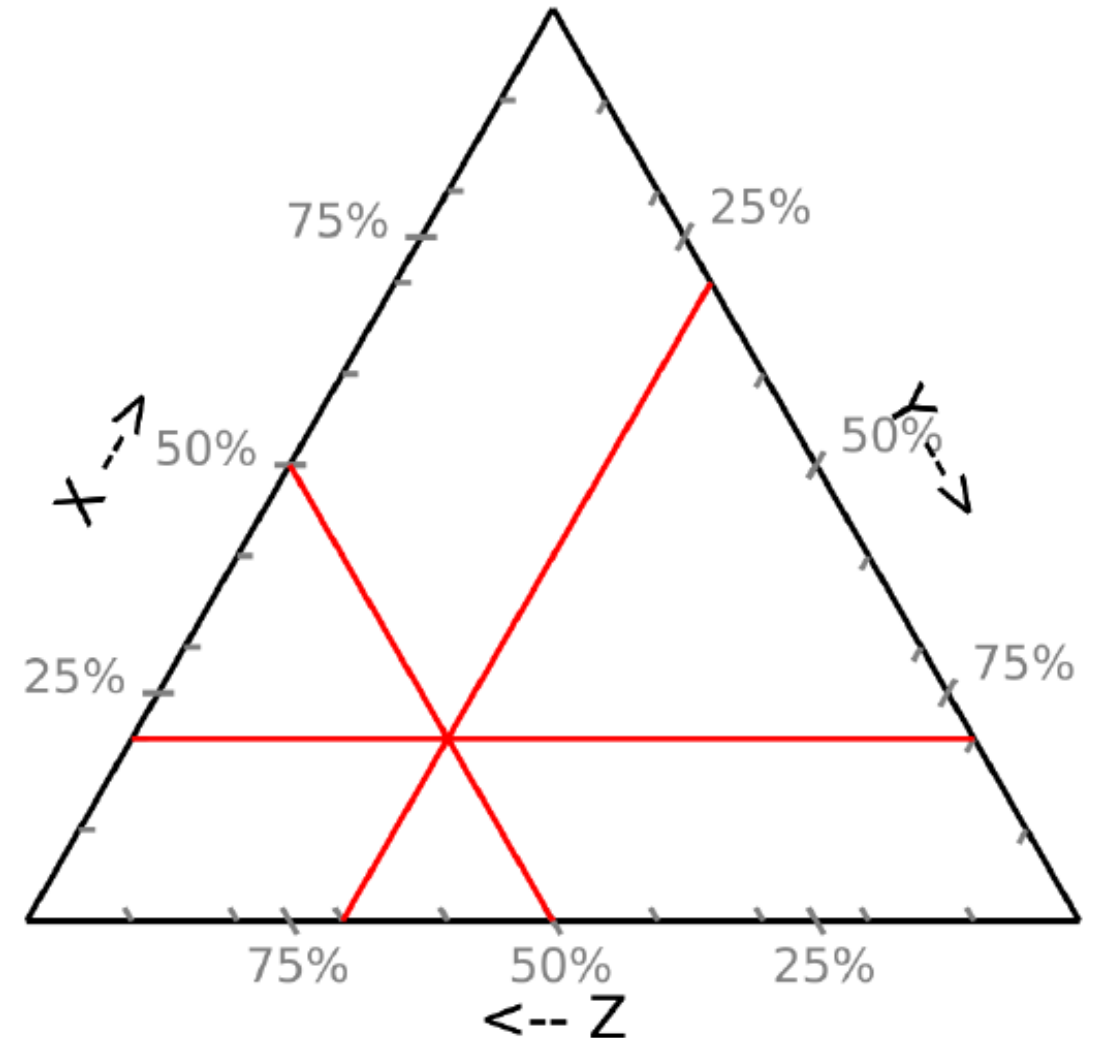
D2: High-energy discharge

DT: Discharge or Thermal



- 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.

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





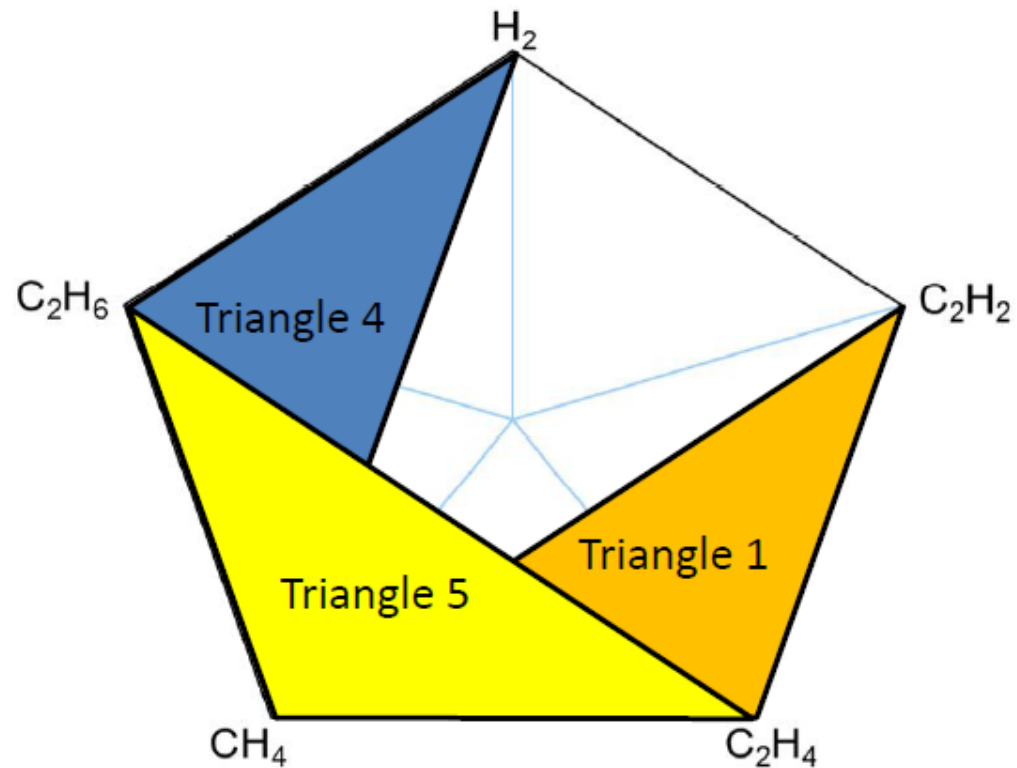


- Jó tudni, hogy Duval „szögek” **nem tartalmazzák a hibamentes állapotot**, így a kezdeti hibákat sem lehet detektálni, ezért érdemes áttekinteni **a további Duval háromszögeket is**.
- **Duval 1 Δ**: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, általános használatú ásványolajra
- **Duval 2 Δ**: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, mint Δ 1, de LTC-OLTC-re
- **Duval 3 Δ**: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, mint Δ 1, de nem ásványolajra: Silikon, FR3, Midel,
- **Duval 4 Δ**: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, alacsony hőmérsékletű hiba, amikor Duval 1 Δ PD-t, T1-t vagy T2-t jelez: PD, stray-gáz, papír szenesedés (T<300°), túlmeleg T<250°, ND=not determined
- **Duval 5 Δ**: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, alacsony hőmérséklet, Duval Δ 1 T1-t vagy T2-t jelez: S=stray-gáz, C=papír szenesedés (T<300°), túlmeleg T<250°, megerősíthető T2, T3, ND=not determined
- **Duval 6 Δ**: FR3: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, alacsony hőmérsékletű hiba, Duval 3 Δ PD-t, T1-t vagy T2-t jelez: PD, stray-gáz, papír szenesedés (T<300°), túlmeleg T<250°, ND=not determined
- **Duval 7 Δ**: FR3: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, FR3: alacsony hőmérsékletű hiba, amikor Duval 3 PD-t, T1-t vagy T2-t jelez: PD, stray-gáz, papír szenesedés (T<300°), túlmeleg T<250°, T3, ND=not determined



**Duval Pentagon 1: klasszikus, 3 villamos, 3 termikus hiba: Duval  $\Delta 1$ , Duval  $\Delta 4$  és Duval  $\Delta 5$  kombinációja.**

Duval Pentagon



**Duval Pentagon 1:  $H_2, C_2H_6, CH_4, C_2H_4, C_2H_2$ .**

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

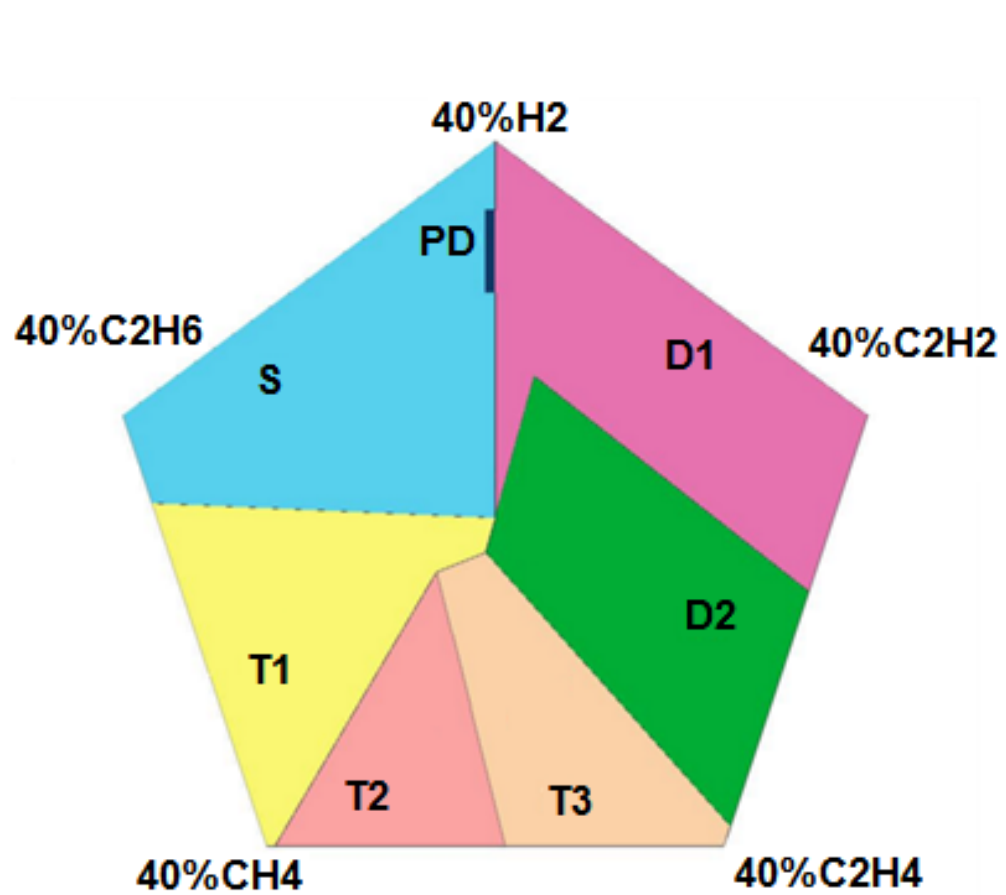
**Duval  $\Delta 1$ :  $C_2H_2, CH_4, C_2H_4$**

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

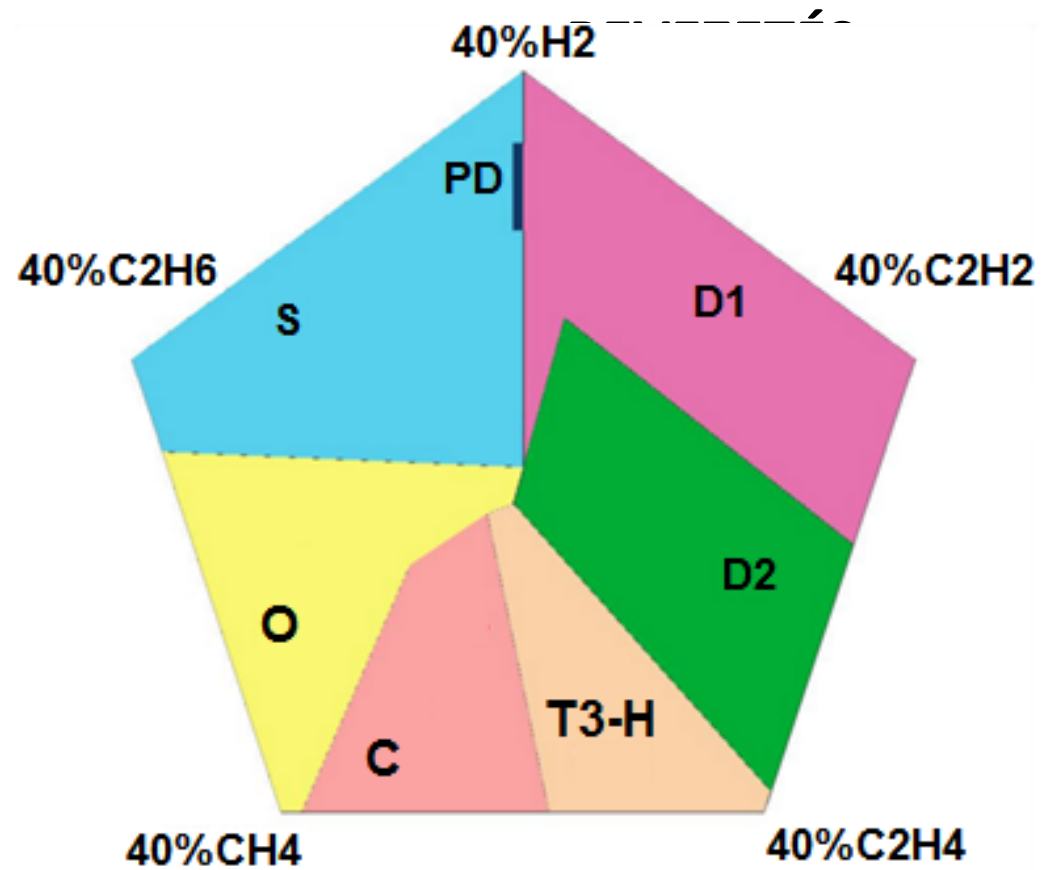
**Duval  $\Delta 5$ :  $C_2H_6, CH_4, C_2H_4$**



## Duval Pentagon 1 és 2", modern és klasszikus hibazóna kijelölés



**DUVAL ötszög 1**

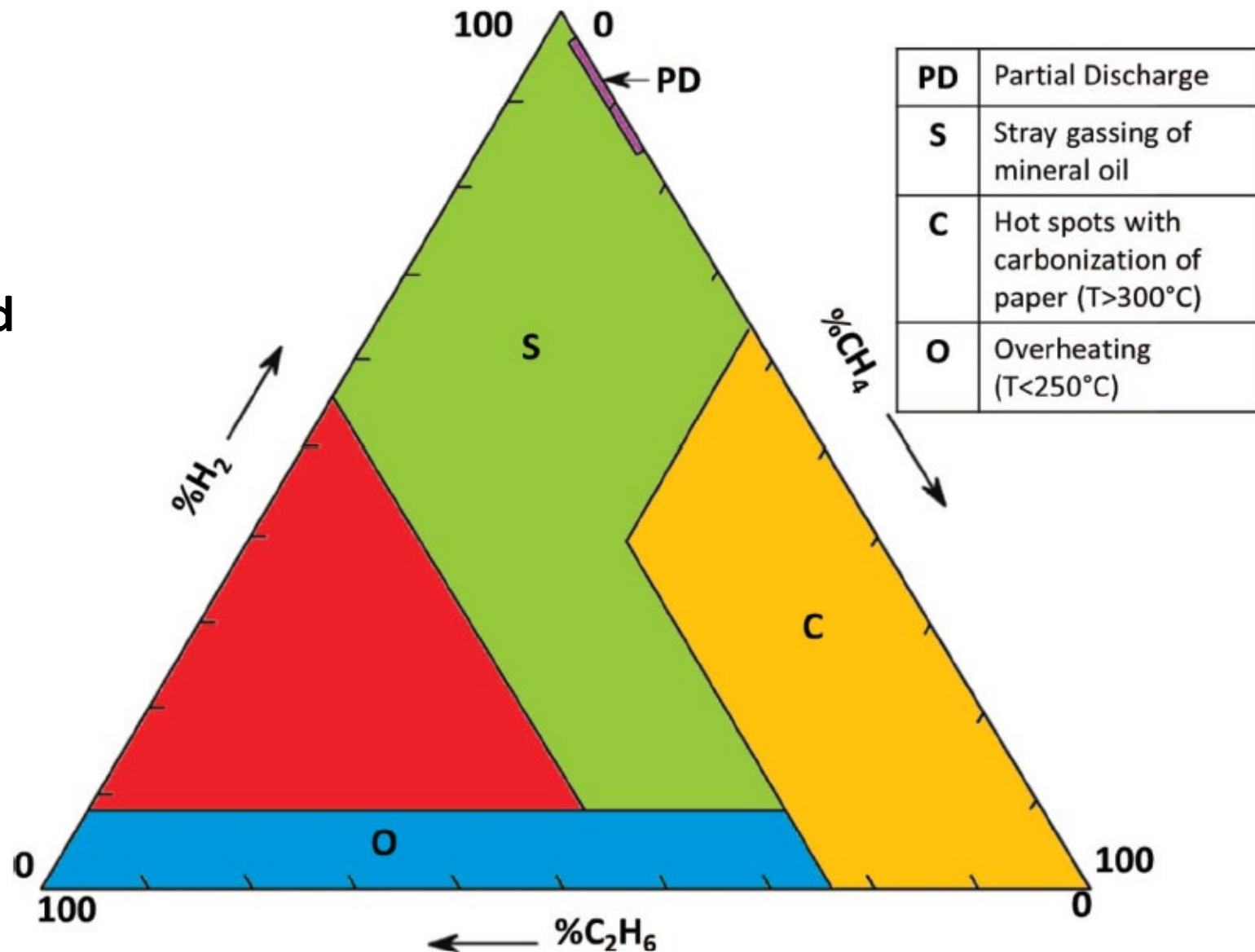


**Duval ötszög 2**



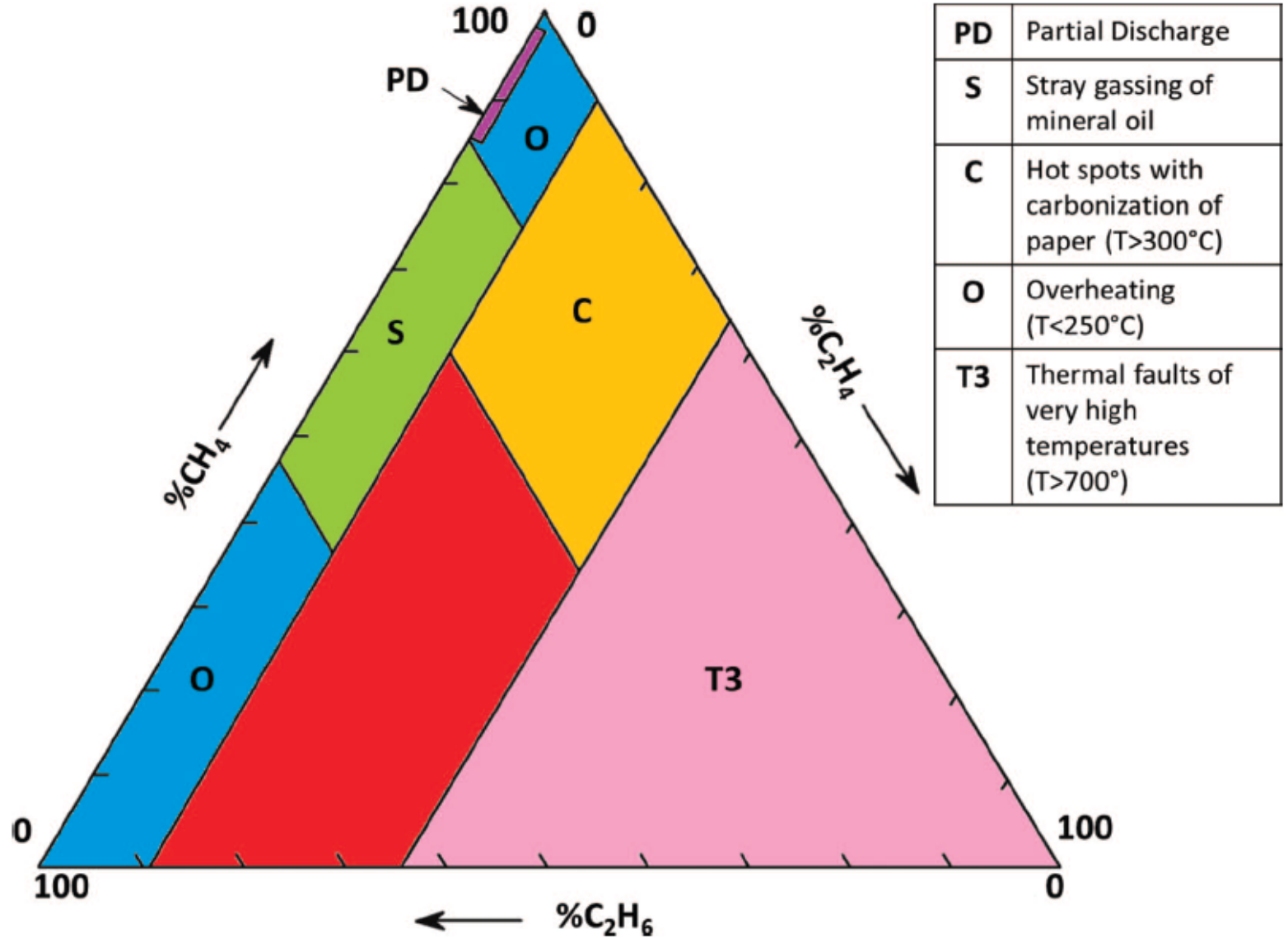
# Duval 4 háromszög

Piros: ND= not determined





## Duval 5 háromszög: alacsony hőmérsékletű hiba



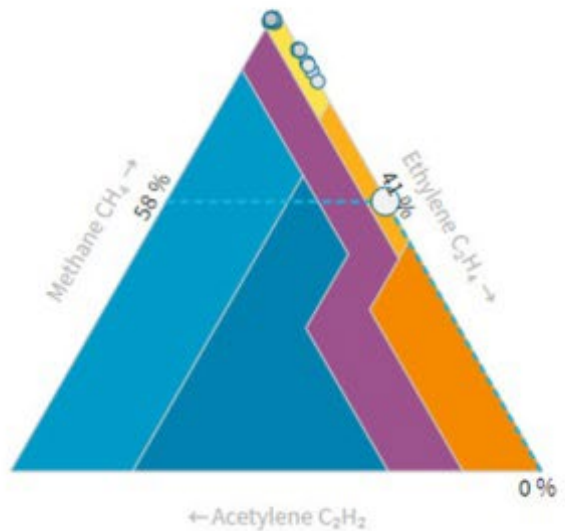


## Duval 1, 4 és 5 háromszögek használata: nő a diagnosztika megbízhatósága

VAISALA 07:19 DGA Diagnostics

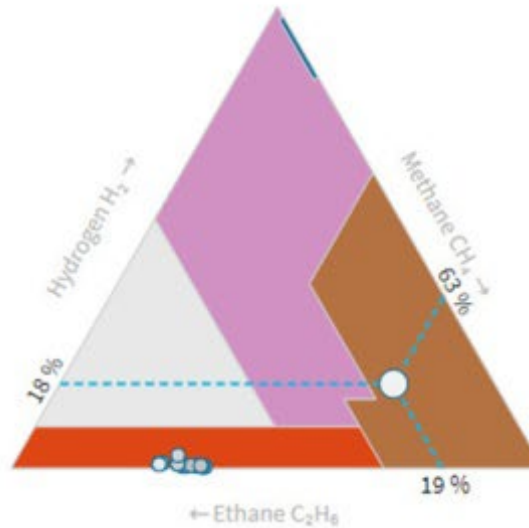
Measuring Alerts Help User

Duval Triangle 1



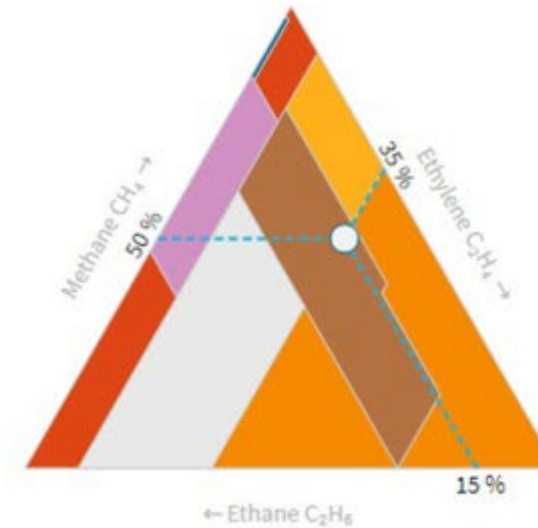
- T1: Thermal fault < 300 °C
- T2: Thermal fault 300..700 °C
- T3: Thermal fault > 700 °C
- DT: Thermal and electrical fault
- D1: Discharges of low energy
- D2: Discharges of high energy
- PD: Partial discharges (corona)

Duval Triangle 4



- O: Overheating
- C: Carbonization of paper
- S: Stray gassing of oil
- PD: Partial discharges (corona)
- Not determined

Duval Triangle 5



- T2: Thermal fault 300..700 °C
- T3: Thermal fault > 700 °C
- O: Overheating
- C: Carbonization of paper
- S: Stray gassing of oil
- PD: Partial discharges (corona)
- Not determined



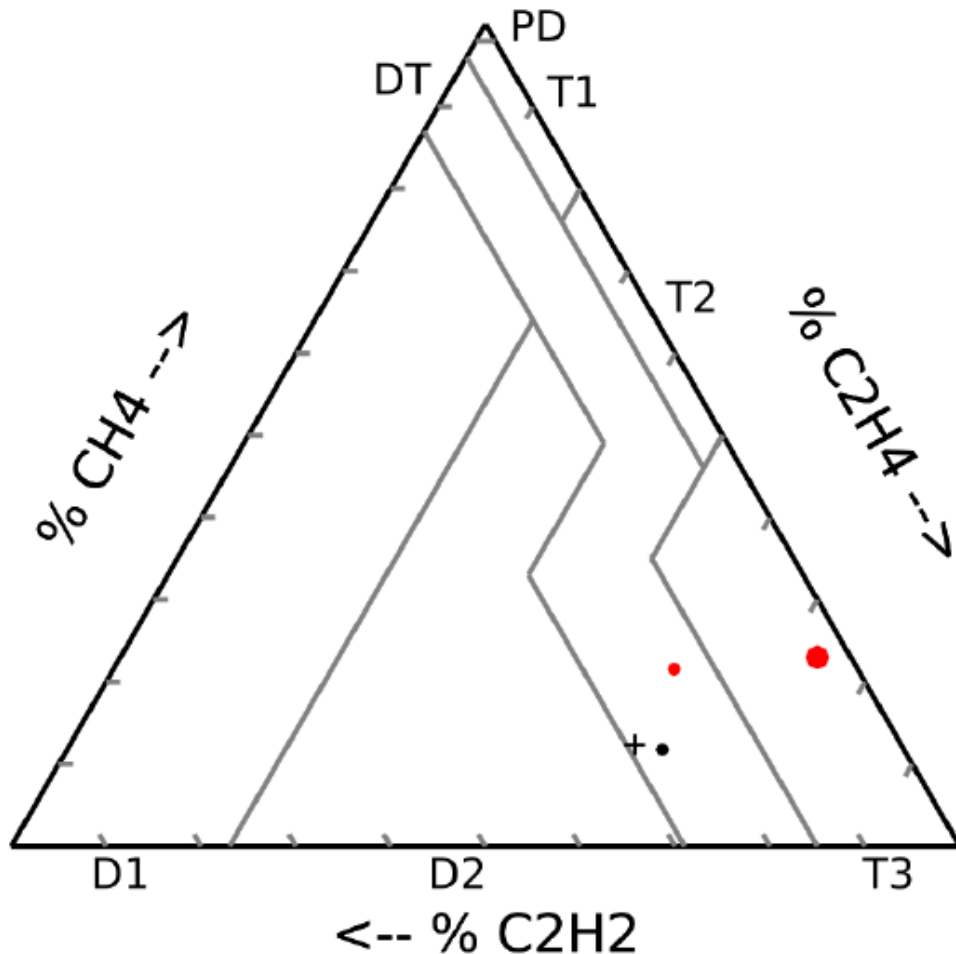
## DUVAL Duval $\Delta$ -ek és Pentagon 1-2 használata

- Mindkét Pentagon használható egyedül és együtt is a Duval  $\Delta 1$ ,  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$ -el együtt, hogy még pontosabb információt szerezzünk a hibákról.
- Duval  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$  a papír elszenesedéséről ad inkább információt, amely elég veszélyes hiba.
- Ha a Pentagon 1-2 és a Duval  $\Delta 1$ ,  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$  különböző hibát jelez, **az többszörös trafóhibát jelenthet.**
- Ez azért lehetséges, mert az egyes Duval diagnosztikák különböző súlyozással vonatkoznak az egyes gázokra. Összehasonlítva azokat azonosíthatjuk a többszörös hibákat.
- „S” és „T3” hibák esetén a  $\Delta 4$  érzékenyebb „S”-re a H<sub>2</sub> miatt,  $\Delta 5$  T3-ra a C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> miatt, amíg a Pentagon a kettő közötti érzékenységű.
- Duval  $\Delta 3$ ,  $\Delta 6$  és  $\Delta 7$ -nek (nem ásványolaj) megfelelő Pentagon később lesz.



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

Four Samples



Nagyon hasznos lehetőség a hiba kifejlődésének folyamatának vizsgálata:

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

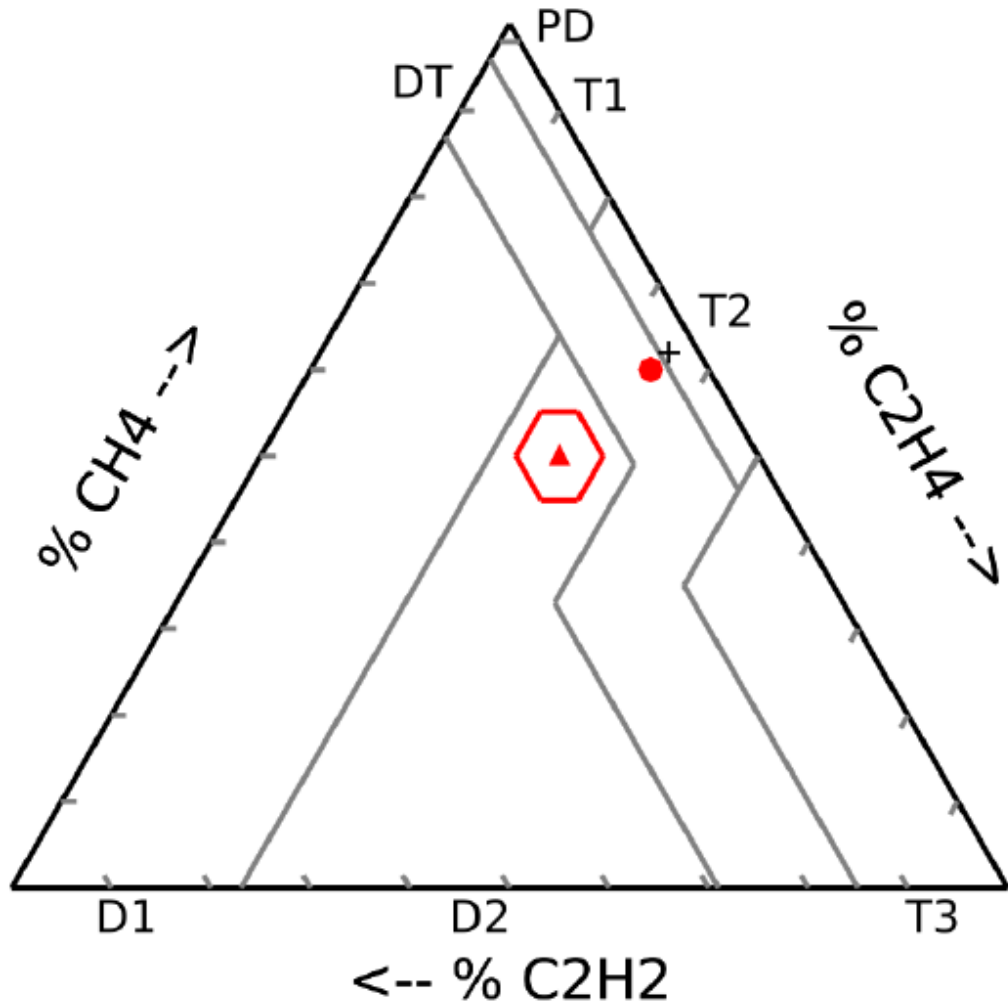
Tudhattuk volna már 2002-ben, hogy mi fog történni?





## „DUVAL 1” háromszög: gáznövekedés

Increment = new gas



-Itt is 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.

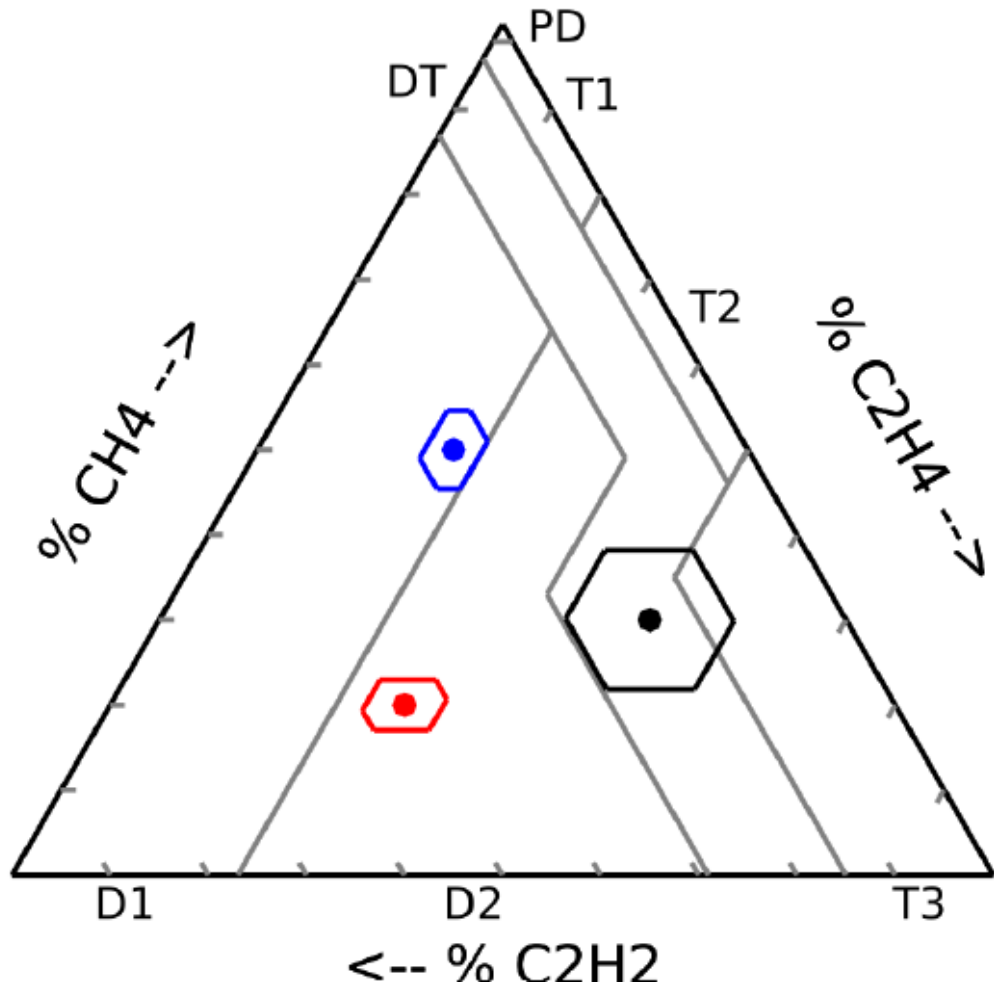
-Mit jelez a most keletkezett gáz?

-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

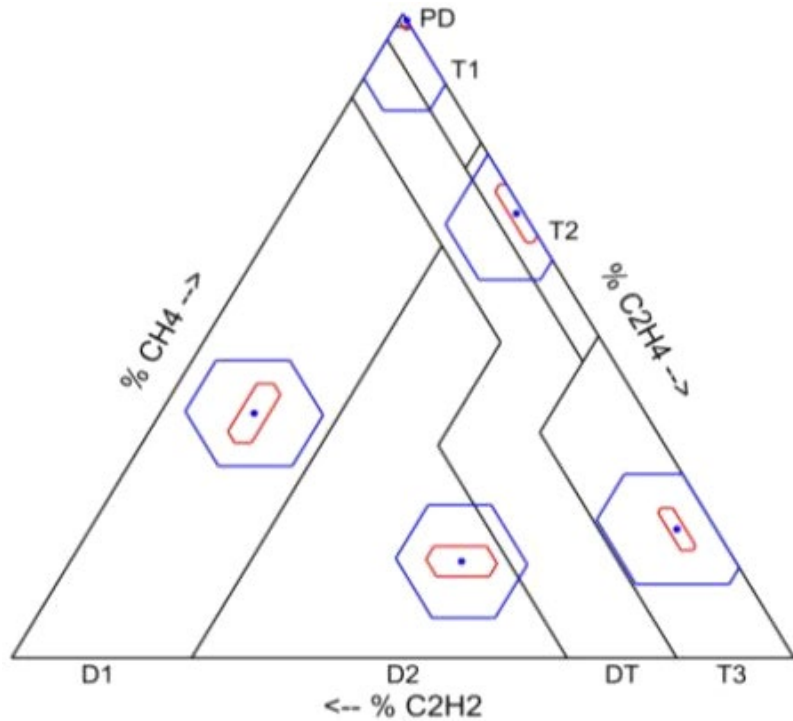


# PONTOSSÁG HATÁSA HGA kiértékelésekre

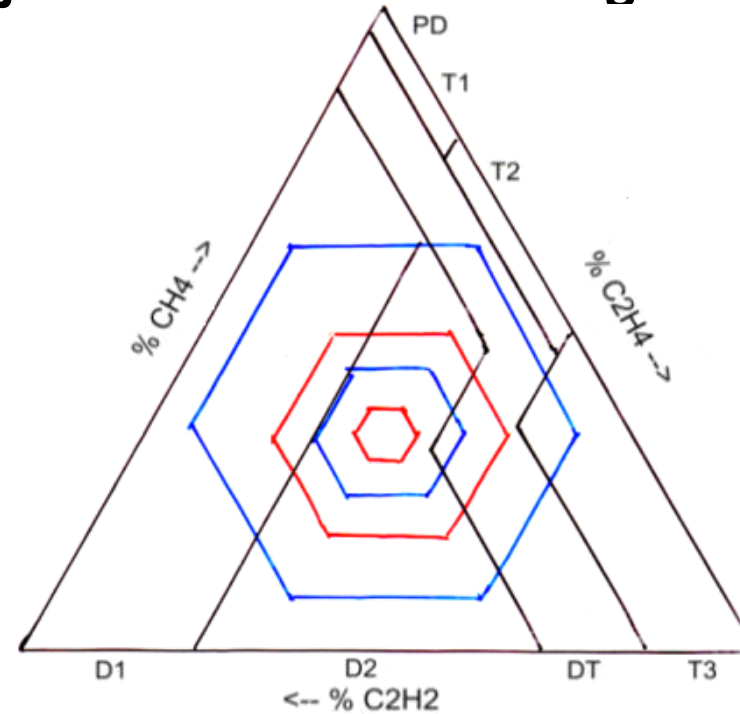
## Duval grafikus követés



## A kis pontosság hatása a HGA diagnosztikára – jól követhetők a Duval grafikus kiértékeléssel



**15% (piros), 30% (kék)**  
pontosság



**15, 30, 50 és 75%**  
(**piros, kék, piros és kék**) pontosság

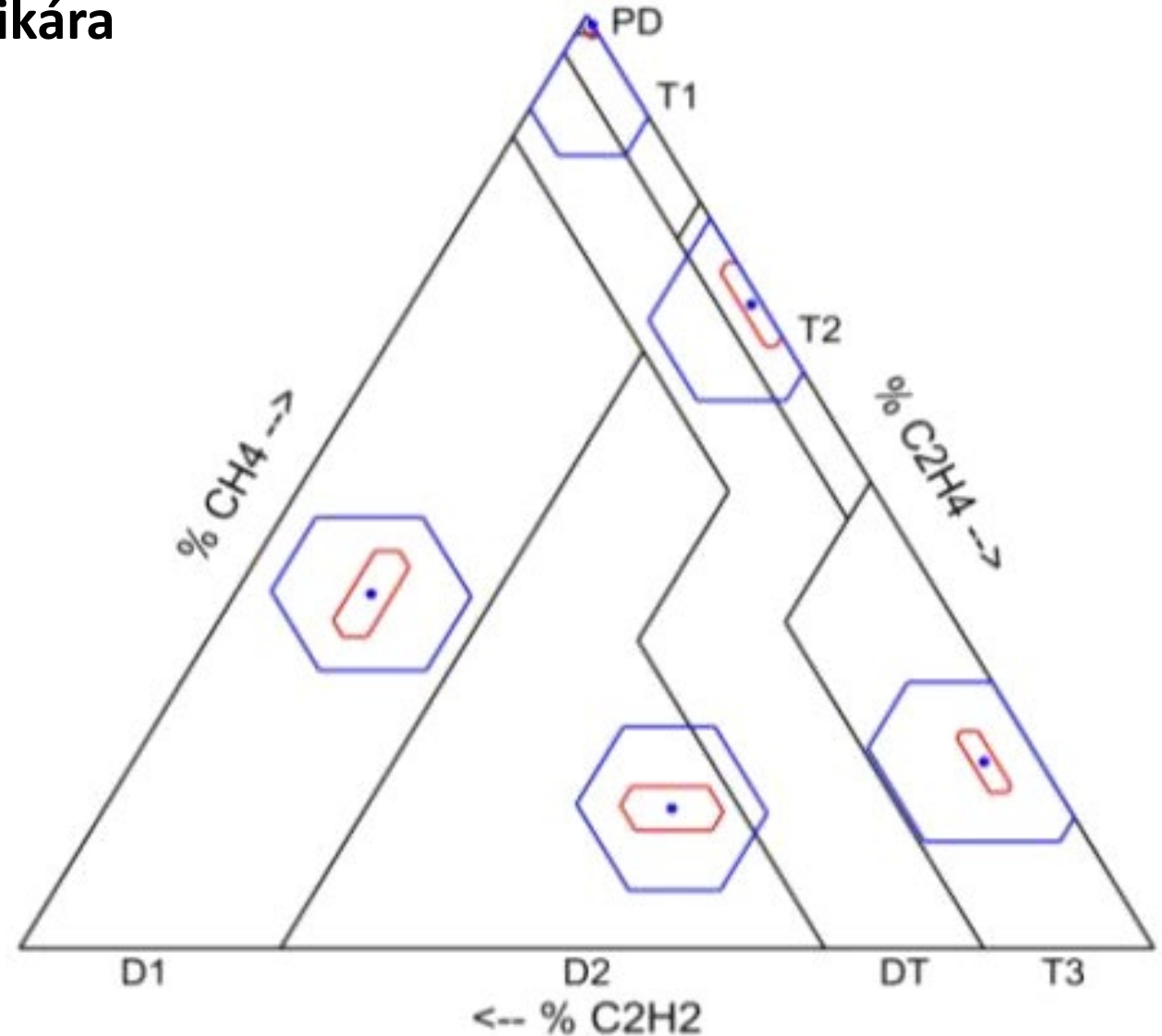


## A kis pontosság hatása a HGA diagnosztikára

Az elemzés alacsony pontossága hibás diagnózishoz vezethet.

A Duval háromszögben a 15%-os pontosság piros, a 30%-os pontosság kék színű. Jól látható, ha a „pont” a zónahatárok közelében van, akkor könnyen hibás diagnózis kaphatunk: pl. a D2 hiba DT-nek érezhető, a PD hiba pedig T1-nek.

**15% (piros), 30% (kék)**  
pontosság





## A nagyon alacsony pontosság hatása a HGA diagnosztikára

Ha nagyon alacsony a pontosság, pl. 50% és 75%, akkor már elvesztjük a megfelelő hiba detektálás lehetőségét:

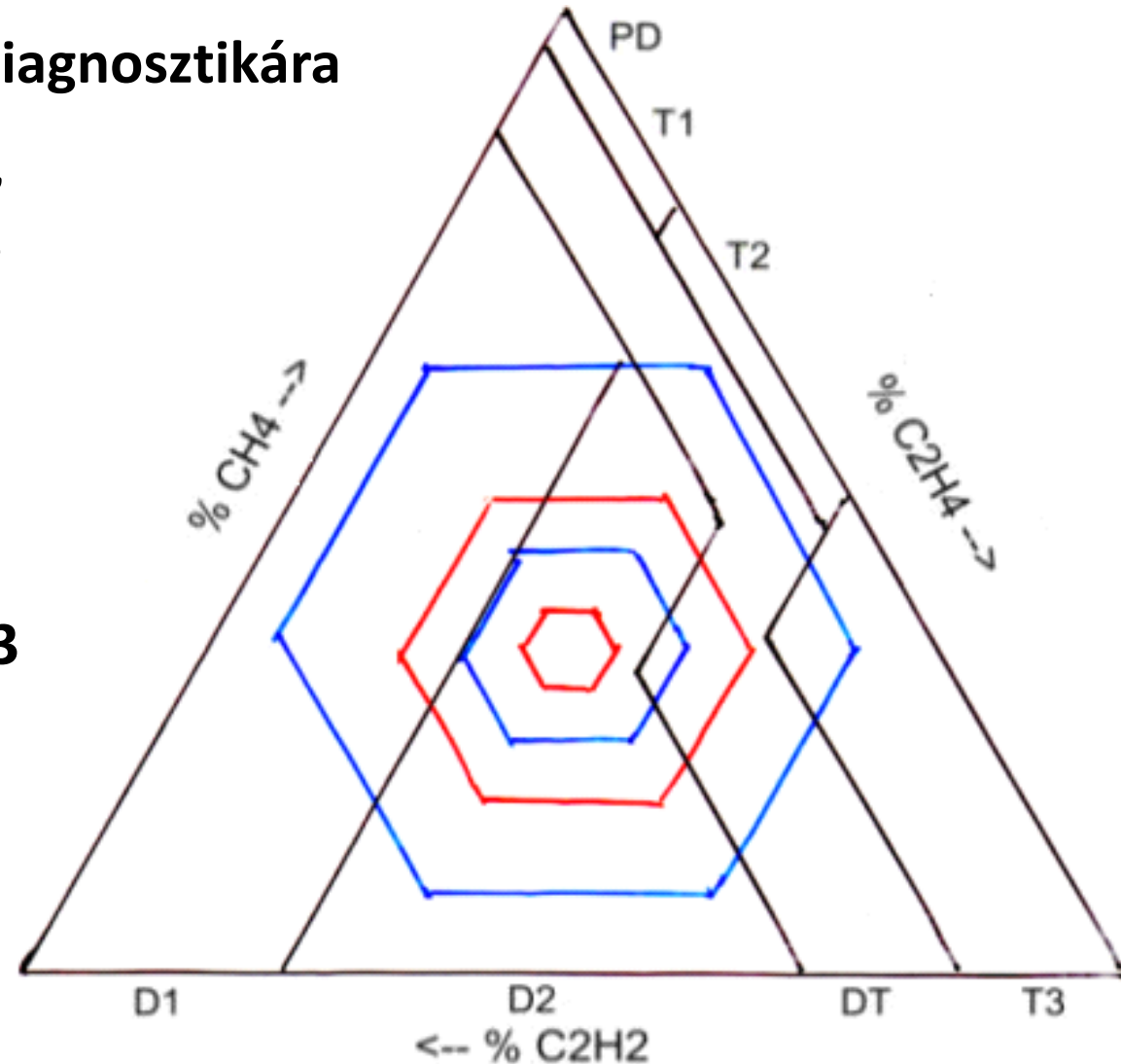
A Duval háromszög közepén a lévő „pont” D2 zónában van, de az 50%-os pontosság esetén érzékelhetjük D1-nek, vagy DT-nek.

De 75%-os pontosság esetén lehet D1, DT vagy T3 hibadiagnózis.

Nagy előny a grafikus követhetőség

**15, 30, 50 és 75%**

(**píros, kék, píros és kék**) pontosság

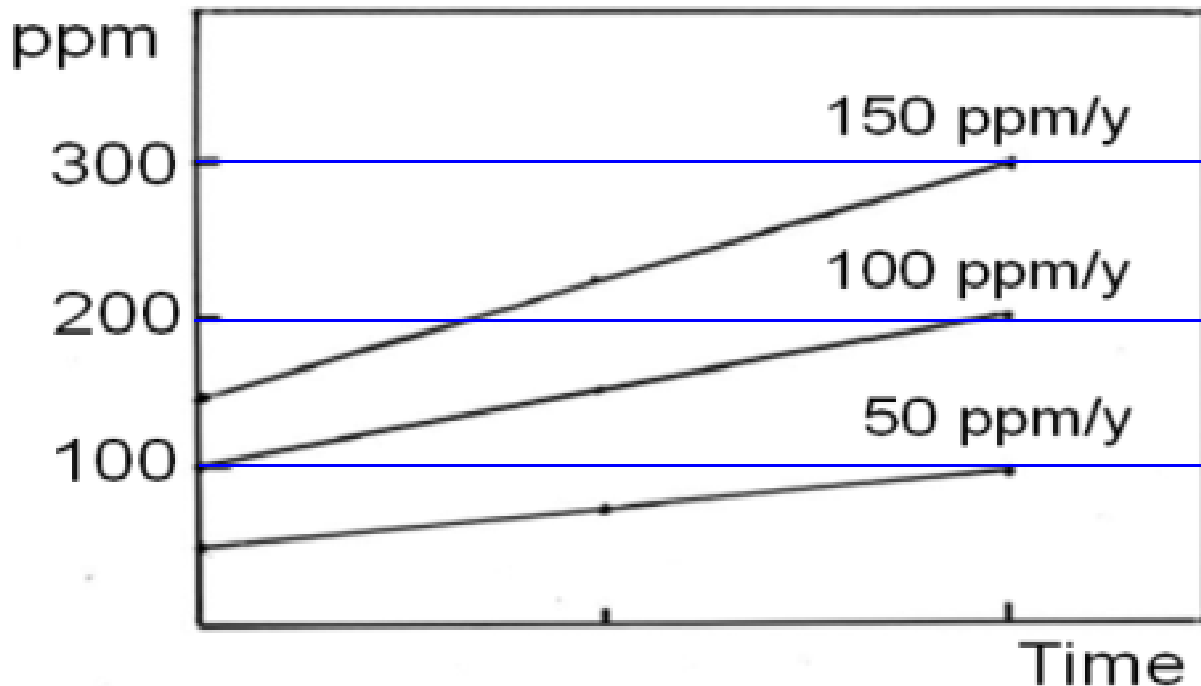




## A pontatlanság hatása a HGA trendanalízisre

A közhiedelemmel szemben, a **pontatlanság befolyásolja a HGA trendet** Pl., ha a tényleges gáz a trafóban 100ppm, a pontatlanság erre a gázra (belső kalibrációs probléma miatt) **+50%**, a kijelzés 150ppm lesz.

Ha növekedése 100ppm/év, egy évvel később a tényleges gázkoncentráció 200ppm lesz, de a monitor kijelzése 300ppm , azaz így **hibás riasztást, vészjelzést fog leadni.**



**Vagy fordítva:** ha pontosság erre a gázra **-50%**, a monitoring által adott gáz trend 50ppm/év lesz; egy év után, 100ppm-et fog mutatni a 200ppm helyett, így **nem fog egy potenciálisan veszélyes hibát kijelezni.**



## **A DUVAL három- és ötszög elemzés során az alábbi lehetőségek vannak:**

- Új hibák ill. igénybevételek felderítése
- Új határértékek felállítása tipikus és hiba-előtti gázkoncentrációkra
- A módszerek különböző esetekre és eszközökre történő kiterjesztése (olajváltás, OLTC)
- A vizsgált gázok számától függően különböző biztonságot kaphatunk
- Ha pl. 6 gázos monitoring rendszert használunk, akkor mind a 10 HGA szabványos hibát detektálni tudjuk.
- Kevesebb hibagáz érzékelés esetén is lehet a DUVAL szögeket használni, de nagyobb „alaptudás” szükséges.
- A gáz detektálás pontossága meghatározó a megfelelő HGA diagnózishoz.





### Duval HGA főbb előnyei:

- Felismeri, ill. elejti a rossz adatokat, mielőtt kiértékelnénk.
- Trend követésével követhető a hiba, ill. a hiba átváltozása.
- Gáz szintek növekedésekor, a háttér gázok kivonhatók, a növekmény gáz már más hibát is jelenthet.
- Az adat bizonytalansága követhető az egyes zónákban, javulhat a diagnózis.
- Óvatosan kezelhető a szokatlan állapot.
- A  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$  alacsony hőmérsékletű jelenségekről, a papír elszenesedéséről ad infót. Ez azért lehetséges, mert az egyes Duval diagnosztikák különböző súlyozással szerepeltetik az egyes gázokat.
- Mindkét Pentagon használható egyedül és együtt is a Duval  $\Delta 1$ ,  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$ -el együtt, hogy még pontosabb információt szerezzünk a hibákról. „DUVAL 1 és 2” ötszögek a „DUVAL 1, 4 és 5” háromszögek kombinációja, így mind a 11 hiba beazonosítható. Ha a Pentagon 1-2 és a Duval  $\Delta 1$ ,  $\Delta 4$  és  $\Delta 5$  különböző hibát jeleznek, az **többszörös trafóhibát jelenthet**.
- „S” és „T3” hibák esetén a  $\Delta 4$  érzékenyebb „S”-re a H<sub>2</sub> miatt,  $\Delta 5$  T3-ra a C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> miatt, amíg a Pentagon a kettő közötti érzékenységű.
- $\Delta 3$ ,  $\Delta 6$  és  $\Delta 7$ -nek (nem ásványolaj) megfelelő Pentagon is lesz hamarosan.



# Konklúziók



- HGA a legjobb diagnosztika a belső hibák feltárására, de **ehhez megbízhatónak** kell lenni.
- Egyes HGA kiértékelések egyedül „**nem elég pontosak**”, **több értékelési rendszerek + online monitoring: ekkor akár 93% pontosság.**
- **Gyors fejlődés**, új kiértékelések, de „protokollok” gépies használata még nem elegendő a megbízható diagnosztikához, **a specialisták állandó továbbképzése** szükséges (TUTORIAL).
- A „**nem hatályos szabványok**” még jó műszaki dokuk, **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, esetenként konzílium is szükséges.
- A **hamis diagnózis** esetén rejtve marad a hiba: **meghibásodás, költségtöbblet**, szükségtelen beruházás, trafócsere, stb. lehet a következmény.
- IEEE, CIGRE, Doble, IEC, HGA szakértői GUIDE-ok, stb. vannak forgalomban az állapot meghatározására: **nehéz az eligazodás**, eltérő és ellentmondó határértékek.
- Szükségesnek látszik megfelelő adatbázis, tudásbázis, azaz szakértői rendszer felállítása, végsősoron egy **AI (artificial intelligent), MI rendszer felállítása.**



**Köszönöm a  
figyelmet!**


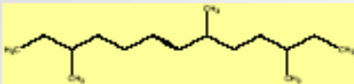
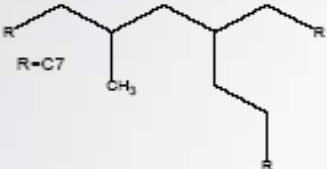
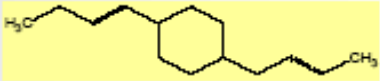
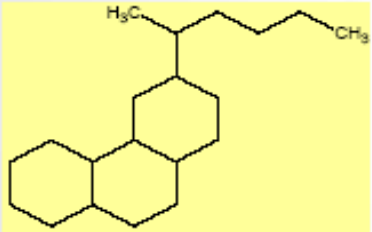





- Ezt azért fontos megjegyezni, mert a HGA önállóan is egy bonyolult diagnosztika, így sokszor szabványoknak megfelelően „gépiesen” végzik a kiértékelést.
- Laborokban „vegészek” adják ki először a diagnózist, amit sokszor szintén „gépiesen” elfogadnak.
- Nagyon fontos, hogy egy olyan szakértői rendszert hozzunk létre, amely tartalmazza a „mindenféle” szakértők által fontosnak tartott ismereteket, adatbankot, amelyek alapján „gépiesen” kiadható egy „korai figyelmeztetés”, mielőtt komoly meghibás történne.
- Ekkor léphetne be a kiértékelési rendszerbe a speciális tudással bíró szakértő, aki dönthetne a további üzemről, meddig maradhat üzemben az egység változtatások nélkül, bizonyos változtatásokkal (hőmérséklet és terhelés csökkentés), ill. mi legyen a szükséges beavatkozás és javítás.
- Ezért fontos a HGA-ról úgy is beszélni, hogy azt hogyan lehet beintegrálni a nagy rendszerbe.



## A bázisolajok tulajdonságai

Vegyülettípus	Szerkezet	VI	Folyás	Oxidációs stabilitás
▶n-Paraffin (Wax)		igen nagy ~175	szilárd @ 50°C	kiváló
▶iso-Paraffinok, oldallánccal		magas ~150	jó	kiváló
▶iso-Paraffinok, hosszú oldallánc (PAO)		jó ~130	jó	kiváló
▶ciklo-Paraffinok, egy-gyűrűs+oldallánc		jó ~130	rossz	jó
▶Naftének, polikondenzált		alacsony ~60	rossz	közepes
▶Monoaromások, hosszú oldallánccal		alacsony ~60	rossz	közepes



- Trafó a legkritikusabb hálózati elem, kiesése általában a legnagyobb veszteséget okozza.
- Ennek megfelelően megfelelő diagnosztika ill. monitoring rendszer kiépítése dukálna, beleértve a HGA diagnosztikát is, hogy megelőzzük a kieséseket, ill. azokból származó veszteségeket.
- **A HGA alapja a hibagázok keletkezése** és a meghibásodások közötti fizika összefüggések.
- Rendkívül fontos, hogy ezeket az alapjelenségeket pontosan ismerjük, különben hogyan tudnák megbízható diagnosztikát létrehozni.
- Ismerni kell az olaj-papíros szigetelési rendszer fizikai-kémiai tulajdonságait, a trafó villamos paramétereinek változását a különböző behatásokra (öregedés, terhelés, hibák, stb.):
- Tehát össze kell gyűjteni az összes információt és különböző szempontok szerint értékelni.
- HGA sem „önálló” értékelendő, végső soron mindent diagnosztikát egyben kell értékelni.
- Ha a CO és CO<sub>2</sub> állandó értékű, akkor tudhatjuk, hogy a papírral nincs probléma.



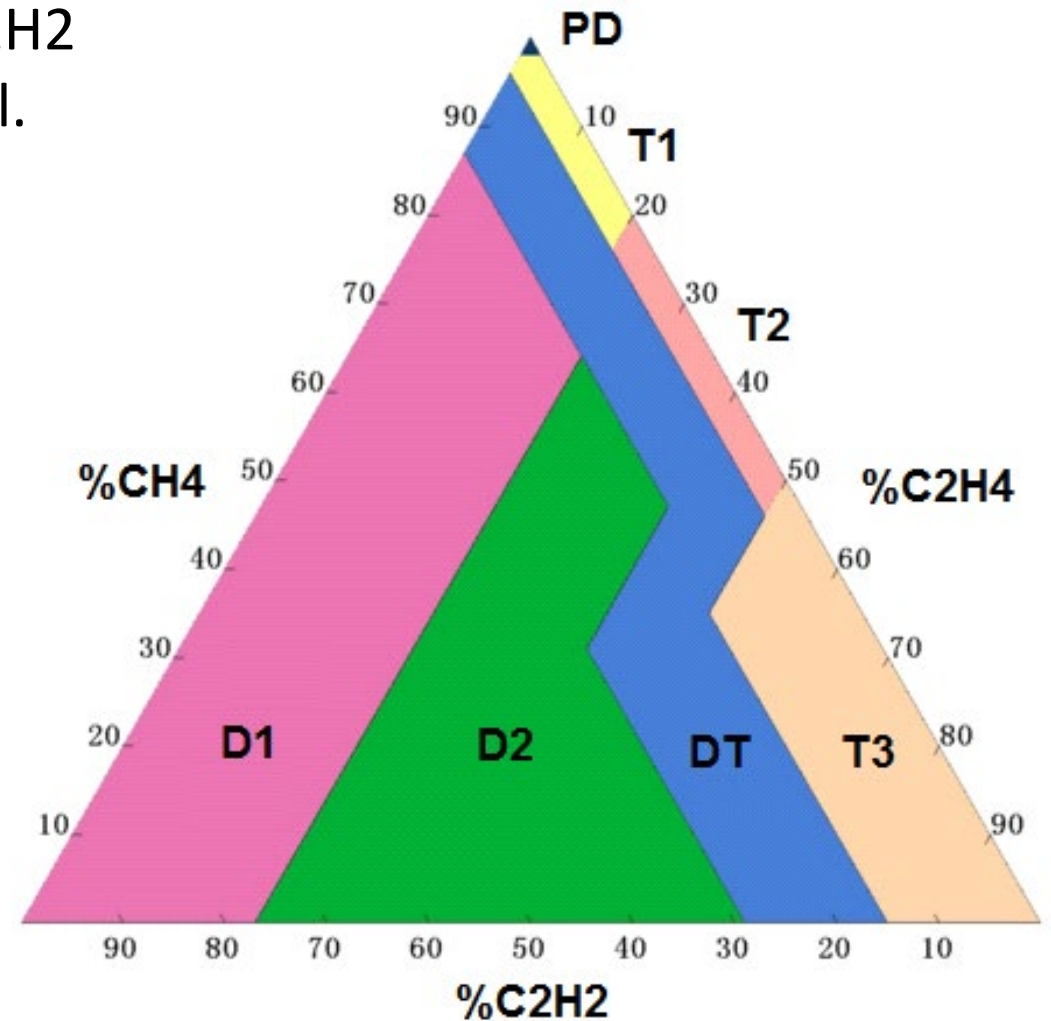
## Röviden az „bázisolaj” jelenségről - 2024

- Tehát tudunk a „**bázisolaj befolyásoló tényezőkről**”, de mégsem „emeljük ki”, időnként elsiklik a tekintetünk felettük.
- Régen „nem inhibitált”, aromás olajokat használtak, majd jöttek a parafinos, nafténes, inhibitorral vagy nélküle, észterek, stb. olajok. **Említésre került, hogy inhibitor esetén nagyobb CO, CO<sub>2</sub> és H<sub>2</sub> képződik.**
- Új HGA eredmények születtek, de a régi nem volt rossz, csak más olajtípusra fejlesztették ki, de nem figyeltek arra, hogy más az olajtípus.
- Termikus stressz esetén telítődött szénhidrogének, mint hibagázok főleg nafténes jellegű olajoknál keletkeznek, azaz aromás és gyűrűs szénhidrogének termikus túligénybevétele esetén.
- Különböző típusú gázok (parafinos, nafténes, nafténes inhibitorral vagy nélküle, észter, stb.) **más-más gáz lenyomatokat adnak. Javaslat: pl. CIGRE tudásbázis tanulmányozása.**





- Duval 1háromszög: Duval 1970-es években fejlesztette ki az első „háromszögét” CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> és C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> gázokra, összhangban gázképződés növekvő szintjével. Nagy előnye a módszernek, nagyobb pontosság az összes többihez képest.
- Hat fő zóna van: PD, D1, D2, T1, T2, T3. D+T a termikus és villamos hiba kombinációja.
- A bizonytalanságok még átfogóbb diagnosztikához vezettek.
- Duval 1 háromszög: Ausztrál felmérés szerint 88%-osan sikeres.



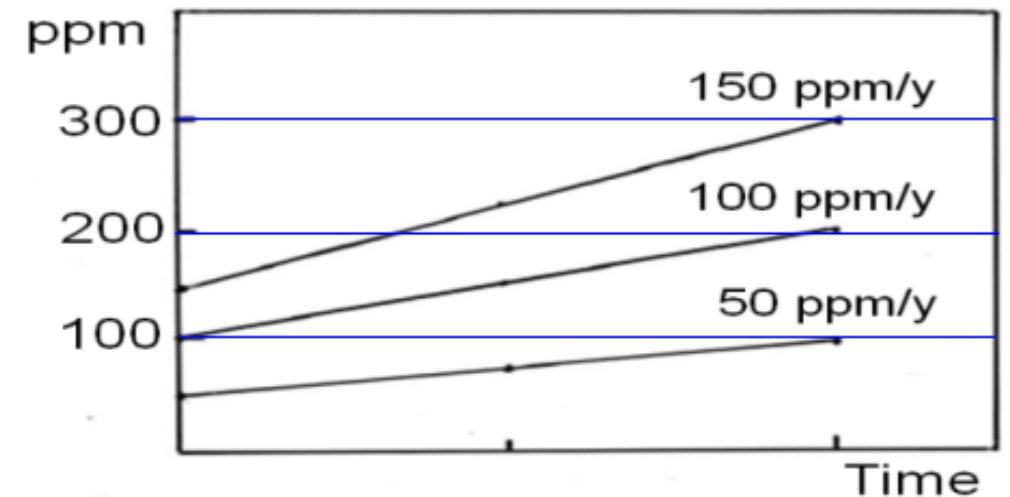


## Az alacsony pontosság hatása a HGA trend alakulására

Ha a trafóban a tényleges gázkoncentráció 100ppm, a pontosság +50%, (pl. kalibrációs probléma miatt), akkor a kijelzés 150ppm lesz. Ha pl. egy év múlva a tényleges gázkoncentráció 200ppm lesz, akkor a kijelzés 300ppm lesz.

Így éves 150ppm/év gáznövekedési trend fog kiadódni a tényleges 100ppm/év helyett, azaz hibás kijelzést fog adni.

És fordítva is igaz, ha -50% a pontosság, az éves gáznövekmény 50ppm/év esetén a monitoring 100ppm-et jelez, a 200ppm helyett, tehát nem ad ki hibajelzést a tényleges (akár veszélyes) hibára.





Se