



# Hogyan segíti az ipari termelést és növekedést a korszerű műszeres analitika?

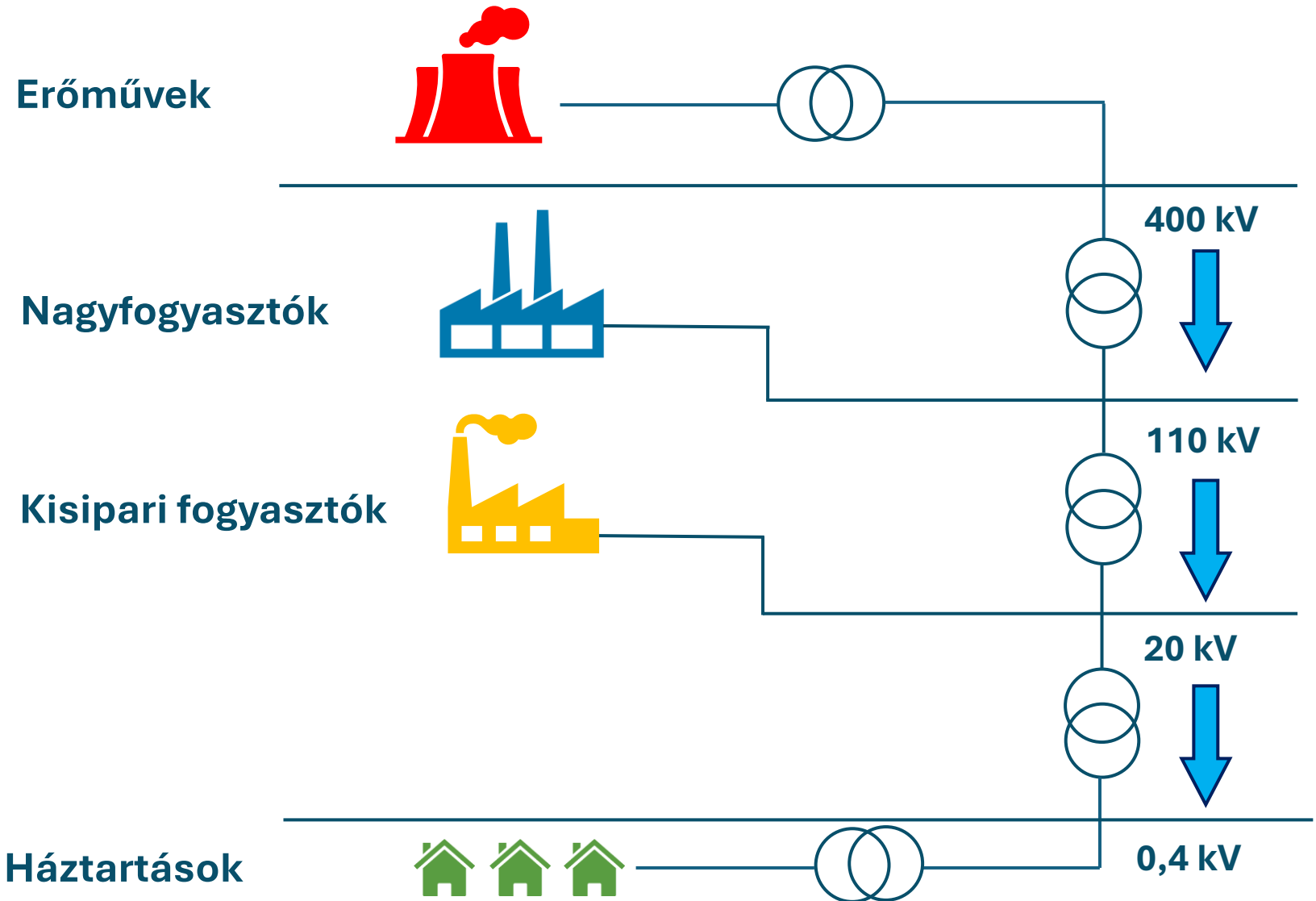
**Dr. Kirchkeszner Csaba**

okl. vegyészmérnök, kereskedelmi képviselő

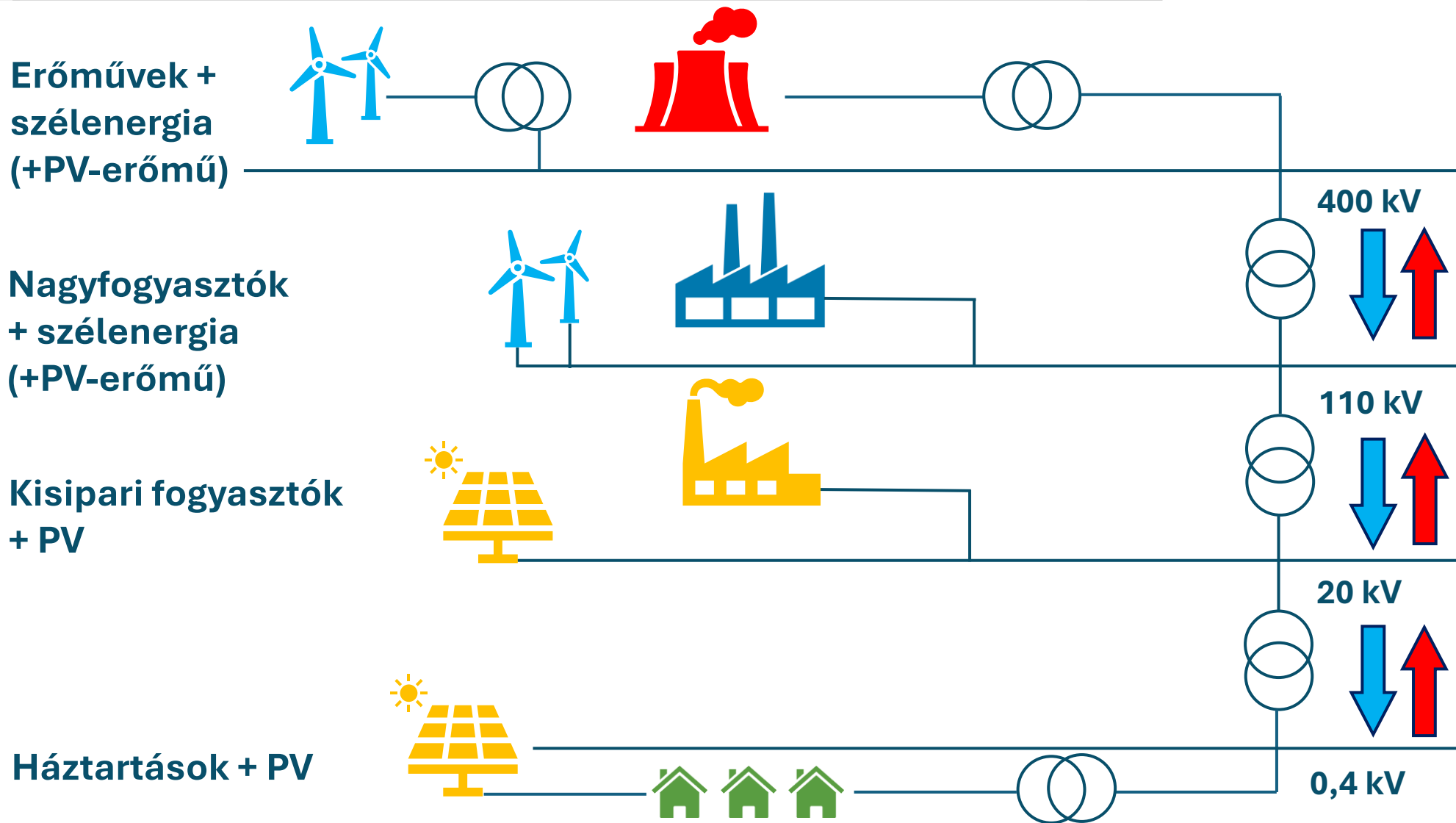


# A villamosenergia-ellátási rendszer

Egykor...



# A villamosenergia-ellátási rendszer



Ma...

# Nincs zöldátállítás a villamosenergia-tárolókapacitások fejlesztése nélkül



Időjárásfüggő **megújuló energiaforrások** terjedése



**Villamosenergia-tárolókapacitások** fejlesztése és növelése

**Akkumulátorok**



**Hidrogén**



# A műszeres analitika szerepe az atomerőművekben



A primerköri hőhordozó elem- és ionösszetételének vizsgálata



A szekunderköri tápvíz elem- és ionösszetételének vizsgálata



Póttápvíz elemzése



# Hogyan mérjük meg a primerköri hőhordozó pH-értékét?

## A pH elvi definíciója\*:

$$\text{pH} = -\lg a_{\text{H}_3\text{O}^+} = -\lg\left(\frac{\gamma_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot m_{\text{H}_3\text{O}^+}}{m^0}\right)$$

## A pH műveleti definíciója\*:

$$\text{pH}[X] = \text{pH}[S] + \frac{F(E_e[S] - E_e[X])}{\ln(10)RT}$$

\*Prof. Dr. Láng Győző előadásai nyomán



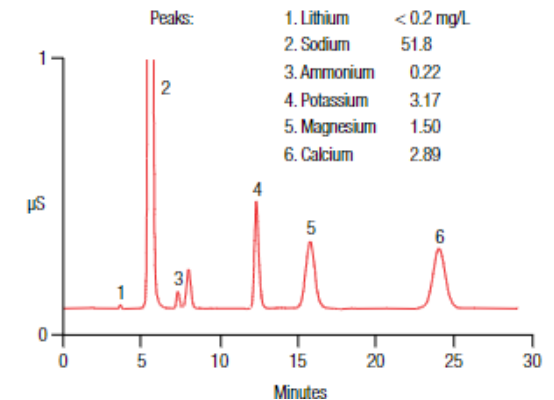
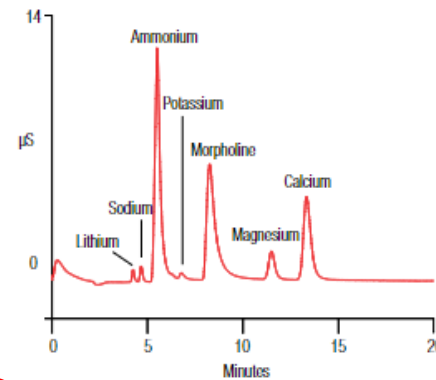
# Hogyan mérjük meg a primerköri hőhordozó pH-értékét?



Dionex™ Inuvion™ IC



iCAP PRO ICP-OES  
iCAP RQ-Plus ICP-MS



# Gázelemzések szerepe a nagyfeszültségű villamos transzformátorok szempontjából



A transzformátorolajokban – a transzformátor működése során – felszabaduló gázok elemzése





# Transzformátorolajokban található gázok elemzése



TCD + FID



TriPlus 500  
gőztéranalizátor



Trace1610  
gázkromatográf

$\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6,$   
 $\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_2$

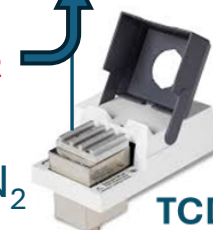
FID



$\text{CH}_4$

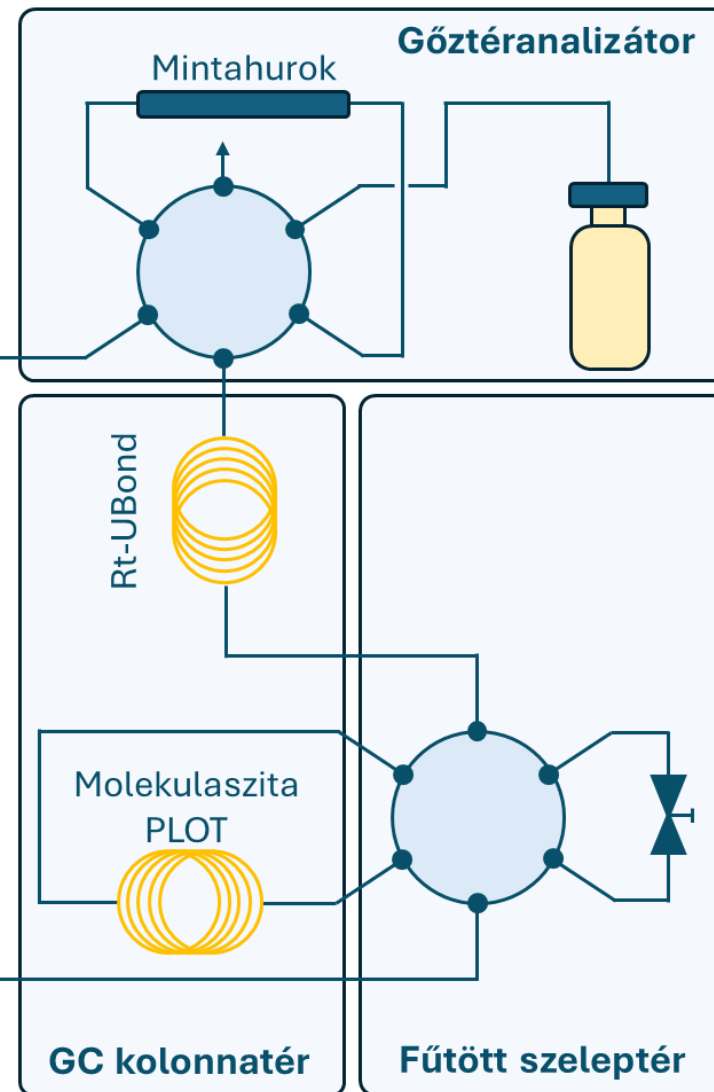
Metanizátor

$\text{CO}, \text{CO}_2$

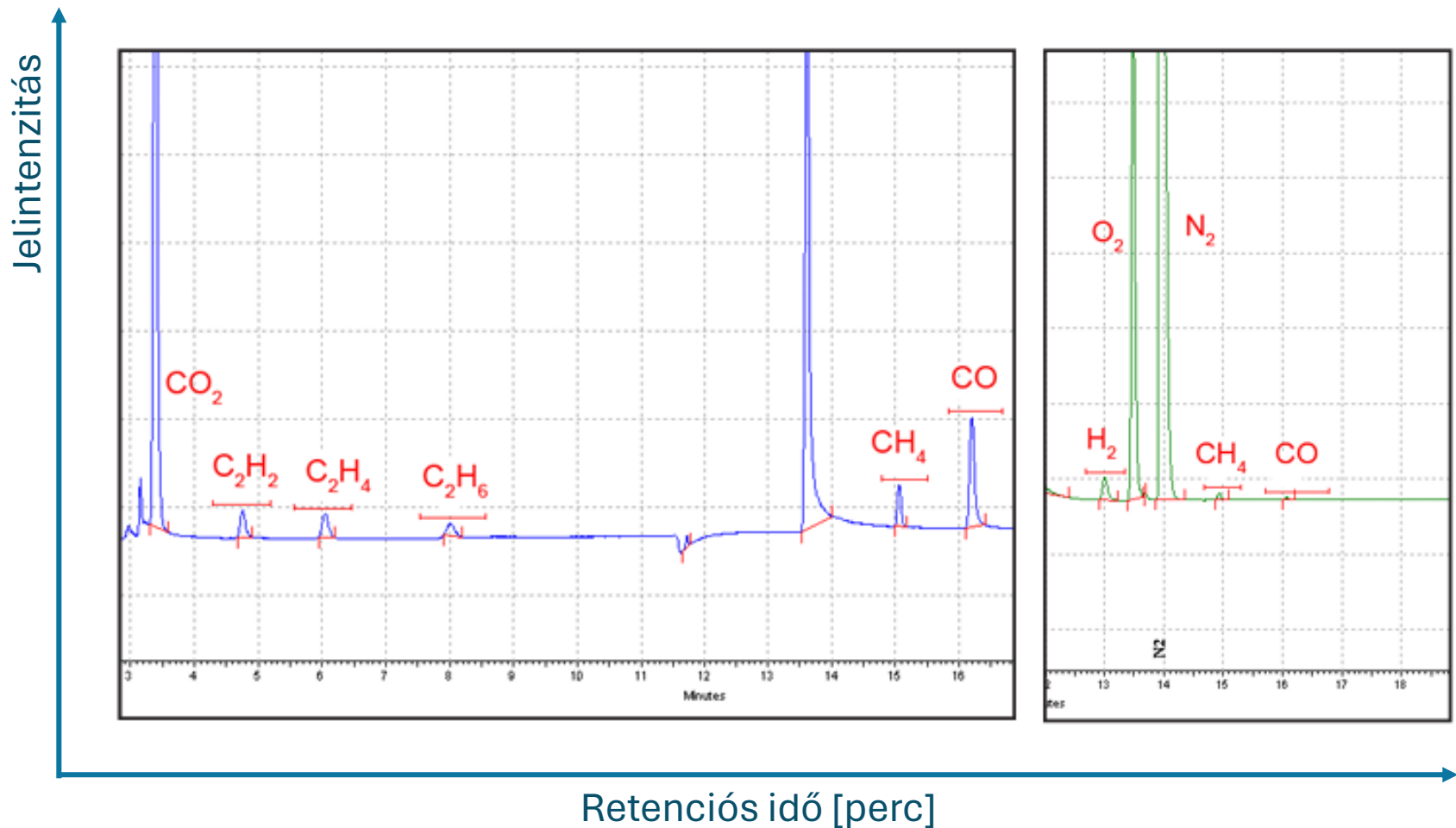


$\text{H}_2, \text{O}_2, \text{N}_2$

AUX  
gáz



# Transzformátorolajokban található gázok elemzése



Component	Detection limit GAS (ppm)
CO <sub>2</sub>	< 1
Acetylene	< 1
Ethylene	< 1
Ethane	< 1
Hydrogen	< 5
Oxygen	< 100
Nitrogen	< 100
Methane	< 1
CO	< 1

# Gázelemzések szerepe a lítiumion-akkumulátorok értékláncában



NMP (*N*-metil-2-pirrolidon) maradékának meghatározása a katódból



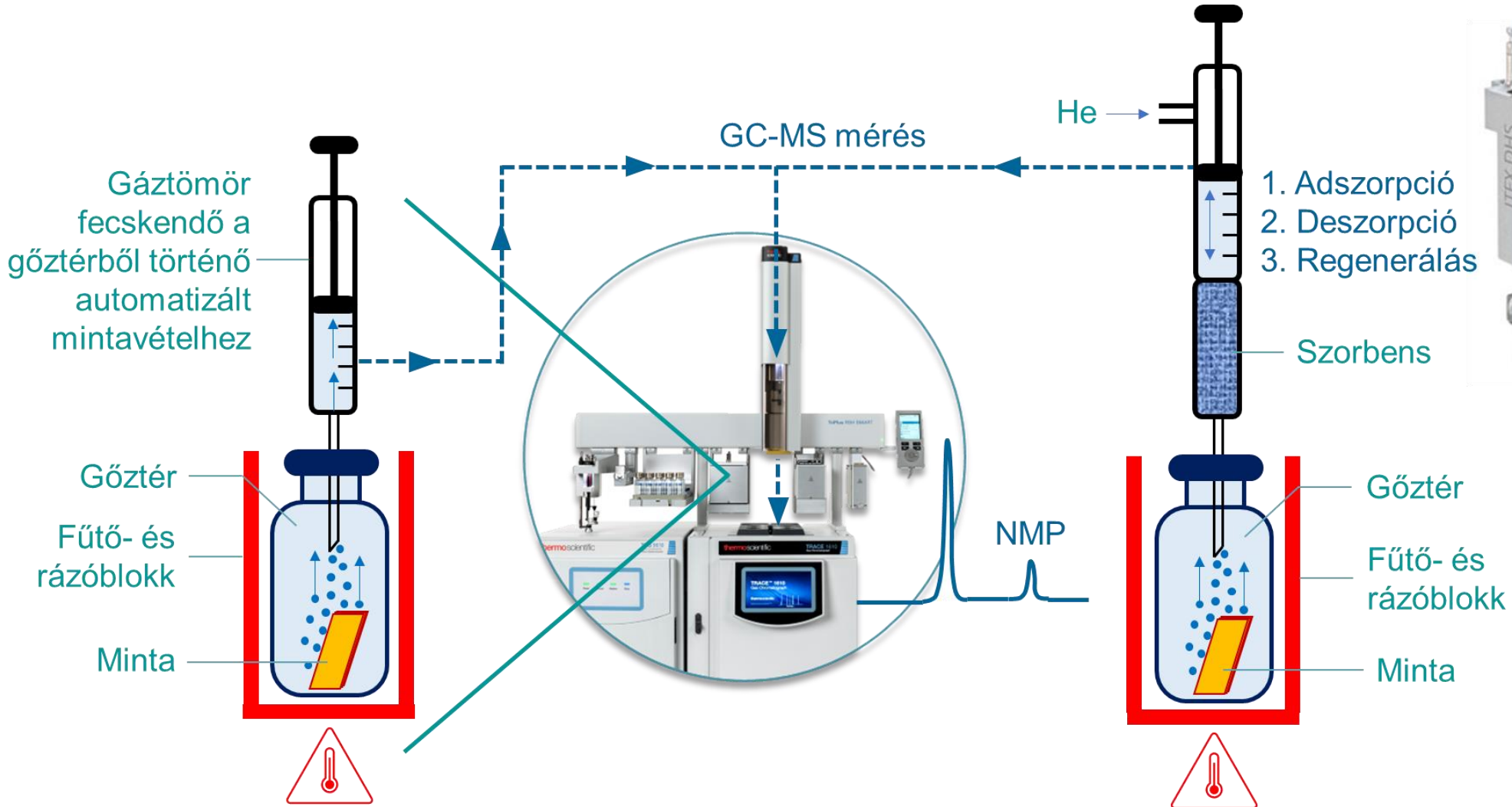
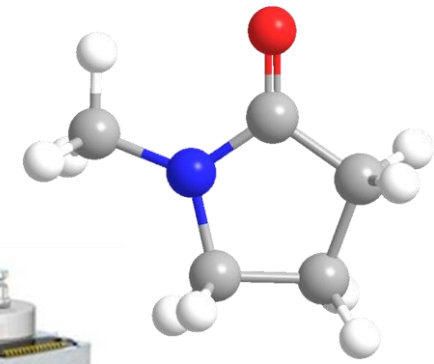
Az elektrolitoldat degradációjának vizsgálata, a degradáció markervegyületei



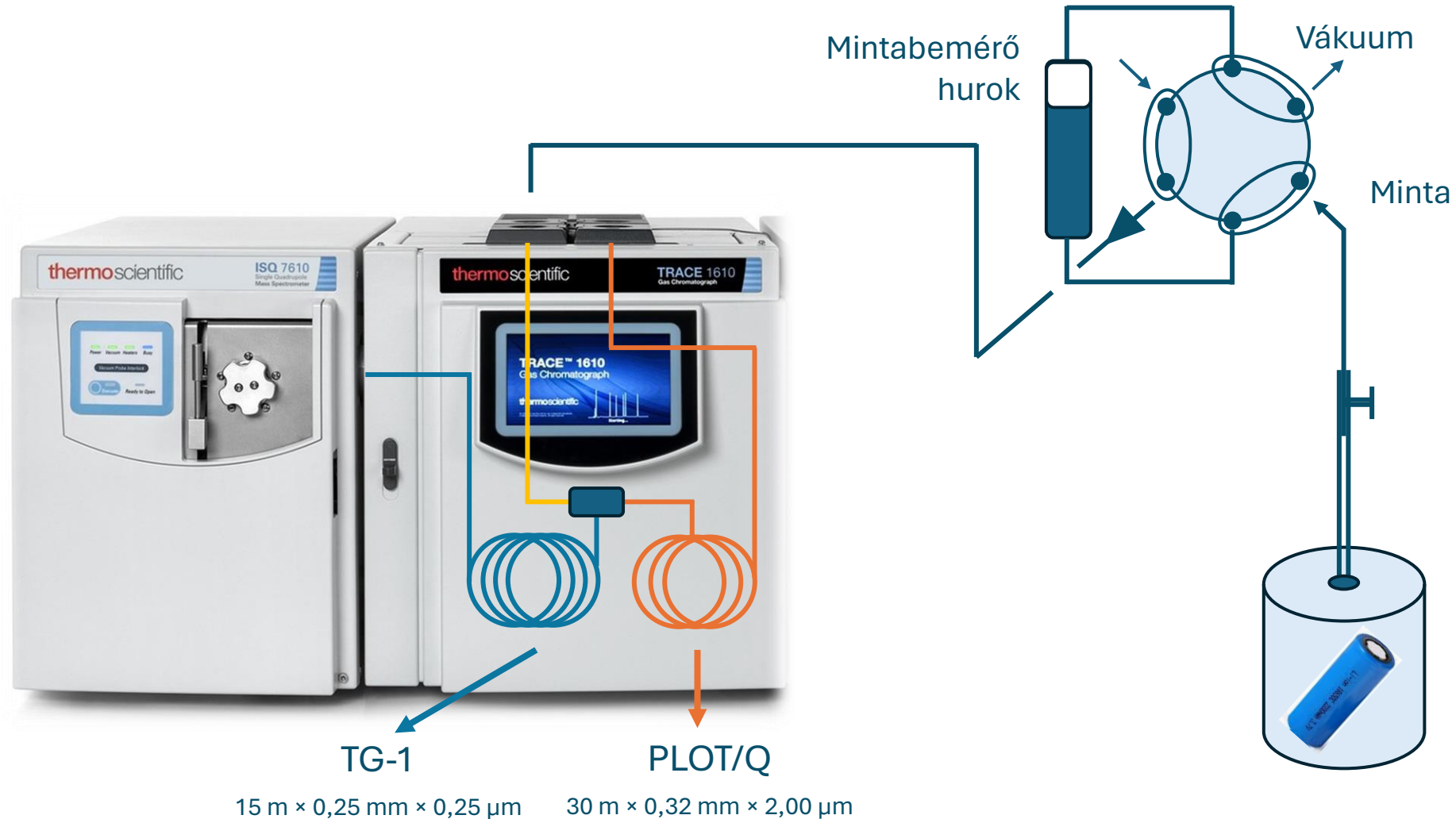
Munkahelyi levegő online monitorozása lítiumion akkumulátorgyárakban



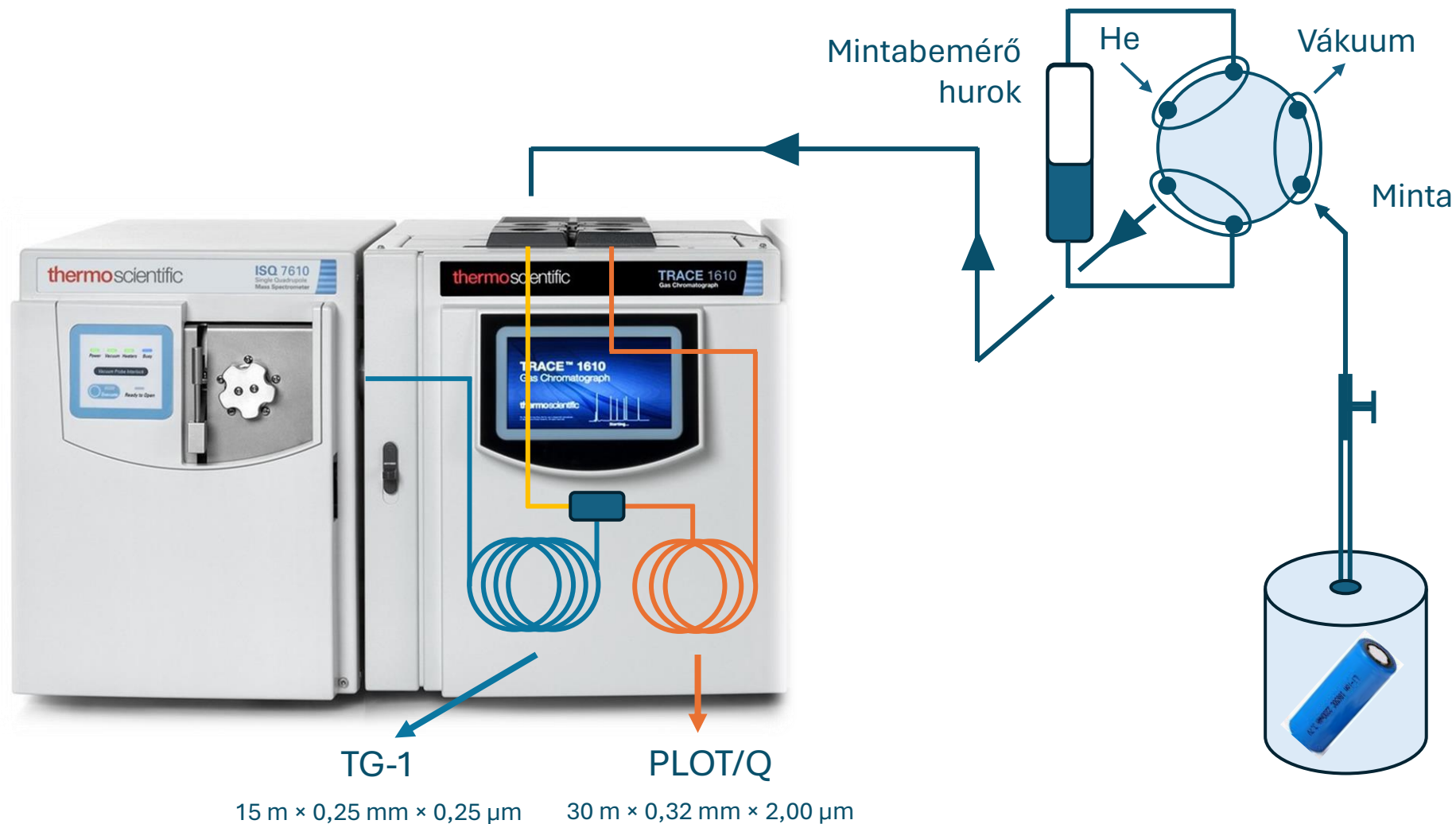
# NMP maradék vizsgálata katódból HS-GC-MS módszerrel



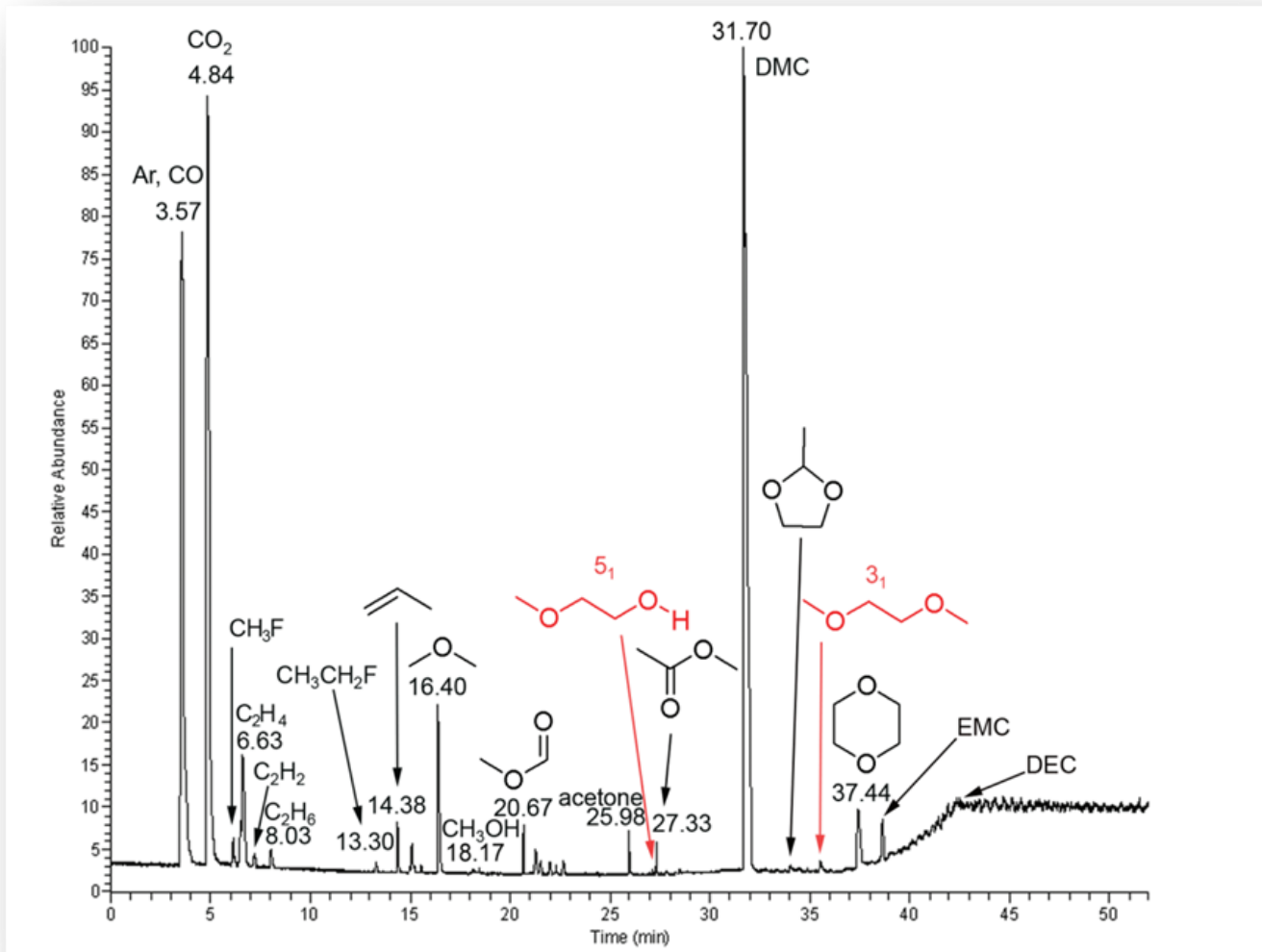
# Az elektrolitoldat degradációjának tanulmányozása



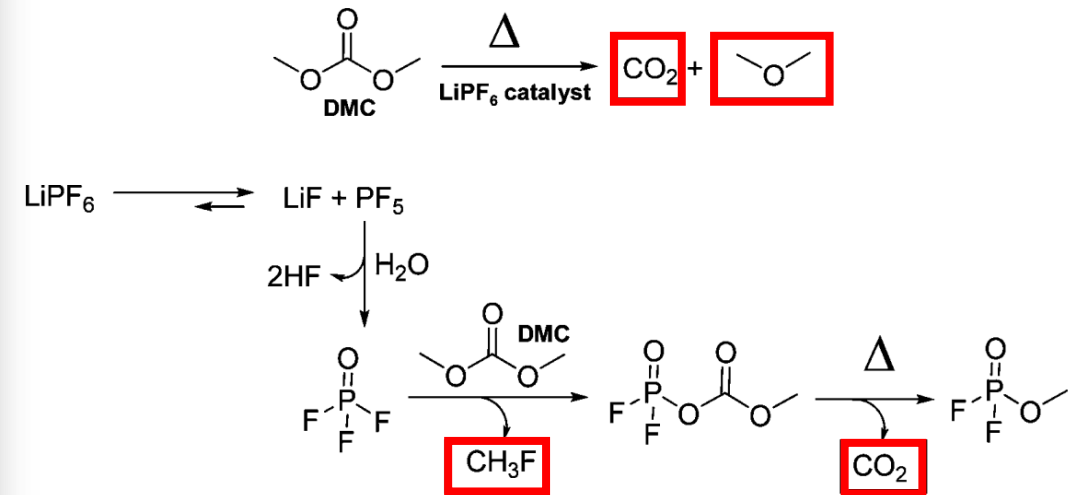
# Illékony és közepesen illékony bomlástermékek vizsgálata



# Illékony és közepesen illékony bomlástermékek vizsgálata



## Markervegyületek és keletkezési mechanizmusuk:



<https://doi.org/10.1021/ac101948u>

# Ipari beltéri levegő on-line monitoringja

## MAX-iR FTIR



## Főbb jellemzők:

Valós idejű gázelemzés (1 s–1 perc válaszütem)

1–32  $\text{cm}^{-1}$  felbontás

10 méteres optikai úthossz

VCSEL diódalézer

Szilikon-karbid (SiC) IR-forrás

Nincs szükség az optika átöblítésére

Precíz hőmérséklet- és nyomá szenzor

DTGS (deuterált triglicin-szulfát) detektor

## Opciók:

ASC-10 automata mintavevő modul

StarBoost technológia: MCT vagy InAs detektor

MAX-OXT termikus oxidációs modul

## ASC-10 automata mintavevő modul

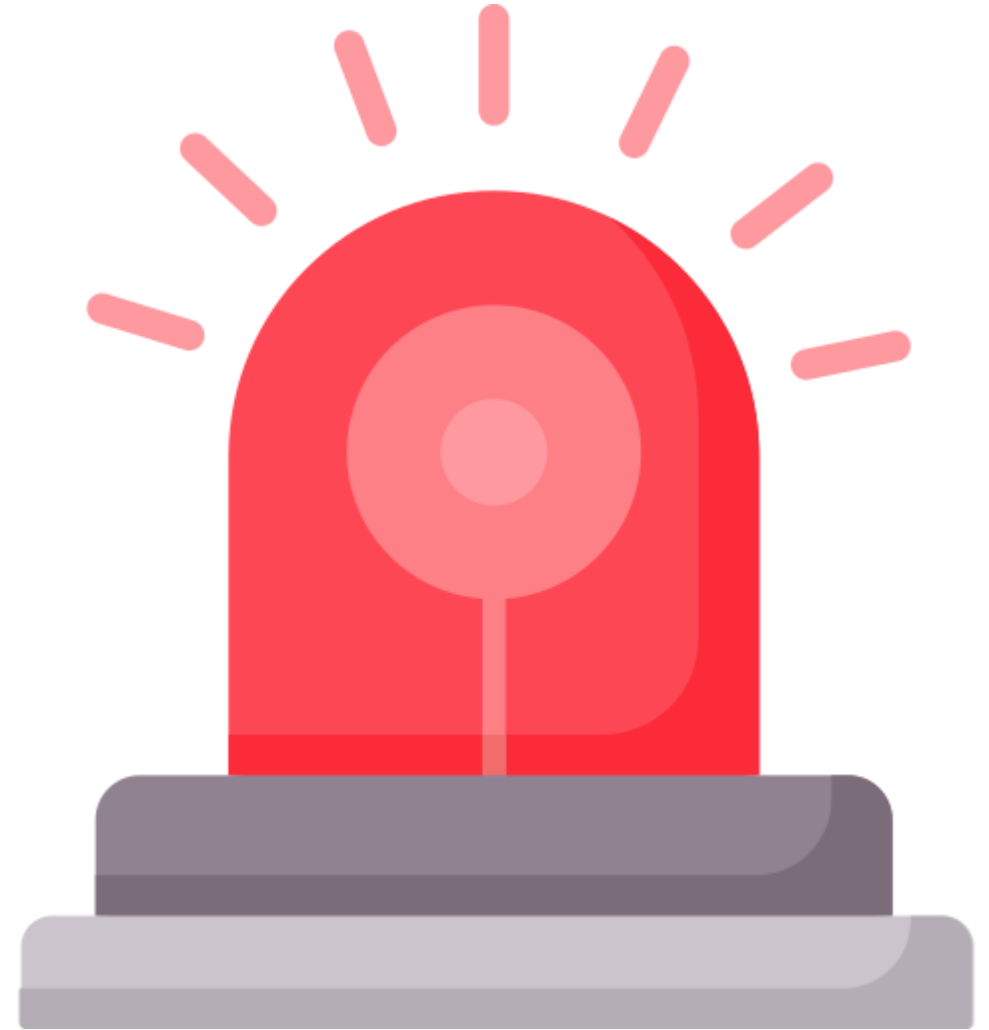
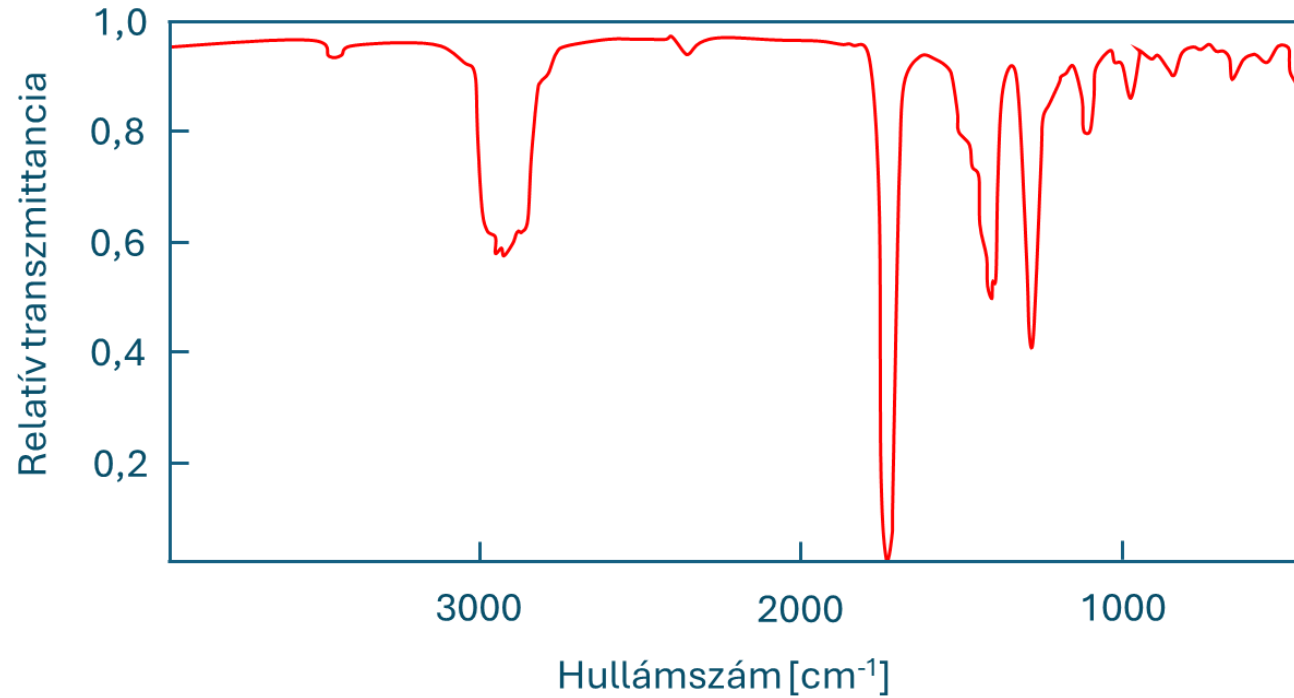


## MAX-OXT termikus oxidációs modul

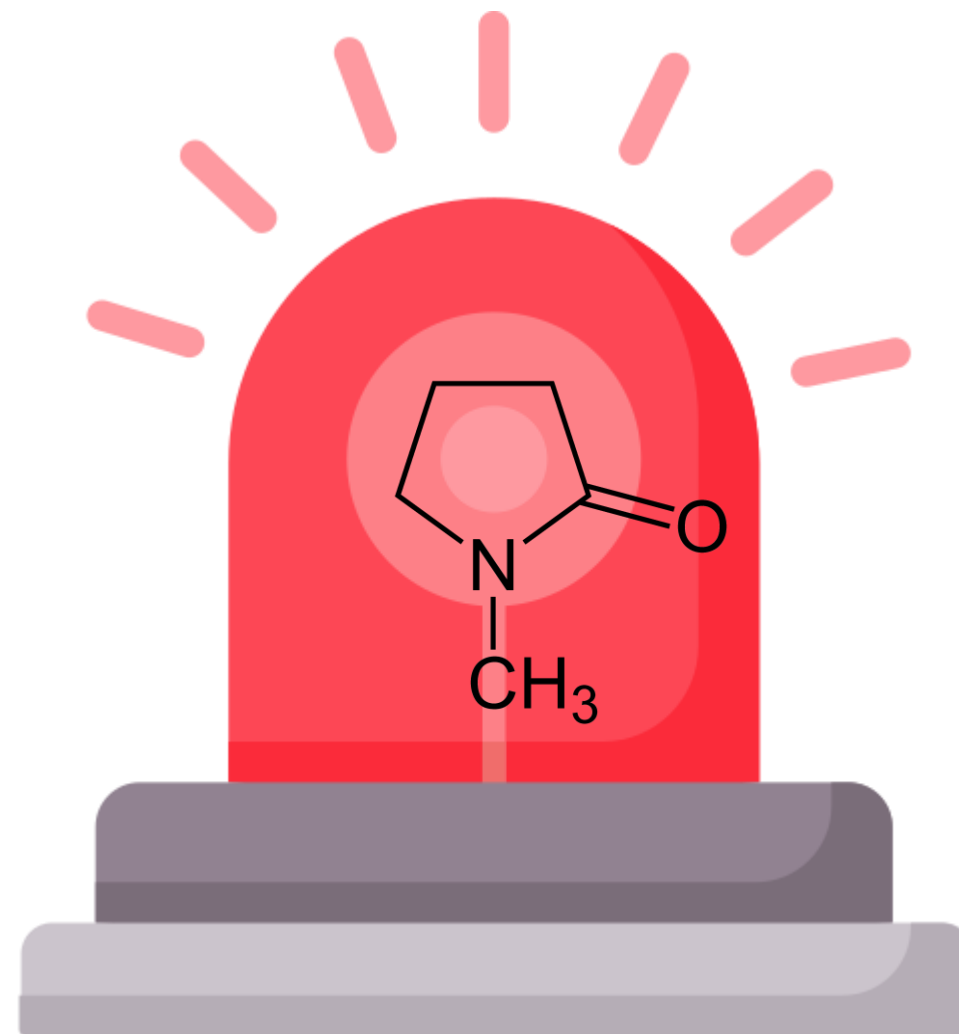
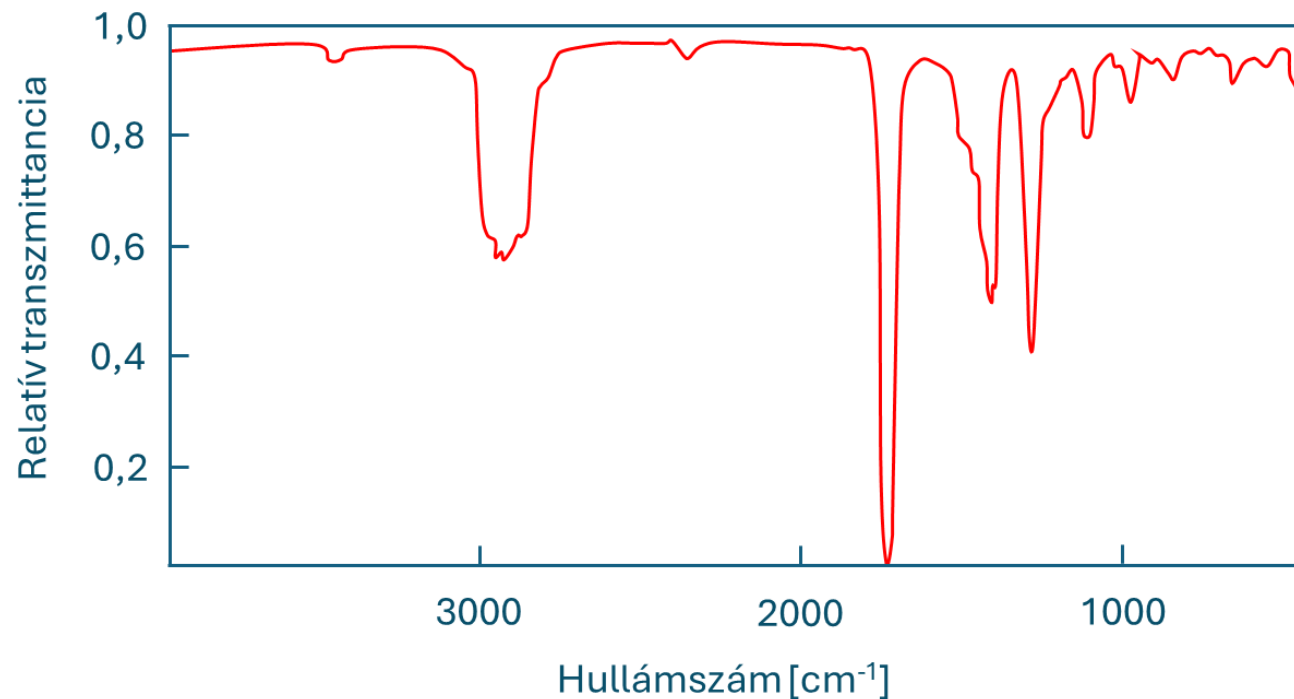




# Ipari beltéri levegő on-line monitoringja



# Ipari beltéri levegő on-line monitoringja



# Gázelemzések szerepe modern hidrogéntekológiák területén



A PEM tüzelőanyag-cellákban alkalmazott hidrogén szennyezőprofiljának meghatározása gázkromatográfiás módszerekkel



A PEM elektrolizálócellák által előállított hidrogéngáz tisztaságának folyamatos, online elemzése



# A hidrogén szennyezőinek analízise low-ppb koncentrációsinten

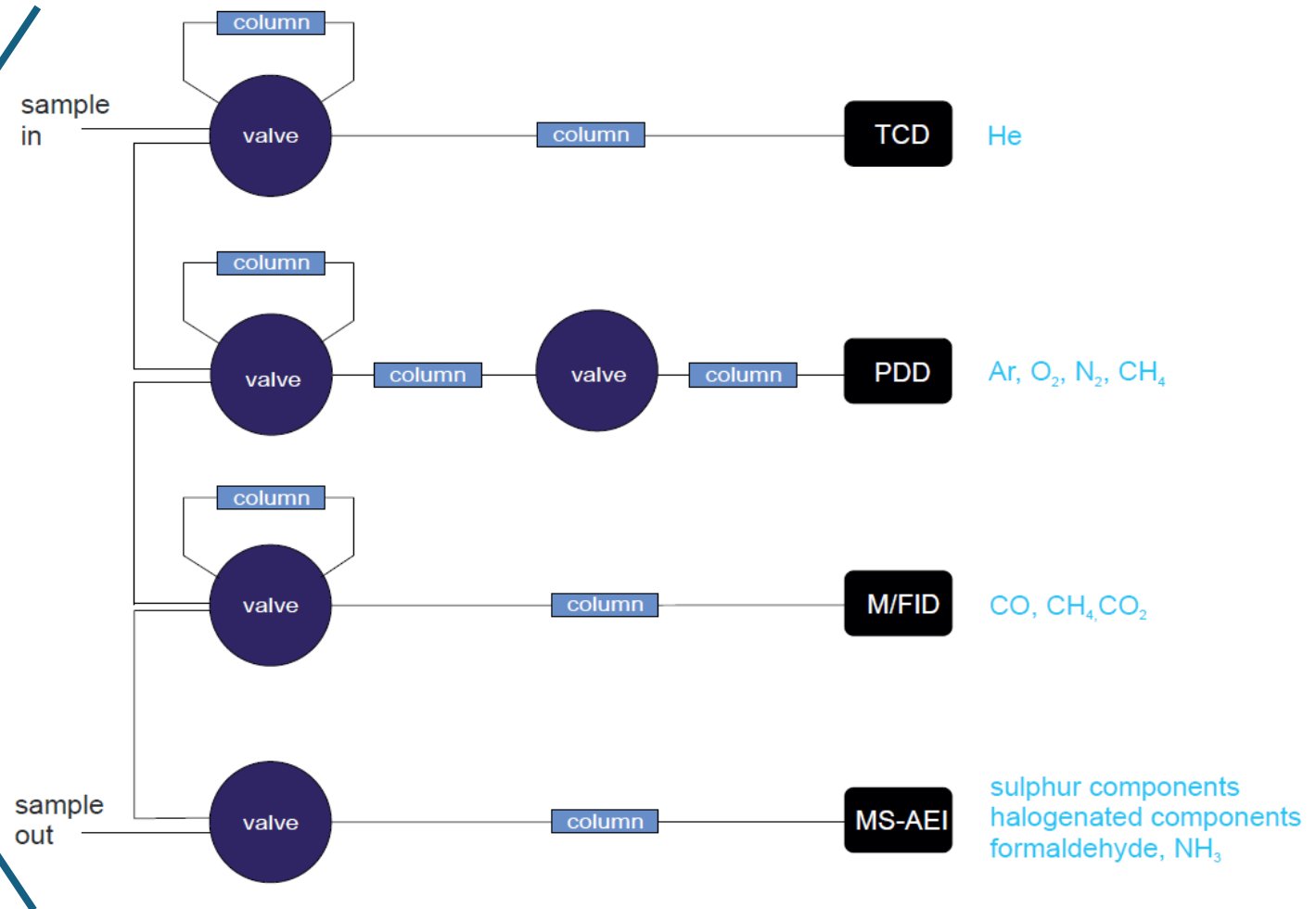
Mit rejt  
a „nagy fehér doboz”?



**Feladat:** Az ISO 21087 szabvány előírja azon hidrogéngáz vizsgálatát, melyet PEM tüzelőanyagcellákban kívánnak felhasználni. A hidrogéngáz szennyezőit ppm és ppb szinten kell tudni mérni.

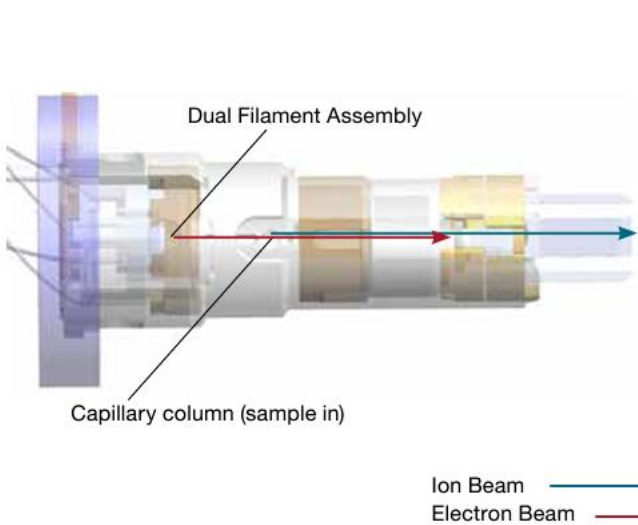
# A hidrogén szennyezőinek analízise low-ppb koncentrációsinten

Mit rejt  
a „nagy fehér doboz”?

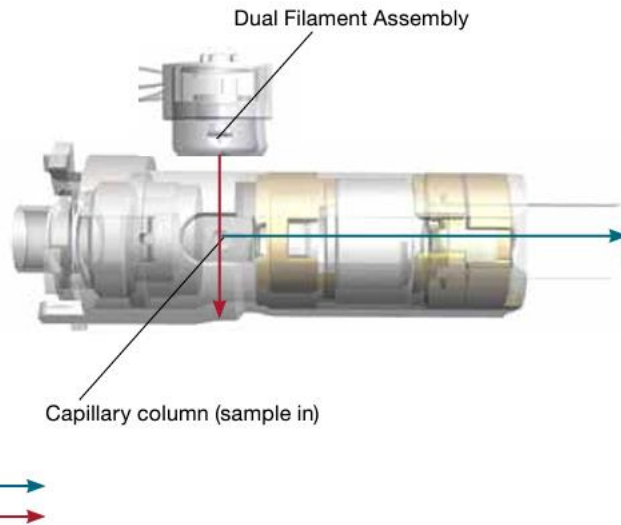


# Mit nyújt az Advanced EI ionforrás?

## Advanced EI (AEI)



## ExtractaBrite EI



- + Szignifikánsan kisebb kimutatási határok
- + Nagyobb érzékenység
- + Nagyfokú stabilitás
- + Kiváló reprodukálhatóság
- + Kvantitatív elemzések ultranyomnyi koncentrációsinten

Impurity	Limit 21087 (umol/mol)	GAS GC method	Detection range
Total hydrocarbons	2	MS-AEI	0.1-1000
Oxygen	5	PDD	0.02-1000
Helium	300	TCD	50-10000
Nitrogen	100	PDD	0.02-1000
Argon	100	PDD	0.02-1000
Carbon dioxide	2	Methaniser-FID	0.05-1000
Carbon monoxide	0.2	Methaniser-FID	0.05-1000
Total sulphur components	0.004	MS-AEI	0.0001-100 (per comp.)
Formaldehyde	0.01	MS-AEI	0.005-100
Ammonia	0.1	MS-AEI	0.1-100
Halogenated components	0.05	MS-AEI	0.001-100

# Hidrogén tisztaságának vizsgálata a MAX-iR FTIR gázanalizátorral



Compounds	Max allowable limit in ISO 14687 (ppm)	MAX-iR DTGS DL (ppm)
Ammonia	0.1	0.020
Carbon dioxide	2	0.010
Carbon monoxide	0.2	0.020
Formaldehyde	0.2	0.030
Formic acid	0.2	0.010
Hydrogen chloride	0.05*	0.020
Hydrogen fluoride	0.05*	0.010
Water	5	0.100
Total hydrocarbon (C1-C5)	2	0.200
Non-methane hydrocarbon (C2-C5)	2	0.200
Methane	100	0.010
Ethane	--	0.020
Ethylene	--	0.050
Propane	--	0.040
Butane	--	0.080
Pentane	--	0.050

\* Limit for total halogenated compounds is 0.05ppm.

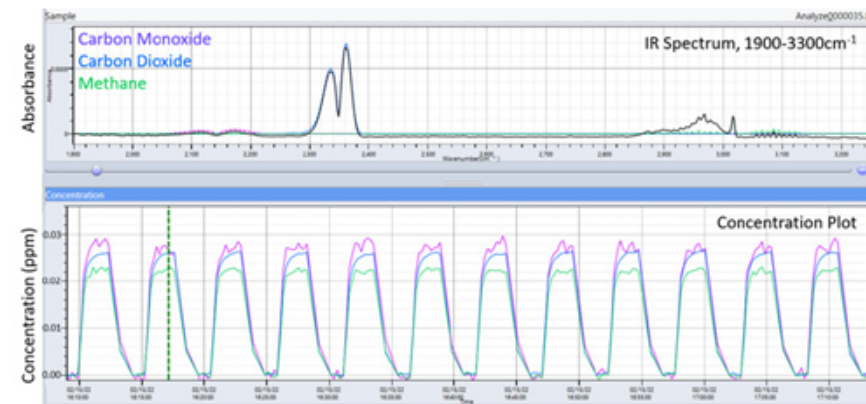


Figure 1. Concentration plot for 25 ppb repeatability study on StarBoost configured MAX-iR instrument.

	Accuracy	Linearity	Precision	EPA 821-R-16-006
	% of Expected	R <sup>2</sup>	RSD	MDL <sub>s</sub> (ppb)
Carbon dioxide	1.25%	0.9999	0.70%	0.7
Carbon monoxide	2.91%	0.9999	2.43%	0.6
Methane	2.15%	0.9998	0.88%	1.1

Table 2. Summary results of validation study on StarBoost configured MAX-iR system.

## Attól függ, hogy...

- mi a pontos mérési feladat?
- milyen komponenseket szükséges mérni? Milyen koncentrációtartományban?
- milyen interferenciákkal, mátrixokkal és kihívásokkal kell szembe néznünk?
- szükséges-e a komponensek elválasztása?
- szükség van-e online, valós idejű monitorozásra?



# Gázkromatográfiás vagy FTIR-alapú gázelemzés?

## Attól függ, hogy...

- ...mi a pontos mérési feladat?
- ...milyen komponenseket szükséges mérni? Milyen koncentrációtartományban?
- ...milyen interferenciákkal, mátrixokkal és kihívásokkal kell szembe néznünk?
- ...szükséges-e a komponensek elválasztása?
- ...szükség van-e online, valós idejű monitorozásra?

**DE...** **A gázkromatográfia és az FTIR gázelemzés nem egymást kizáró analitikai megoldások, hanem egymás komplementerei.**

# Köszönöm a megtisztelő figyelmet!



**Környezetbarát és  
fenntartható villamos  
energiaipar,  
így e-mobilitás nincs  
modern és korszerű  
műszeres analitika nélkül.**

**De a UNICAM szakértői  
megtalálják az Önök  
analitikai feladataihoz  
leginkább megfelelő  
megoldást!**