



BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER

## BELSORP MINI X

## **A porózus anyagok egyszerű, gyors és nagy pontosságú jellemzéséhez**

A Microtrac BELSORP MINI X kiváló tulajdonságai világszínvonalú ismételhetőséget eredményeznek, jelentősen csökkentett mérési idő mellett. A MINI X akár 4 mintamérő porttal és új, nagy teljesítményű funkciókkal rendelkezik, beleértve a több eszközzel történő vezérlést is. A BELSORP MINI X-et aprólékosan tervezték a fajlagos felület, a pórusméret-eloszlás és a pórustérfogat rendkívül pontos mérésére. Az egyes mintamérő portokon dedikált nyomásérzékelőkkel és a telített gőznyomáshoz dedikált porttal felszerelve teljesen független egyidejű méréseket tesz lehetővé. Az új mérőszoftver javítja a felhasználó termelékenységét azáltal, hogy a szoftverben lépésről-lépésre történő utasításokkal racionalizálja a mérési eljárásokat, megjeleníti a mérés előrehaladását és e-mailben elküldi a mérési eredményeket. A mintaátbocsátástól függően 3 és 4 portos modellek állnak rendelkezésre. Ezenkívül az új elemzőszoftver (BELMASTERTM) minden eddiginél szélesebb körű anyagszerkezeti kiértékelést tesz lehetővé.

## VILÁGSZÍNVONALÚ REPRODUKÁLHATÓSÁGI SZINTEK

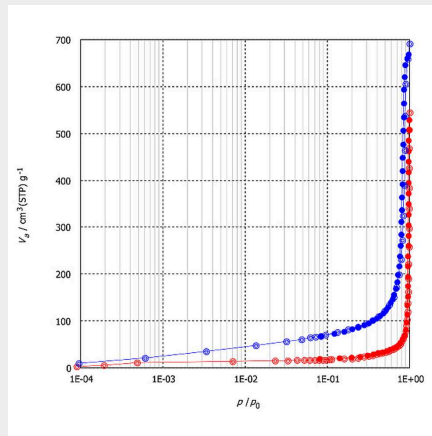
- | Akár négy független mérőport és egy külön port a telített gőznyomás méréséhez
- | A legkisebb és legkönnyebb a világon
- | Verhetetlen reprodukálhatóság a szabadalmaztatott AFSMTM segítségével
- | Gázadszorpciós izotermák és NET-adszorpciós mérés AFSMTM2 segítségével, He-gáz használata nélkül
- | Többféle mérési módszer: Nagy pontosságú mérések, többmintás mérés és gyors BET mérési módok a célnak megfelelően.
- | Dedikált nyomásátalakító minden egyes porthoz
- | Akár 20 mérőport egyidejű vezérlése több eszköz vezérlésével (5 egység)
- | Rövid mérési idő a GDO segítségével
- | IoT: Folyamatfigyelés e-mail-es értesítési rendszeren keresztül
- | Választható mikropóruselemzés molekuláris szondás módszerrel
- | Választható FDA 21 CFR Part 11 megfelelés



BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

## FŐ JELLEMZŐK

BET fajlagos felület 0,01 m<sup>2</sup>/g ~ (N<sub>2</sub>) és pórusméret-eloszlás 0,7 ~ 500 nm között (opció: 0,35 ~ 500 nm molekuláris szondás módszerrel).



Több minta egyidejű mérése

Akár 4 minta egyidejű mérése is lehetséges, így a több minta mérési ideje jelentősen lerövidíthető.

Többféle mérési lehetőség

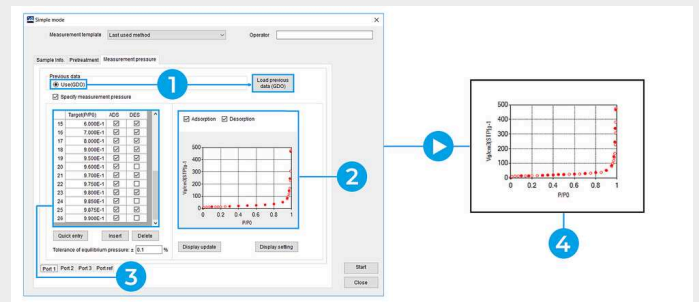
Ez a műszer egyesíti a nagy pontosságú méréseket több nagy átteresztőképességű üzemmóddal (pl. Quick BET üzemmód, gázadagolás optimalizálása). Az ügyfél igényeitől függően rugalmasan használható, míg a beépített lépésről-lépésre történő használati utasítások még a tapasztalatlan felhasználók számára is megkönnyítik a használatát.

Könnyű használat: a mérési szoftver egyszerű beállítása

A BELSORP MINI X egy teljesen automatikus mérőrendszer, amely lehetővé teszi a felhasználó számára a mérési feltételek egyszerű beállítását az Egyszerű mód segítségével. Ez az üzemmód lehetővé teszi a pontos méréseket minimális mintainformációval (pl. előkezelési feltételek és mérési tartomány). Ez különösen hasznos ismeretlen anyagok esetén. A részletes mérési konfigurációkat a tapasztalt felhasználók a Professional módban állíthatják be. Ez a rendszer lehetővé teszi, hogy bárki könnyen pontos mérési eredményeket kapjon.

## Gázadagolás optimalizálása (GDO)

Az Egyszerű üzemmód tartalmazza a Gázadagolás optimalizálása (GDO) opciót, amely automatikusan kiszámítja az optimális gázadagolási mennyiséget a korábbi mérési eredményekből. Ezzel a funkcióval a mérési beállítási pontok megbízhatóan elérhetők, és a mérési idők jelentősen csökkenthetők.



1. Load an existing isotherm | 2. Display of expected isotherm | 3. Input of measurement range | 4. Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume |

Innovatív szabad térbeli mérés a legnagyobb pontosságért (AFSMTM)

Az AFSMTM segítségével a folyékony hűtőközeg (pl. folyékony nitrogén vagy argon) szintjének ellenőrzése többé nem szükséges. Ehelyett az úttörő, folyamatos szabad térben történő mérési módszerünket, a szabadalmaztatott fejlett szabad térben történő mérést (AFSMTM) alkalmaztuk. Ez a módszer a legnagyobb reprodukálhatóságot érte el egy referenciacella (üres mintacella; a méréshez használt mintacella azonos típusa) használatával, amellyel a szabad tér másodpercről másodpercre történő változásait követhetjük. Műszerünk meghatározza a mintacella és a referenciacella kezdeti szabad terét. Mivel a szabad tér változása mindkét cellában azonos (azonos környezeti feltételek), a szabad tér változása folyamatosan követhető a referenciacella nyomásváltozásával. A környezeti tényezők által okozott szabad téringadozás figyelembe vehető:

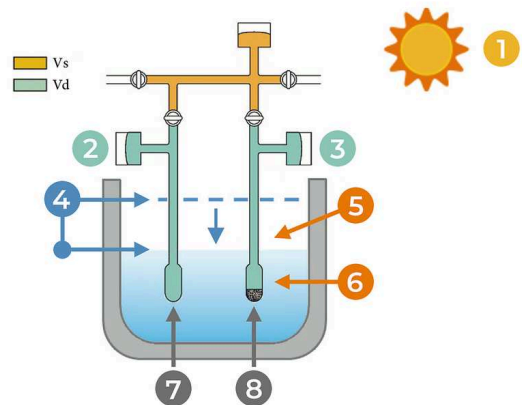
LN2 szintváltozások

a légköri hőmérséklet/nyomás változásai

a hűtőközeg hőmérsékletének változása az oxigén oldódása miatt

Ezzel a kiváló technikával olyan környezeti tényezők is figyelembe vehetők, amelyeket korábban nem vettünk figyelembe.

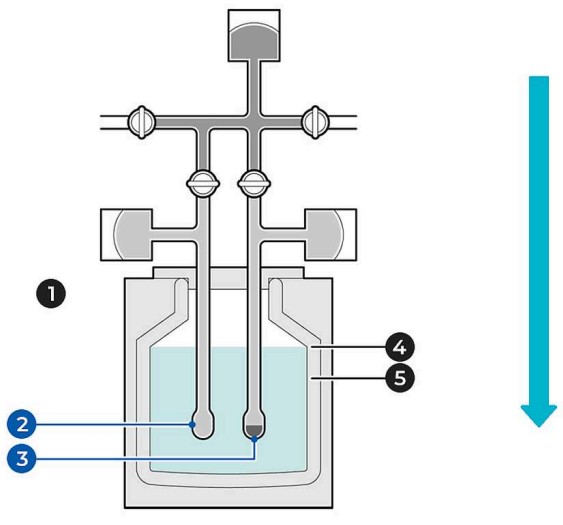
További információért kérjük, használja tudásbázisunkat.



1. Room temperature change | 2.  $P_{ref}$  | 3.  $P_{smp}$  | 4. Initial pressure | 5. The sample tube temperature changes due to the change of  $LN_2$  level | 6. Liquid nitrogen temperature changes due to oxygen dissolution | 7. AFSM | 8. Sample

Adszorpciós mérés héliumgáz használata nélkül (AFSMTM2)

Első lépésben egy üres mintacellán és egy üres referenciacellán a szabad térbeli mérést adszorpciós gázzal végezzük el a megfelelő adszorpciós hőmérsékleten. Ezután az adszorpciós mérés mindkét cella felhasználásával héliumgáz használata nélkül is elvégezhető. Ugyanazon mérési körülmények között, mivel a két cella szabad térváltozása azonos, a mérési eredmények rövidebb mérési idő alatt kaphatók. Nincs szükség időigényes műveletekre, például a hűtőfolyadék folyadékszintjének állandó szinten tartására a vakmérés és a szabad tér adszorpciós mérése között.



1. Reference cell for measuring fluctuations within free space continuously | 2. Reference cell | 3. Sample cell | 4. Liquid level 1 | 5. Liquid level 2

AFSM (He-based method)

1. **Sample exhaust**
2. Free space (@room temperature) measurement with sample
3. Sample exhaust
4. **Reference tube,  $p_0$  tube gas introduction**
5. Free space (@adsorption temperature) measurement with sample
6. Sample exhaust
7. **Adsorption measurement, free space change acquisition**
8. **Sample exhaust**
9. **Purge**

**AFSM2 (He-free method):** Step 1 --> 4 --> 7 --> 8 --> 9

Kompakt és könnyű

Az anyagok teljes optimalizálásával és racionalizálásával sikerült csökkenteni a készülék méretét és súlyát.

A minták opcionális előkezelése a mérési porton A pontos adszorpciós méréshez a minták előkezelése szükséges. Az előkezelési folyamatot (gyakran aktiválási folyamatnak is nevezik) általában vákuum alkalmazásával, hő hatására végzik, hogy az adszorbeált gáz- és/vagy vízmolekulákat eltávolítsák az anyag felületéről anélkül, hogy a minta szerkezetét befolyásolják (elkerüljék a denaturációt). A Microtrac két lehetőséget kínál a minta előkezeléséhez. Először is, külsőleg is elvégezhető a BELPREP VAC II vagy VAC III segítségével, amit általában előnyben részesítenek a minta átteresztőképességének növelése érdekében. Alternatívaként az aktiválási folyamat közegével (lásd a tartozékok listáját). A fűtő tartozék használatával elkerülhető a külső előkezelő eszközökből a mérőportba történő átvitel, ami érzékeny (pl. hidrofíli) minták esetében fontos lehetőség.vetlenül a BELSORP MINI X mérőportjánál is elvégezhető egy fűtőberendezés segítségével.

#### Adatelemzés

A BELMASTER elemző szoftver lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy az elemzési eredmények széles skáláját kapják meg olyan műveleteken keresztül, mint például az adszorpciós/ deszorpciós izotermák megjelenítése, a fajlagos felületek értékelése BET-módszerrel stb., a pórustérfogatok értékelése (az ultramikro-, mezo- és makropórusoktól a mezo- és makropórusokig) a t-plot vagy  $\alpha S$  módszer alkalmazásával. Lehetőség van továbbá mezopóruselemzés elvégzésére a DH és BJH módszerrel, mikropóruselemzésre a HK vagy SF módszerrel, vagy opcionális GCMC / NLDFT elemzésre. A BELMASTER elemzőszoftverünk még több elemzési lehetőséget kínál.

BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X  
**BELCONTROL: NEW OPERATION SOFTWARE**

The versatility of BELSORP equipment is truly world leading. The numerous features and capabilities are complemented by BELCONTROL the intuitive and user-friendly operation software. It guides the user step-by-step through the analysis process. This includes the setup of analysis conditions, executing the measurements, when to fill and setup the liquid nitrogen or other bath, when to replace the gas cylinder, the degassing steps, and much more. The software is designed to make the instrument accessible and operable to everyone, including inexperienced users.

For inexperienced users or for measurements of unknown samples, BELCONTROL only requires basic sample information (name, mass, etc.), pre-treatment conditions (if not performed externally) and the measurement range.

Detailed control of the configuration and measurement settings is possible to optimize the measurement conditions (e.g. dosing settings, equilibrium criteria, leak test option, etc.). This allows the user to fully customize the sample analysis to his needs.

---

**BELCONTROL**

Quick BET	igen	Multi-point BET surface area in less than 20 minutes
Helium-Free Measurement	igen	AFSM <sup>TM</sup> 2 enables He-free measurements with unmatched accuracy
Adsorption Kinetics	opcionális	Rate of adsorption measurements for diffusion analysis

## MORE BELCONTROL FEATURES

- | Overlaying adsorption / desorption isotherms and comparing the measured data between the various ports during measurement
- | All pressures, temperatures, valve actuations, etc. are stored in trend data, allowing for immediate examination
- | A system check function is available for diagnosing the instrument status
- | E-mail notification automatically transmits measurement status and results
- | Interactive program in Japanese or English ensures easy, reliable operation
- | Extensive help functions, including step-by-step instructions during operation



BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

## TARTOZÉKOK ÉS KIEGÉSZÍTŐK

Microtrac offers various accessories for its entire gas & vapor adsorption product line.

### STANDARD CONSUMABLE GOODS



The standard consumables comprise sample cells, filler rods, filters, O-rings, caps and weighing platforms. Various sizes of sample cells, quick seals, and other optional consumables are also available.

### WATER BATH



Easily swap the Dewar with a water bath for measurement temperatures ranging from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ . A refrigerated / heated circulator is required.

## HEATER



In-situ pretreatment of the sample from 50°C to 450°C. With this option, samples can be pretreated directly at the measurement port, without the need to transfer the sample cell before analysis. Particularly useful for sensitive samples.

## GAS SELECTOR

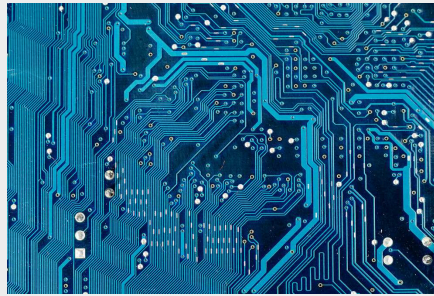


The gas selector enables the connection of up to 4 adsorptives simultaneously (1 x Helium + 4 x adsorptive).

BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

## TIPIKUS ALKALMAZÁSOK

Microtrac's gas adsorption analyzers are used in a variety of fields. These include catalysts, batteries, fibers, polymer materials, zeolite, fuel cells, chemicals, pigments, cosmetics, MOF / PCP, magnetic powders, separation membranes, filters, toners, cement, ceramics, semi-conductors, and many more.



- | akkumulátor anyagok
- | katalizátorok
- | zeolit
- | kerámia
- | szén

- | elektronikus alkatrészecskék
- | Üzemanyagcellák
- | toner
- | cement
- | gyógyászat / gyógyszergyártás

- | Szilika
- | MOF / PCP
- | pigmentek
- | kozmetikumok

... és még sok minden más!

The principles of volumetric adsorption measurement are explained in our knowledge base:

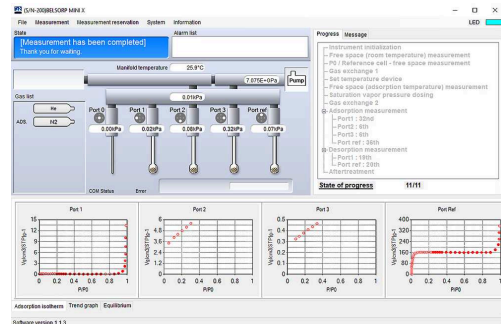
BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

**MŰSZAKI ADATOK**

<b>Mérési elv</b>	volumetrikus módszer + AFSM™
<b>Adszorpciós gáz</b>	Nitrogen (N <sub>2</sub> ), Argon (Ar), Methane (CH <sub>4</sub> ), Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ), Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ), Hydrogen (H <sub>2</sub> ), n-Butane (n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ), iso-Butane (iso-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) and other non-corrosive gases
<b>Gázbevezetések száma</b>	2 port (opció: max. 5)
<b>Egyidejű mérőhelyek száma ("High Accuracy" üzemmód)</b>	max. 4 porton egyidejűleg (3 porton "High Accuracy" üzemmódban)
<b>Méréstartomány (fajlagos felület)</b>	0.01 m <sup>2</sup> /g and above (N <sub>2</sub> ) (depending on sample density)
<b>Pórusméret-eloszlás (átmérő)</b>	0.7 - 500 nm, Option: 0.35 nm by molecular probe method possible
<b>Alacsony nyomású izoterma</b>	p/p <sub>0</sub> = 10 <sup>-4</sup> (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Nyomás jeladó</b>	133 kPa (1000 Torr) x 6 egységen
<b>Vákuummérő/szivattyú</b>	rotációs vákuumszivattyú
<b>Mintacső</b>	standard mintacső, kb. 1,8 cm <sup>3</sup> (opció: 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Dewar edény</b>	térfogat: 2 l üzemidő: 30 h
<b>Melegítéssel előkezelés</b>	50 - 450°C (4 ports)
<b>Vízfürdő</b>	-10 - 70°C (4 porton)
<b>BELMaster™ 7 mérési szoftver</b>	adszorpciós izoterma, I típusú izoterma esetén fajlagos felület BET szerint (ISO9277), automatizált BET analízis, fajlagos felület Langmuir szerint, BJH, DH, CI, INNES módszer
<b>BELMaster™ 7 mérési szoftver (folyt.)</b>	t-plot, NLDFT/GCMC (opció: BELSim™ szoftver), MP módszer, Dubinyin-Asztakov módszer, molekuláris sonda, Alpha-s-plot
<b>Méreték (szél x mag x mély)</b>	280 x 650 x 465 mm (vákuumszivattyú és PC nélkül)
<b>Súly</b>	38 kg (vákuumszivattyú és PC nélkül)
<b>Közműigény - gáz</b>	He, N <sub>2</sub> (99,999% vagy tisztább), 0,1 ± 0,02 MPa, csatlakozás: 1/8" Swagelok leszívás: rotációs vákuumszivattyúport, ø 11 mm
<b>Közműigény - elektromos hálózat</b>	1-fázisú AC 100~240 V, 50/60 Hz, 10A (vákuumszivattyúval)
<b>CE jelzés</b>	igen
<b>Recommended Monitor</b>	Full HD monitors

## BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X OPERATION SOFTWARE

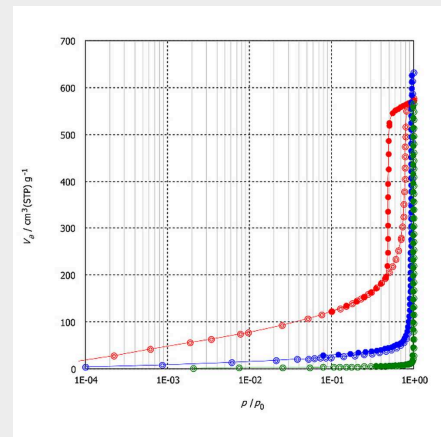
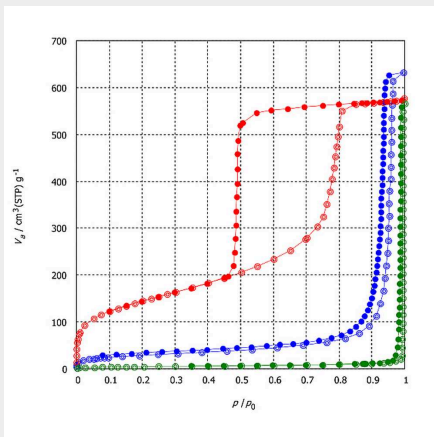
When developing the software, we focused on simplifying the operations and equipped it with many functions to increase labor productivity. Since the BELSORP instruments offer so many features, it is important to make those features easy to use. Our software will guide you step-by-step for the implementation of several procedures, i.e. execution of measurements, replacement of gas cylinders and purging of the manifold. The step-by-step instructions allows for users of all levels of experience to use the machinery safely and effectively. Depending on the level of user-experience two modes are offered, Simple Mode and Professional Mode. Simple Mode enables an easy operation by decreasing the customizability of the measurement – the only information you will need is the sample labeling, selecting pretreatment conditions (skippable if externally done) and measurement points. This low maintenance measurement is ideal for measuring unknown samples. If a prior measurement with comparable sorption behavior is available, the GDO function can be used to reduce the measurement time. Professional Mode offers the user a detailed configuration of the measurement, i.e. dosing settings, equilibrium criteria, leak-check option, and more.



GAS ADSORPTION MEASUREMENTS OF POROUS & NON-POROUS MATERIALS: MOFS, ZEOLITES, CARBONS, AND MORE

## EVALUATION SOFTWARE BELMASTER

A sorption isotherm is defined as the relationship between the adsorbed amount onto an adsorbent and the equilibrium pressure of the adsorptive gas – commonly related to the saturation vapor pressure – at constant temperature. The gas sorption isotherm (e.g. nitrogen) delivers information about the specific surface area, pore size distribution and pore volume of measured material. In the following graph some exemplary sorption isotherms are shown.



The specific surface area (SSA) refers to the accessible surface area of the sample and is of great importance in adsorption, homogeneous and heterogeneous catalytic reactions. The specific surface area can be calculated according to ISO 9277 with the BET method (BET: Brunauer, Emmett and Teller) or Langmuir method. The following graph shows an exemplary evaluation of the specific surface area according to the BET method in our BELMASTER software:



Select the right pressure range (multi point BET) or a measurement point (single point BET) and the surface area will be calculated automatically. Further, our BELMASTER software also provides the BET surface area calculation according to ISO 9277 Annex C (also known as Rouquerol-plot), which is recommended for microporous materials.

A Microtrac BELSORP MR1 a könnyű kezelhetőségre és a porózus anyagok gyors jellemzésére összpontosít. Ezt a műszert pontosan a fajlagos felület dinamikus BET (Brunauer-Emmett-Teller) egyponos módszerrel történő mérésére tervezték. A BET-elméletet alkalmazó fajlagos felület mérése az egyik legelterjedtebb analitikai módszer az adszorpciós jelenségeken alapuló anyagértékelésben. Általában a minta fajlagos felületét a folyékony nitrogén hőmérsékleten adszorbeált nitrogén mennyisége alapján számítják ki. Az adszorpció mennyisége különböző módszerekkel mérhető, pl. térfogatméréssel (BELSORP MINI X vagy MAX II sorozat), gravimetriásan vagy dinamikusan. A BELSORP MR1 a dinamikus módszert alkalmazza. A BELSORP MR1 egy rendkívül hatékony, önálló készülék, amely lehetővé teszi a minta egyidejű előkezelését és mérését. A rendkívül érzékeny hővezetési detektorainknak (TCD), hőmérőknek és nyomásmérőknek köszönhetően kb. 15 perc alatt pontos mérési eredményt kapunk. Az automatikus Dewar mozgatás, a kalibrációs funkció és az érintőképernyőn keresztül történő kezelés rendkívül felhasználóbaráttá és a tapasztalatlan felhasználók számára is alkalmassá teszi a BELSORP MR1 készüléket. Az elemzési eredmények automatikusan kiszámításra kerülnek, amint a mérés befejeződött. A mérés után a fajlagos felület megjelenik, anélkül, hogy fárasztó kézi számításokra lenne szükség. A vonatkozó mérési eredmények (beleértve a teljes listákat is) átvihetők egy USB-tárolóeszköze, és szöveges fájlként, Excel táblázatként vagy nyomtatott jelentésként (gazdag szöveg) adhatók ki.

## C KONSTANS

### AFSM™

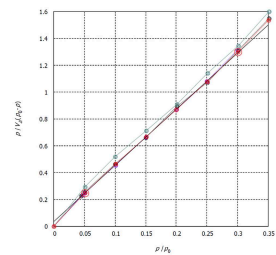
The following measurements are conducted using our patented, Advanced Free Space Measurement (AFSM™). This method allows for high reproducibility by using a reference cell to follow the changes in the free space volume. Our instrument measures the initial free space of the sample cell and reference cell. Since the change of the free space is equal in both cells (same environmental conditions), the change can be continuously followed by the pressure change of the reference cell.

In a product test, a certified reference material CRM-170 (nonporous alpha alumina; certified value of nitrogen BET specific surface area SSA:  $1.05 \pm 0.05 \text{ m}^2/\text{g}$ ) is used to check the accuracy of measurement in low total surface area (TSA) measurements. Although the TSA is reduced from approx.  $2 \text{ m}^2$  to lower than  $0.4 \text{ m}^2$ , the determined BET specific surface areas SSA stay almost identical.

#### A SZABADALMAZTATOTT AFSM TECHNIKA ELŐNYEI

- | LN<sub>2</sub> ezen a szinten nem igényel karbantartást.
- | Javítja a reprodukálhatóságot mind a felület, mind a pórustérfogat tekintetében
- | Lehetővé teszi az alacsony felületű anyagok adszorpciós izotermáját kripton gáz használata nélkül (0,1 m<sup>2</sup> teljes felületig).

Minta	Adszorpció	Teljes felület a cellában [m <sup>2</sup> ]	Minta mennyisége [g]	SSA BET [m <sup>2</sup> /g]*1	C konstans
BCR-170_1	N <sub>2</sub>	~2 m <sup>2</sup>	~1.94	1.03	114
BCR-170_2	N <sub>2</sub>	~1 m <sup>2</sup>	~1.12	1.02	143
BCR-170_3	N <sub>2</sub>	~0.7 m <sup>2</sup>	~0.75	1.03	101
BCR-170_4	N <sub>2</sub>	~0.4 m <sup>2</sup>	~0.38	1.02	50

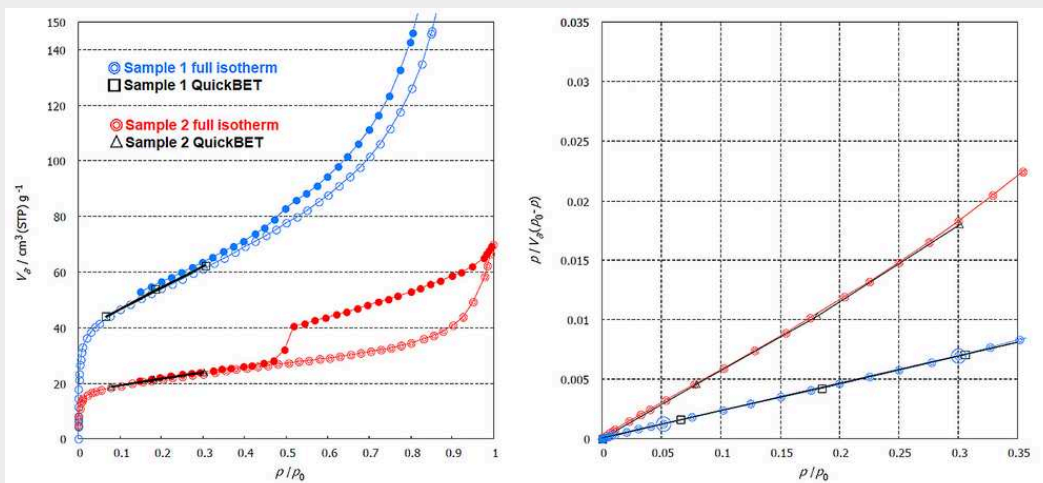


\*Korrelációs együttható 0,9995 vagy annál magasabb

## BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

### GYORS BET ÜZEMMÓD

A gyors BET üzemmód használható a minta átmenő teljesítményének maximalizálására a BET fajlagos felület mérésekhez. Ebben az üzemmódban négy minta három BET-adszorpciós pontjának mérése lehetséges kb. 15 perc alatt (mintasűrűség szükséges). Továbbá a Quick BET mód kétféle szabad térbeli mérést kínál: Először is, a szabadteres bemeneti lehetőség adja a legnagyobb lehetőséget az időmegtakarításra. Miután a szabad tér meghatározása megtörtént a mintacellához, a szabad tér mérési fájl (dvd fájl) újra felhasználható a későbbi gyors BET mérésekhez. Másodsor, a szabad tér meghatározható a tényleges méréssel. A teljes izoterma mérésből (standard mód) és a gyors BET módból kapott BET felület összehasonlítása a következő grafikonokon és táblázatban látható:



Minta	Adszorpció	Többpontos BET SA [m <sup>2</sup> /g]		Egypontos BET SA [m <sup>2</sup> /g]	
		Standard üzemmód	Quick BET	Standard üzemmód	Quick BET
1	N <sub>2</sub>	189.9	190.5	188.1	190.3
2	N <sub>2</sub>	75.7	77.4	74.7	75.7

\*Multi-point BET a p/p<sub>0</sub> tartományban 0.05 - 0.30, egypontos BET 0.20 p/p<sub>0</sub>-nál

A többpontos BET standard üzemmódban kapott mérési eredményeket tekintjük a legpontosabb eredménynek. A többpontos és az egypontos BET felületi mérések a Quick BET módban teljesen hasonló eredményeket szolgáltatnak a standard módhoz képest, bár a mérési idő jelentősen lecsökken, három minta esetén kb. 15 percre (többpontos BET). Ez a funkció ajánlott a mintaátmenetek optimalizálásához, pl. a minőségellenőrzésben.

## BET SPECIFIC SURFACE AREA & PORE SIZE ANALYZER BELSORP MINI X

### MŰKÖDÉSI ELV

A pórusméret-eloszlás elemzése NLDFT és GCMC módszerrel

A klasszikus pórusméret-eloszlásokat (PSD) INNES módszerrel (rés alakú) és BJH, DH, CI módszerrel (henger alakú) számítják ki, amelyek a kapilláris kondenzációs elmélet alapján értékelik a mezopórusokat. A HK (rés), SF (henger) és CY (ketrec) módszerek szintén használhatók a mikropórusok értékelésére az adszorpciós potenciál elmélet alapján. A DA-módszert, valamint a DR-módszert szintén gyakran használják a pórustérfogat és a pórusszerkezet értékelésére. Az új PSD és kapacitásértékelési módszerek, az NLDFT és a GCMC (választható a BELSORP MINI X-hez), az ISO15901-2 szabványban meghatározott széles körű elemzésekre (a mikro-, mezo- és makropórusoktól a mezo- és makropórusokig) és pontosabb módszerekre szolgálnak.

Theory	Interaction Surface and Gas	Adsorbate	Applicable Pore Size Range
BJH, CI, DH, INNES method	Kelvin equation (Surface tension and contact angle)	Bulk liquid density	> 2 nm Meso and macropore
HK, SF, CY method	Lennard-Jones potential (Interaction and repulsion force)	Bulk liquid density	0.4 - 2 nm Micropore
NLDFT, GCMC	Statistical thermodynamic model		0.35 - 500 nm Whole pore range

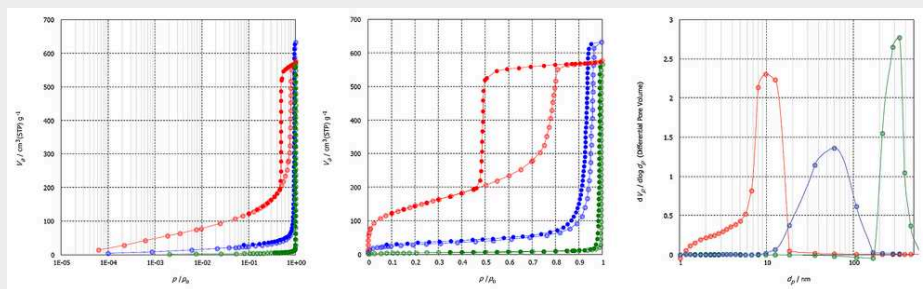
\*1 A BELSORP MINI X 1000 torr nyomásérzékelőkkel van felszerelve; az izotermák  $1 \times 10^{-4}$   $\sim p/p_0$  értéktől indulnak.

\*2 Opció: 0,35 nm lehetséges molekuláris szondás módszerrel.

In recent years, attention has been focused on pore structure evaluation methods using computer simulations, such as the novel pore distribution analysis NLDFT (Non-localized Density Functional Theory) and GCMC (Grand Canonical Monte Carlo) method, which can analyze micropores to meso- and macropores using a unified theory. Pore size distributions obtained from the same adsorption isotherm are different between classical and novel PSD analyses, and even in between novel methods because the filling pressure obtained from each theory is different. Microtrac provides evaluation methods which cover a wide range of pore sizes and various adsorbates, such as N<sub>2</sub> (77.4 K), Ar (87.3 K), and CO<sub>2</sub> (298 K). It uses NLDFT / GCMC kernels of slit, cylinder, and cage pore models with carbon and metal oxide surface atoms, resulting in the most appropriate description of porous materials.

The BELMASTER software allows easy comparison between experimental and simulated isotherms, with the simulated isotherm serving as a basis for the PSD calculation.

In the following part an example for pore size distribution calculation by BJH method is given:



[www.microtrac.hu/belsorp-mini-x](http://www.microtrac.hu/belsorp-mini-x)