

A leghidegebb helyek a Földön

Cseppfolyósított gázok és alkalmazásaik

Sári Zsolt

Linde Gáz Magyarország Zrt.

1984-ben végezetem Debrecenben, a KLTE vegyész szakán

Munkahelyeim:

- **ATOMKI, C14-es labor**
- **ÉMV fejlesztőmérnöke (KLTE, Fizikai-Kémiai Tanszék)**
- **BVK kutatómérnök, fejlesztési főmunkatárs**
- **1991-től: Linde Gáz Kazincbarcika Kft., majd Linde Gáz Magyarország Zrt., jelenleg Különleges Gázok Osztályvezető és Értékesítési Vezető beosztásban**
- **Fő szakterületek: nagy tisztaságú gázok, gázkeverékek, hélium, kémiai gázok, hűtőközegek**

1990-es években az Atomki és a Linde között együttműködés jött létre LHe töltésre:

- Linde biztosítja a cseppfolyós héliumot, tároló eszközt
- Atomki tölti országos szinten a Linde vevőinek NMR berendezéseit
- Szállítóeszközt, visszacseppfolyósítót, szaktudást

LHe tároló eszközök felülvizsgálata, javítása

Technológiai együttműködés (He tisztító berendezés kifejlesztése)

GHe cseppfolyósítás: a Linde által szállított He gázt az ATOMKI cseppfolyósítja

Linde Gáz Magyarország Zrt.

Árbevétel és alkalmazottak 2013-ban



Árbevétel

49.027.586 eFt

Alkalmazottak

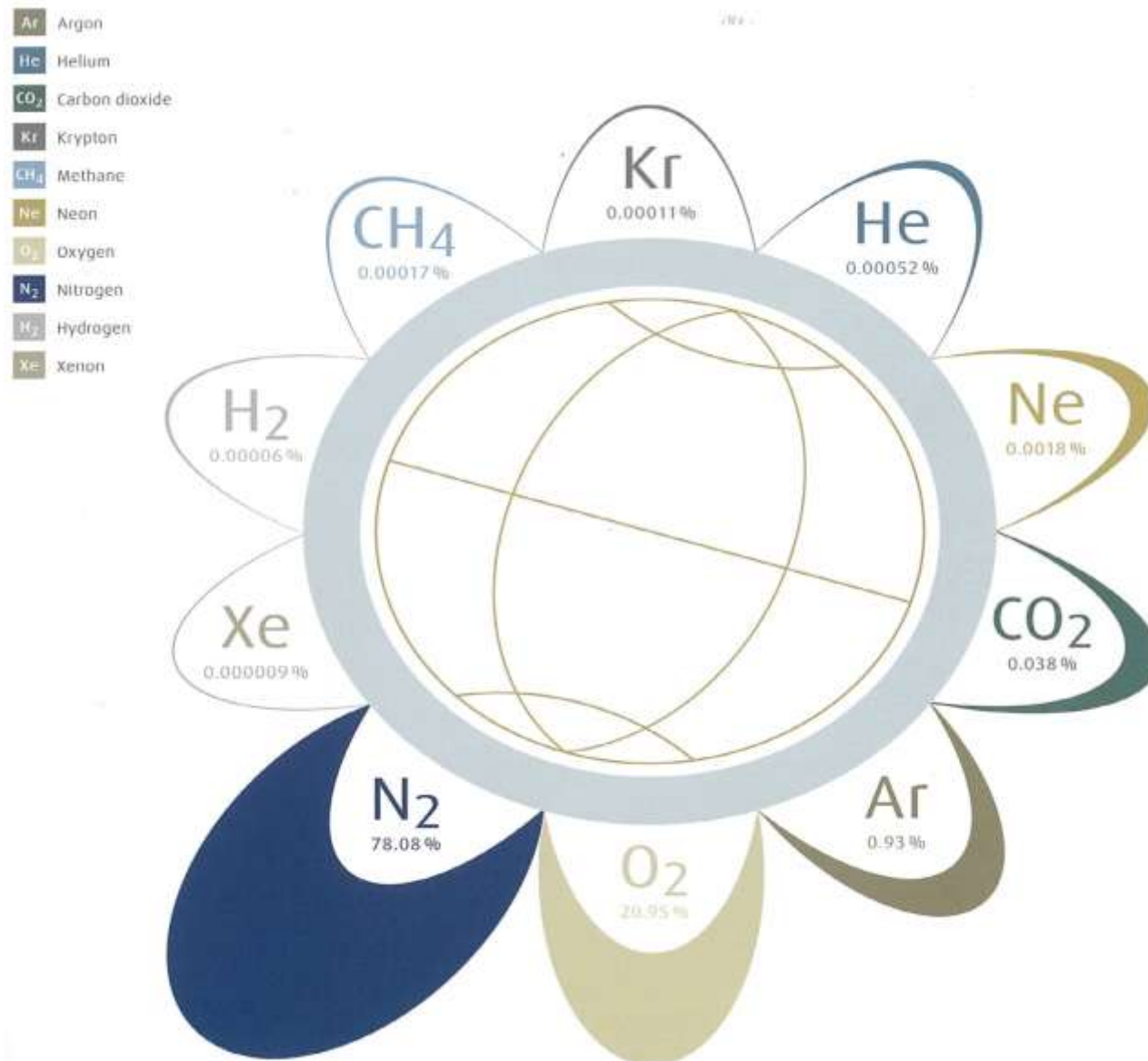
505

A Linde Gáz Magyarország Zrt. hazánk vezető gázgyártó és forgalmazó vállalata. Országos szinten 6 telephelyen állítjuk elő termékeinket, melyeket közel 130 értékesítési ponton keresztül juttatjuk el vásárlóinkhoz.

Levegő összetétele

THE LINDE GROUP

Linde



Termékválaszték: gázok (15 °C, 1 bar)

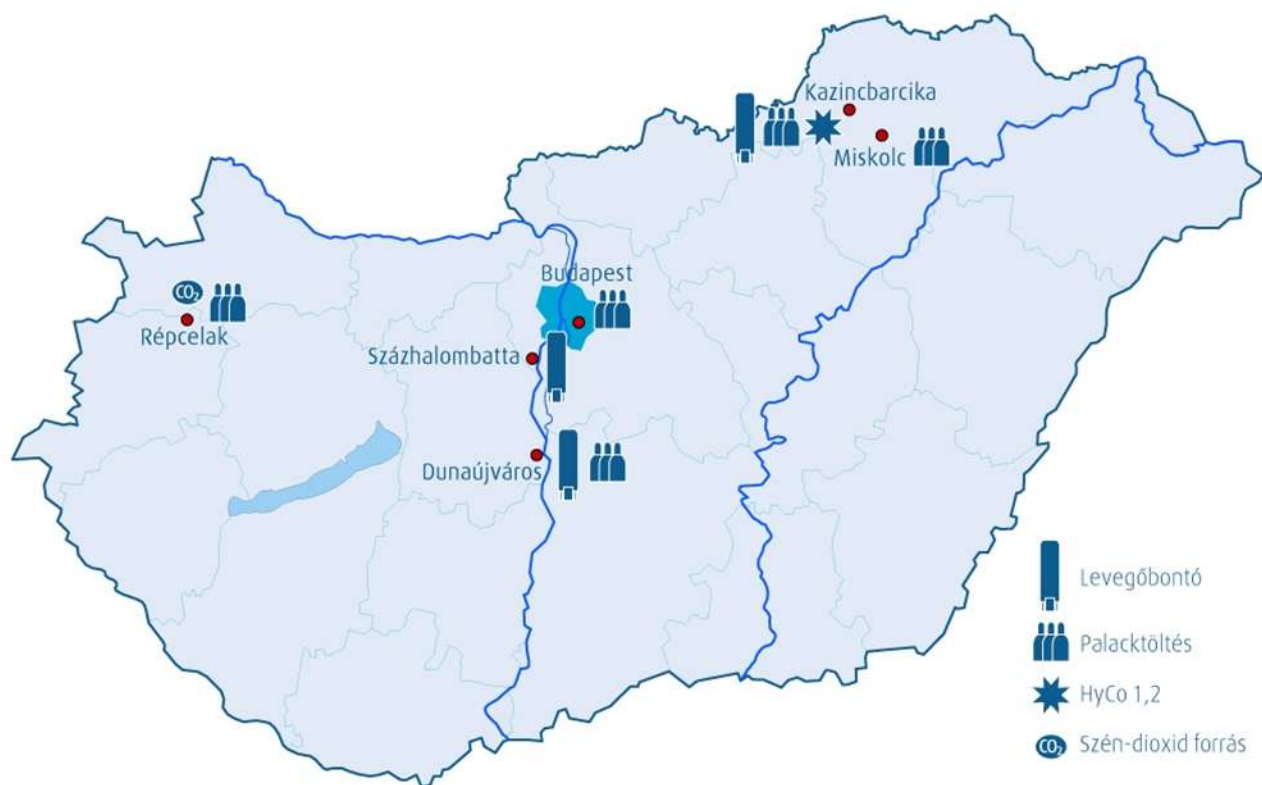


Levegő gázok	Egyéb gázok	Különleges gázok	Orvosi gázok
Nitrogén Oxigén Argon Ritka gázok (Kr, Ne, Xe)	Acetilén Hélium Propán Széndioxid Szénmonoxid Hidrogén	Nagytisztaságú gázok Gázkeverékek Kémiai gázok Hűtőközegek	Orvosi oxigén Nitrogén-oxid (NO) Altatógáz (N ₂ O)

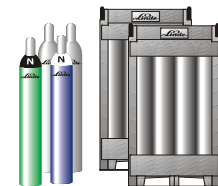
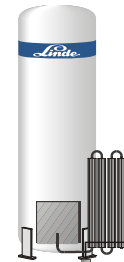
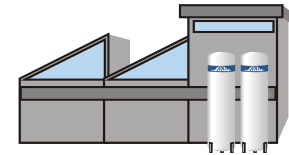
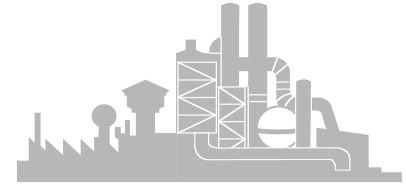
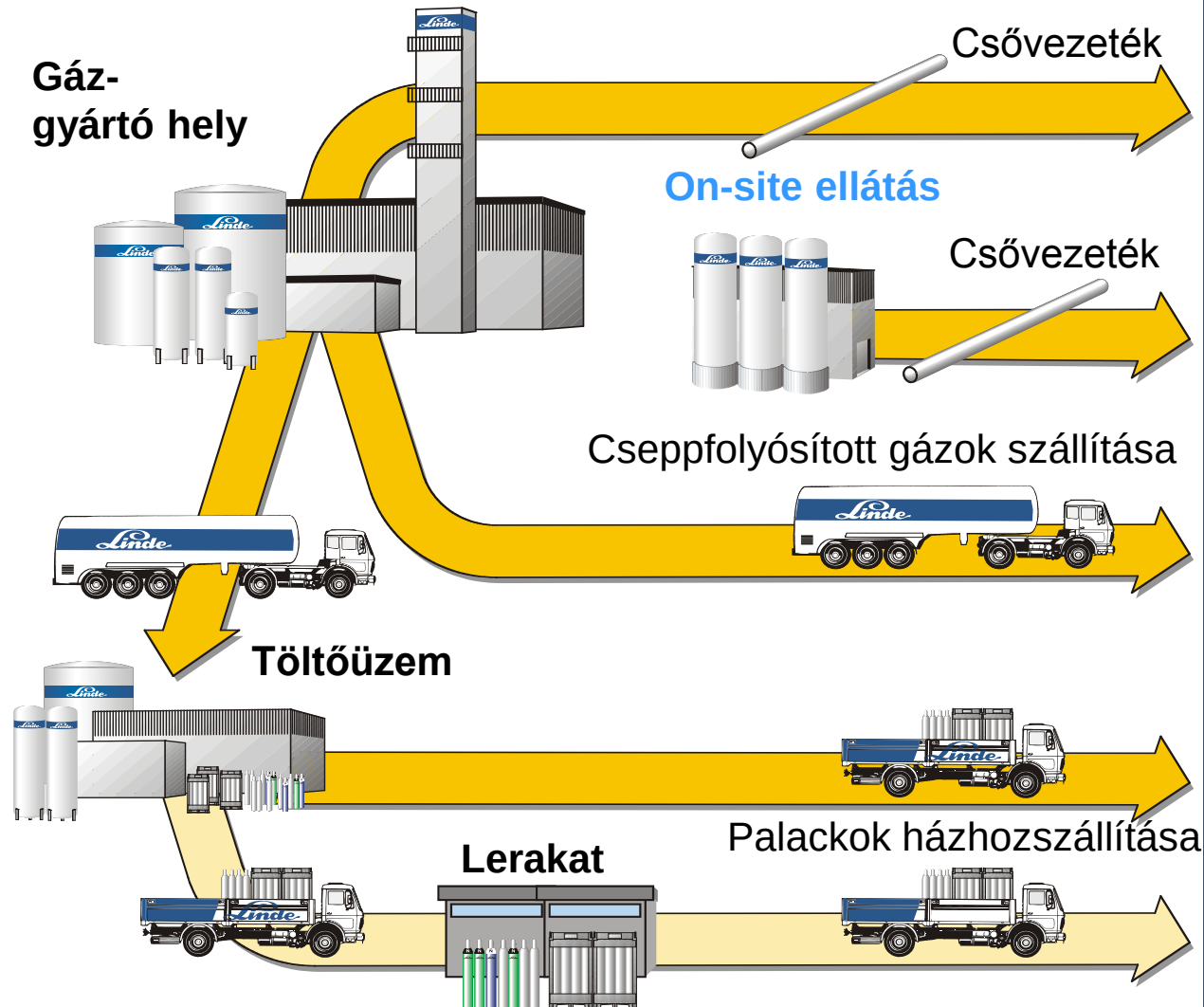
Szolgáltatások

Folyamatok, rendszerek és berendezések különböző alkalmazások számára

A Linde Gáz Magyarország Zrt. töltőüzemei



Gázellátási formák



Gázfelhasználók

Miért fontos a gázok cseppfolyósítása ellátási szempontból?



Palackos ellátás:

Egy palack tömege (50 l, 200 bar): 50 – 60 kg

Gáztartalom:

gáz/csomagolás tömege

Oxigén	(10 m ³):	13,4 kg	1 : 4,1
Nitrogén	(10 m ³):	11,7 kg	1 : 4,7
Hélium	(9,1 m ³):	1,52 kg	1 : 36
Hidrogén	(8,9 m ³):	0,75 kg	1 : 73

Tartálykocsi:

Oxigén:	18 000 m ³ ,	24 066 kg	1 : 0,42
Hélium:	27 880 m ³ ,	4 656 kg	1 : 2,1
Nitrogén:	19 000 m ³ ,	22 230 kg	1 : 0,45



A Linde Gáz Magyarország Zrt. központja.

Répcelakon jelentős mennyiségű természetes eredetű szén-dioxidot bányásznak, melyet tisztítás után közúti, illetve vasúti tartálykocsikban szállítanak a vevőkhöz, vagy töltik palackokba.

Nagytisztaságú gázok előállítása:

CO₂ 4.5 – 5.3



Répcelak: CO₂ előállítás földgázból

THE LINDE GROUP

Linde



Alapanyag: 90 - 95% CO₂ tartalmú földgáz

Termék: 99,9999 % tisztaságú cseppfolyósított CO₂

Tisztítás kémiai és fizikai lépések, hideg-meleg eljárás:

- Víz és nehéz szénhidrogének eltávolítása LCO₂-os mosás, kénmentesítés (CuO/ZnO kemiszorpció)
- Cseppfolyósítás (50 bar, 0 °C), CH₄ és N₂ kiforrálás
- Melegítés 450 °C-ra, katalitikus eljárással, oxigén jelenlétében maradék CH kiégetés, víz eltávolítása (molekulaszita)



Répcelak: Közép-Európa legmodernebb altatógáz előállító berendezése.



Eljárás:

Ammónium-nitrát (NH_4NO_3) termikus bontása 250 °C-on

Végtermék:

Dinitrogén-oxid, N_2O (altatógáz)

UHP N_2O előállítása:

- Cseppfolyósított gázt 18 bar-ról expandáltatják
- Atmoszférikus cseppfolyós gázból – 88,5 °C – on egy töltetes oszlopban az alacsonyabb forráspontú gázok (N_2 , O_2 , Ar) kiforrnak
- A tisztított folyadékot újra nyomás alá helyezik





Budapesten korszerű telephely és értékesítési központ működik.

A modern palacktöltő üzem valamennyi műszaki gáz töltésére alkalmas.

2014-ben új szárazjég gyártó berendezéseket helyeztünk üzembe.

A hegesztés-technikai laboratóriumban szakembereink bemutatókat és ismeretmegújító képzéseket tartanak.



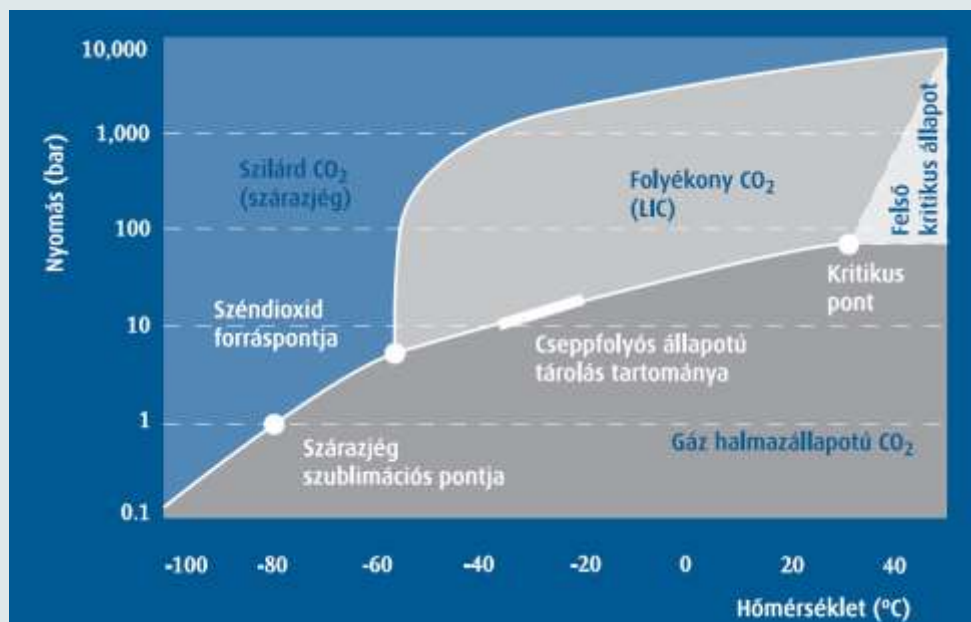
Budapest, szárazjég előállítása

THE LINDE GROUP

Linde



Szén-dioxid expanziójakor szárazjég keletkezik.
A keletkező hó összepréselésével készítik a szárazjeget a felhasználásnak megfelelő méretben (tömb, pellet vagy rudacska)

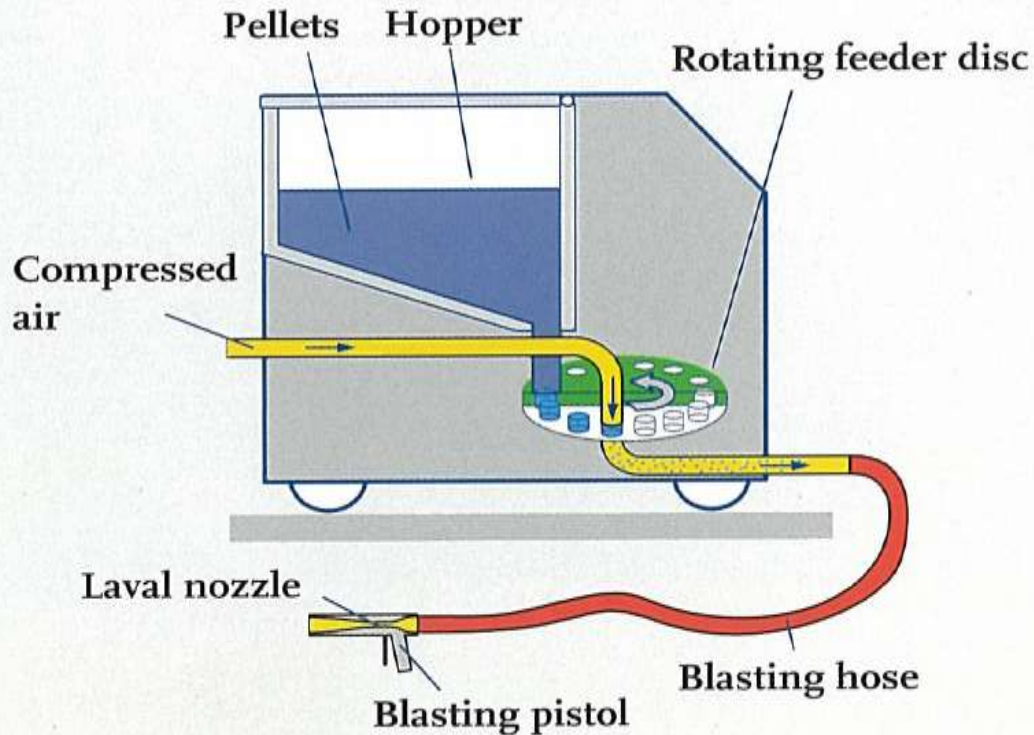




- szén-dioxid szilárd halmazállapota
- hőmérséklete - 78,5 C°
- szublimál

3730731	Szárazjég tömb (Block)szeletelt			1,0
3770785	Szárazjég gran. (Pellet 3mm)szóráshoz			10,0
3780732	Szárazjég rudacska (Nuggets 16mm)			2,0
3780785	Szárazjég rudacska (Nuggets 16mm)			10,0

Szárazjeges tisztítás folyamata 1.

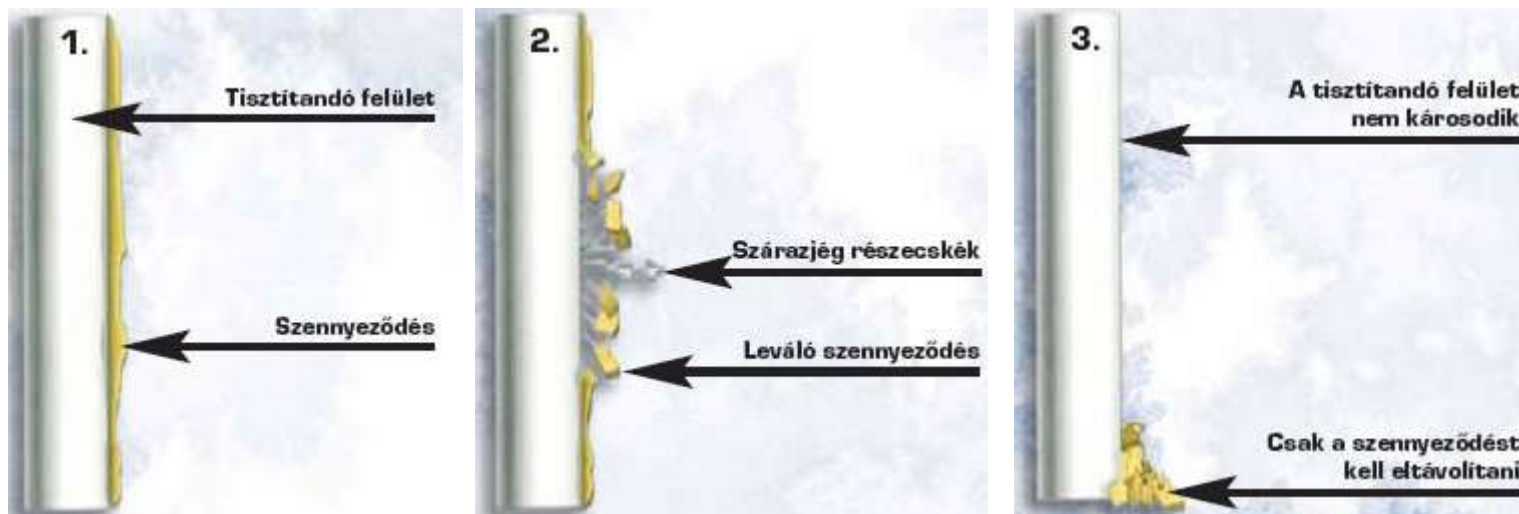


Tisztítás eredményességét befolyásoló tényezők:

- A szóró levegő nyomása, áramlási sebessége
- A szórófej (fúvóka fajtája ill. mérete)
- Az eltávolítandó szennyeződés tulajdonságai
- A felszín érdessége
- Az alkalmazott tisztítógép típusa, teljesítménye

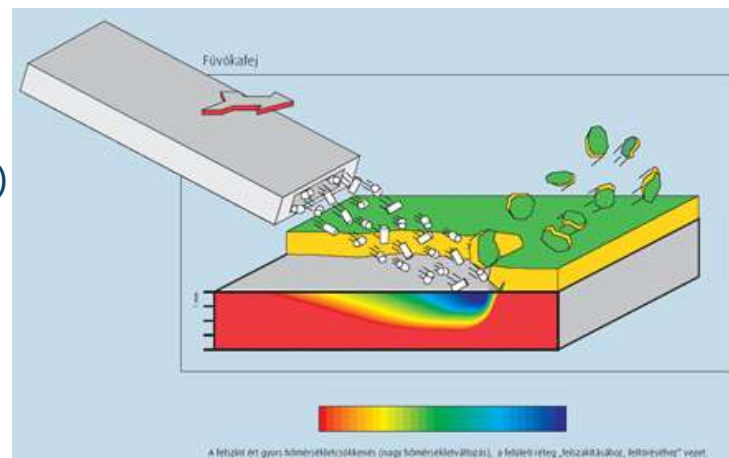


Szárazjeges tisztítás folyamata 2.



Hatásmechanizmus:

- Felületi szennyeződés elridegítése (kátrány, gyanta stb.)
- Hősokk (feszültség a határfelületen)
- Lökéshullám (mozgási energiából)
- Robbanásszerű szublimáció a felületen



Szárazjeges tisztítás: előnyök

Hatékony eljárás:

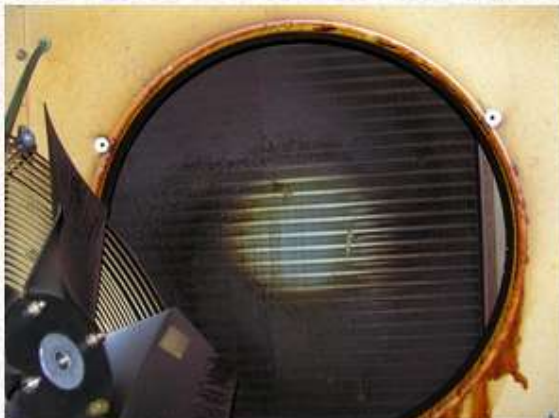
- Tisztítás a helyszínen történik, nem kell a gépet, berendezést szétszerelni
- Minimális hulladék keletkezik, a CO_2 elszublimál
- Elektromos berendezések is biztonságosan tisztíthatók
- Nincs abrazív koptatás, azaz a felület nem sérül
- A felület száraz, vízmentes marad
- Környezetbarát, vegyszert nem igényel



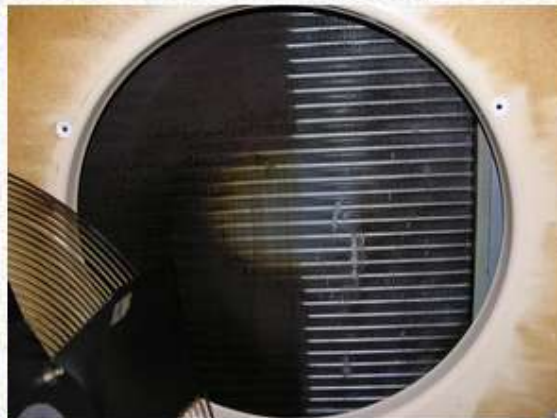
Szárazjeges tisztítás: alkalmazási példák 1.

THE LINDE GROUP

Linde



Tisztítás előtt



Félig tisztítva



Tisztítás után



Vakolt felület tisztítás előtt



Vakolt felület tisztítás után

Szárazjeges tisztítás: alkalmazási példák 2.

THE LINDE GROUP

Linde



Zsugorkötés szárazjéggel

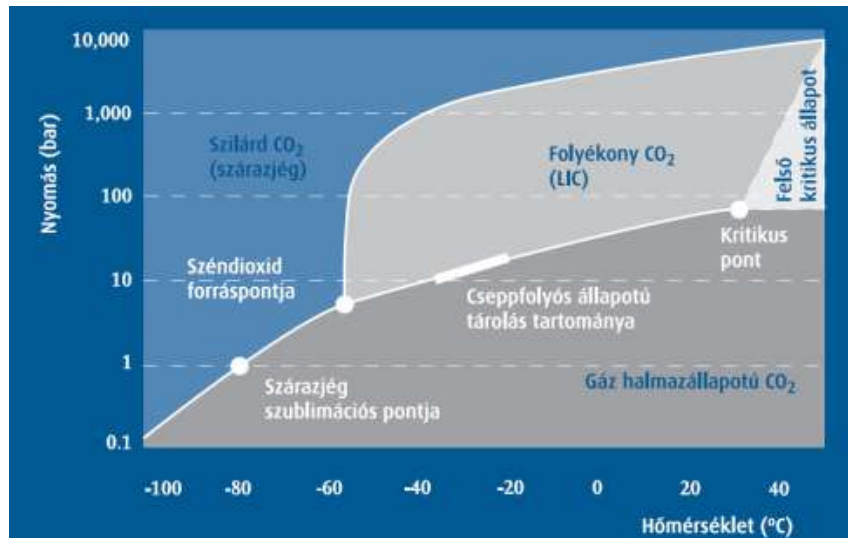
Alkalmazás munkadarabok összeillesztése során:

- Tengely hűtése a másik darab melegítése helyett

$$\Delta l = l \times \alpha \times \Delta T$$

100 mm-es tengely esetén elérhető maximális zsugorodás:

$$\Delta l = 100 \times (-8,5) \times 10^{-6} \times (-78,5) = 0,0667 \text{ mm}$$



Egyéb alkalmazási példák

THE LINDE GROUP

Linde



Hidegpolírozás
Rakományhűtés
Hűtőkeverékek
Gyógyászat
Konyhaművészet
Dekorációs elem: „füst”



- **A levegő szétválasztó berendezés 2000. szeptemberében kezdte meg működését.**

Tipikus adatok:

50 - 70 000 m³/h levegőből

2 – 3 000 m³/h nitrogén, 3 – 4 000 m³ LIN

8 - 12 000 m³/h oxigén, 1 000 - 1 500 m³ LOX

3 - 400 m³/h cseppfolyósított argon

- **Cseppfolyós, különleges és nagytisztaságú gázok, gázkeverékek gyártása.**
- **Hélium töltőüzem**



Dunaújváros: He üzem

THE LINDE GROUP

Linde

**2005. májusában helyeztük
üzembe héliumtöltő üzemünket.**

**2010-ben a regionális
disztribúciós központ létesült.**

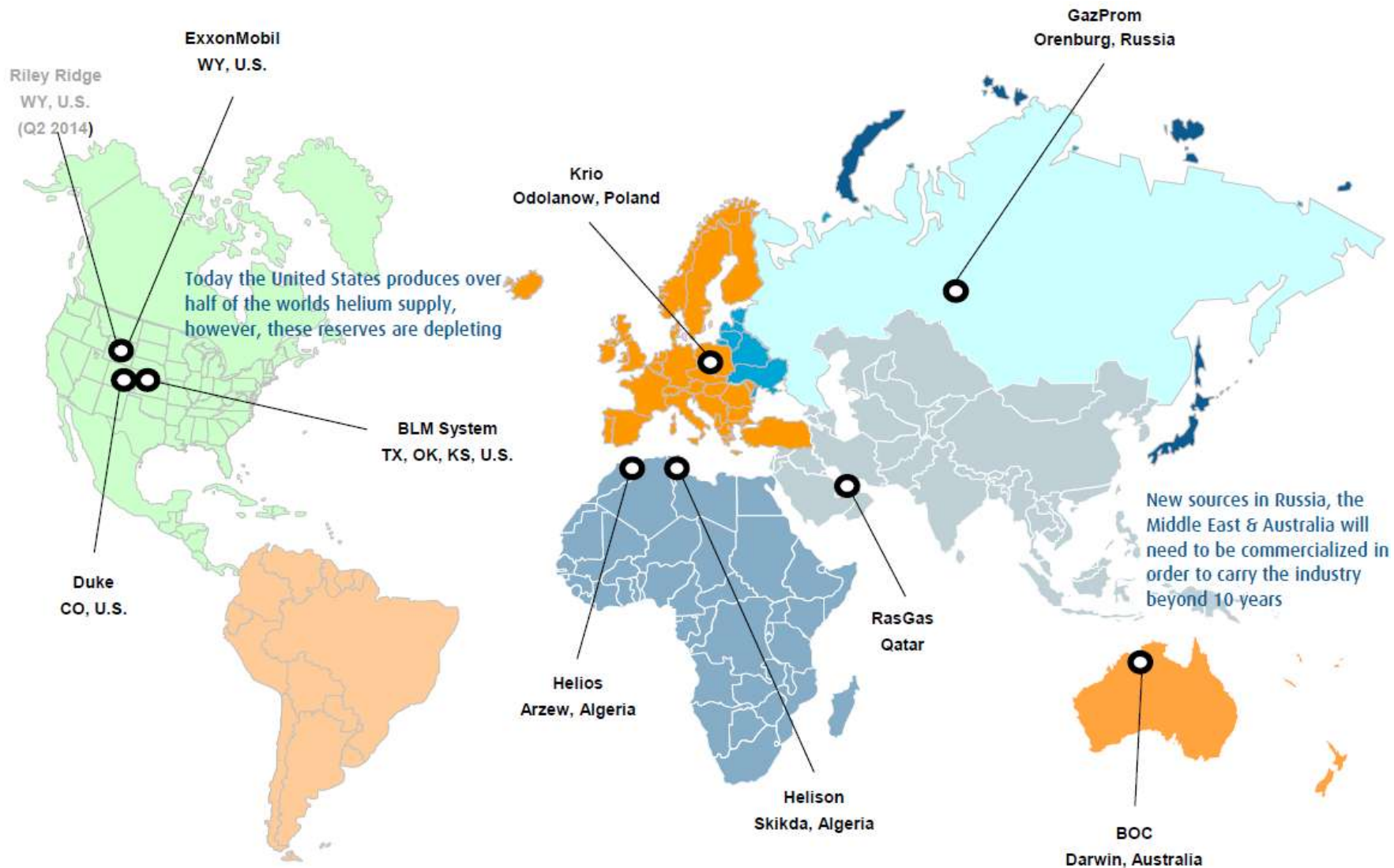
**Bővítettük termékpalettánkat:
héliumot, oxigént és argont 6.0
tisztaságig, nitrogént és
szintetikus levegőt 5.3
tisztaságig tudunk gyártani ill.
palackozni.**



Hélium források

THE LINDE GROUP

Linde



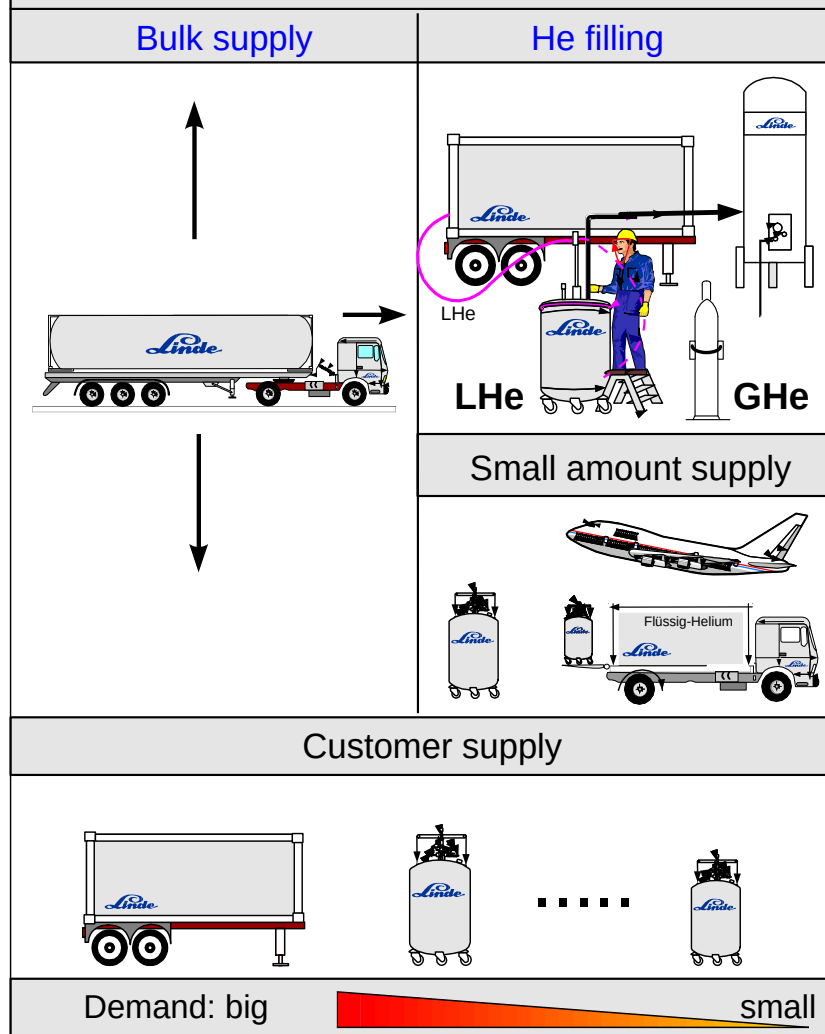
Mélyhűtött gázok

LHe ellátás

THE LINDE GROUP

Linde

Obtained as byproduct of some natural gas sources



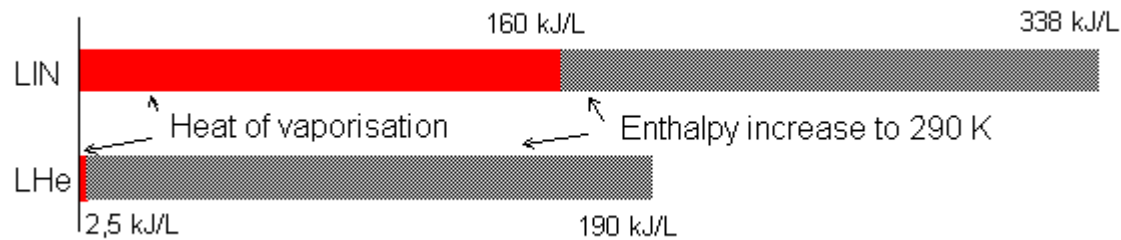
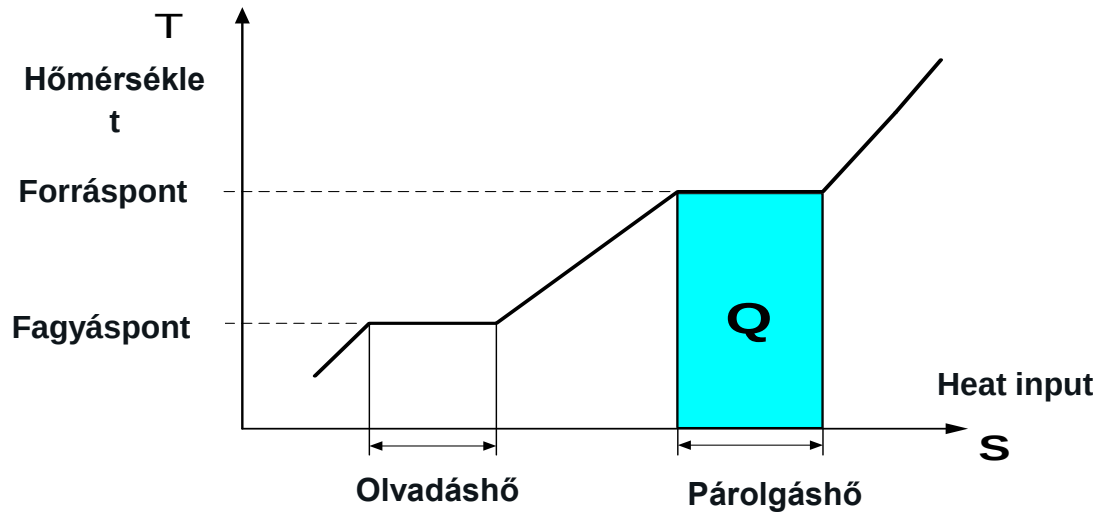
Cseppfolyósított gázok mélyhűtéshez

Párolgási hő: LIN – LHe

THE LINDE GROUP

Linde

$$Q = T (S_2 - S_1)$$





- | | | | |
|---|--|----|--------------------------|
| 1 | Liquid Helium Vessel | 6 | Safety Relief Valve |
| 2 | Liquid Nitrogen Tank | 7 | Burst Disc |
| 3 | Vacuum Superinsulation (incl. LIN Shield,
optional: LHe Shield) | 8 | ISO Container Frame |
| 4 | Liquid Helium Inlet/Outlet | 9a | Liquid Nitrogen Inlet |
| 5 | Gaseous Helium Outlet | 9b | Nitrogen Gas Vent |
| | | 10 | Nitrogen Shield Vent Gas |

Mélyhűtött gázok

LHe konténer: Hővesztés csökkentési technikák

Heat load from surrounding

Heat load reduction by vacuum-super-insulation

Heat load reduction by LIN shield

Heat load reduction by GHe shield (optional)

Final heat influx
8 Btu/h = 2,3 W with GHe shield
22,5 Btu/h = 6,6 W without GHe shield

N2 exhaust via phase separator and relief valve

GHe

The higher the heat influx the quicker the pressure increase.
Average pressure increase 1 – 2 psi per day (without activated He-shield)

LHe

LIN-Shield active
> 21 kPa (3 PSI)
Average consumption 30 -40 l per day

GHe exhaust via shut off valve, regulator valve, and flowmeter

LIN shield

(cold) GHe shield (optional)

Cseppfolyósított gázok tároló eszközei

THE LINDE GROUP

Linde

Siegtal, Baujahr: 1965

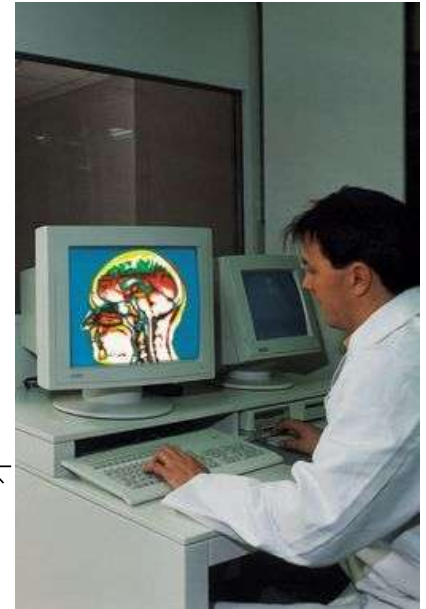
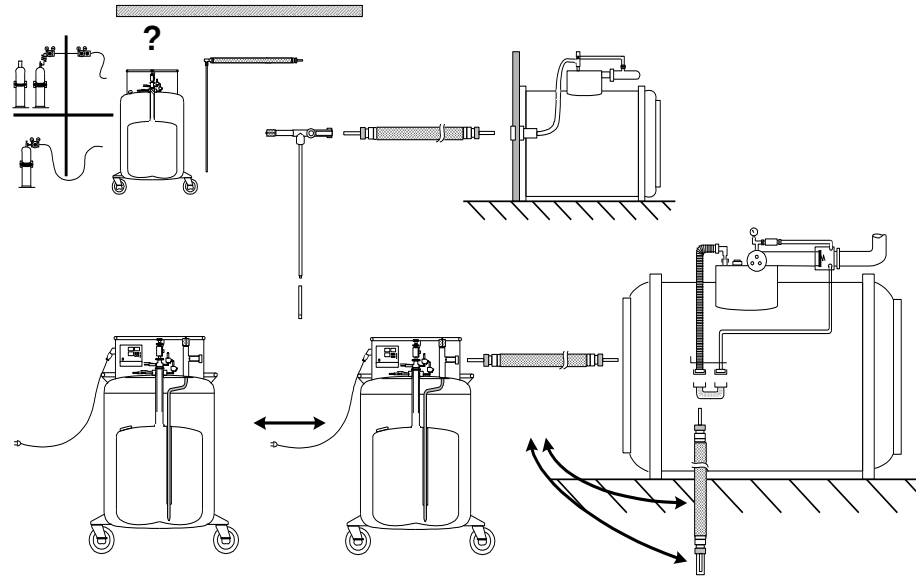


Mélyhűtött gázok

MRI készülékek LHe ellátása

THE LINDE GROUP

Linde

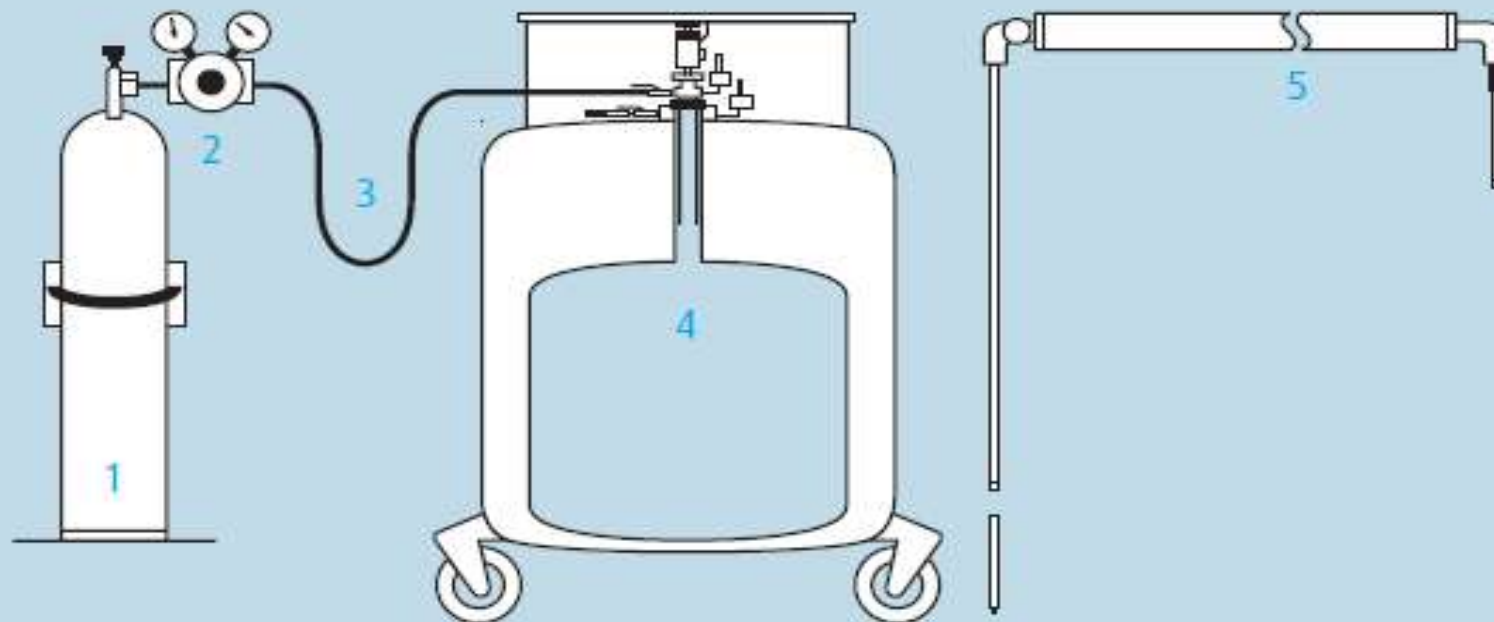


Mélyhűtött gázok

MRI készülékek LHe ellátása

Standard LHe supply concept

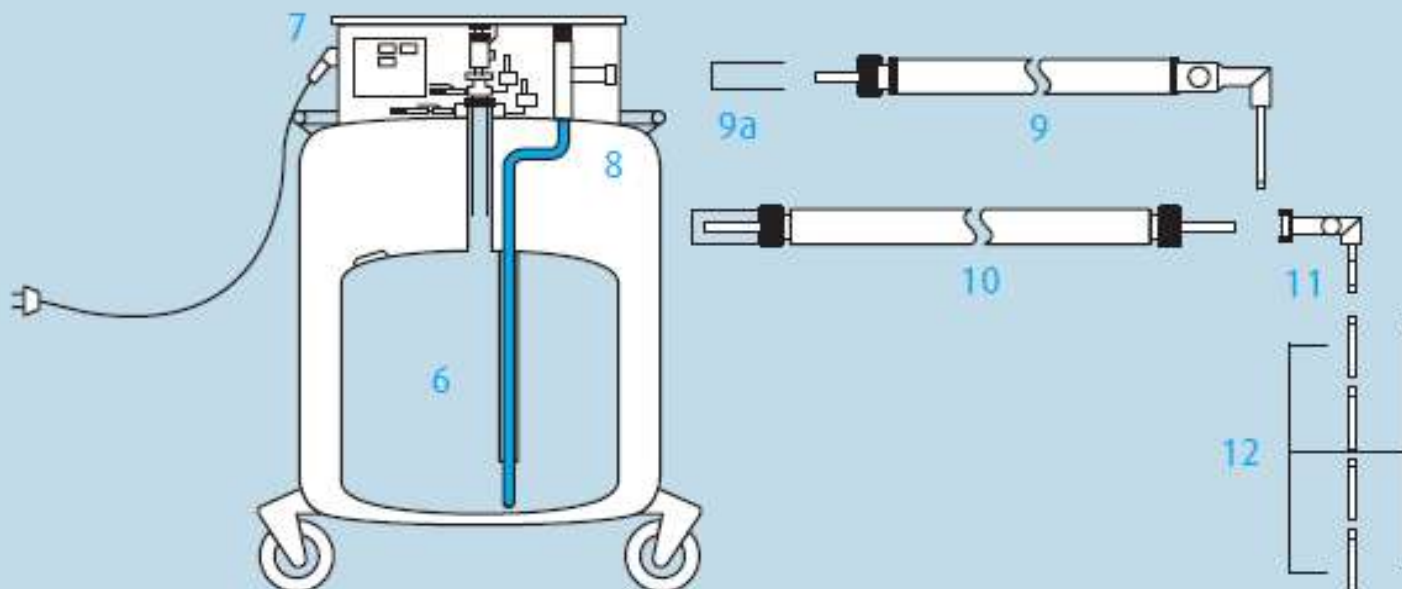
Pressurising system (consisting of 1 He gas cylinder, 2 pressure regulator, 3 connecting hose 4 LHe-dewar, 5 U-Shaped transfer line)



Mélyhűtött gázok MRI készülékek LHe ellátása

New LHe supply concept from Linde Gas

6 New dewar with 7 EIPS (electronic internal pressurization system), level meter and 8 built-in dip tube, cold valve and coupling, 9 transfer line with dip tube, 9a cap, 10 straight transfer line, 11 adapter, 12 extensions

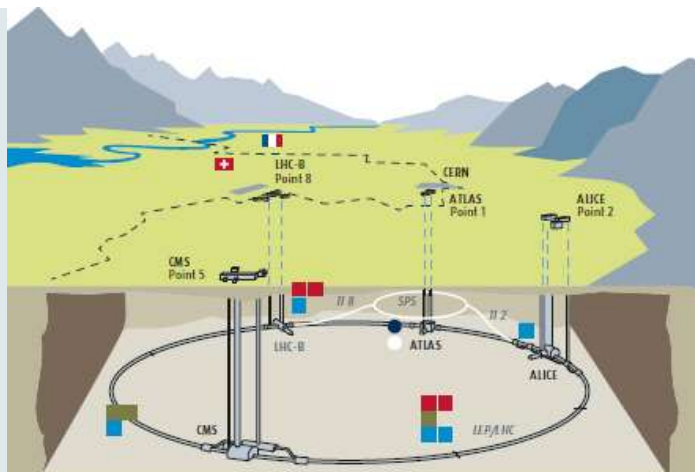


LHe

A világ legnagyobb részecskegyorsítója

THE LINDE GROUP

Linde



A francia-svájci határon létesült a 27 km hosszú LHC (Large Hadron Collider). Működtetése 120 MW energiát igényel, ez annyi, mint Genf (160 000 lakos) teljes energiaszükség-lete.

A 8 Tesla-s szupravezető mágnesekhez a Linde Kryotechnik tervezte a hűtőrendszert, ezt 2007-ben hűtötték be. A LHe tartályokat a Linde CryoAB szállította. (Hagyományos mág-nesekkel 30-szor ennyi energiára és 120 km hosszúságra lett volna szükség.)

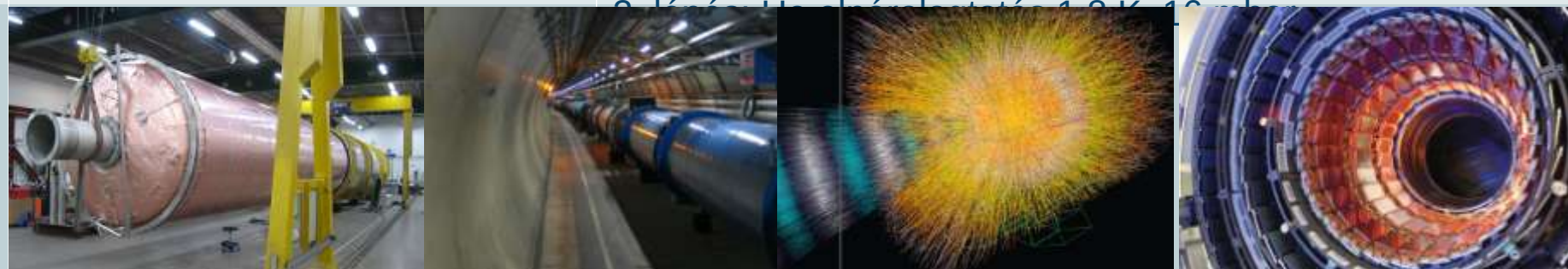
9 563 mágnes (37 000 t)

4 500 kW

0,1 K hőingadozás

1. lépés: előhűtés LIN, 80 K (10 000 t)

2. lépés: He expanziós turbinákkal 4,5 K, 1250 mbar (130 t)





Palackos gázok töltése:

A telephelyen működő hidrogénüzemben nagytisztaságú (5.6) hidrogént állítanak elő és palackoznak.

1995-ben helyezték üzembe a korszerű acetilénfejlesztő berendezést és azóta jelentős az acetilén előállítás és forgalmazás is.



Kazincbarcika: ASU üzem

THE LINDE GROUP

Linde



Kazincbarcika: HyCO berendezés

THE LINDE GROUP

Linde



Az egyik legnagyobb HyCO berendezés Európában, amely nagy mennyiségben állít elő szénmonoxidot és hidrogént.

A HyCO1 berendezés 2001 szeptemberében, a HyCO2 2005 augusztusában, a HyCO3 pedig 2011 augusztusában kezdte meg működését.

HyCO-1:

4 400 m³/h CO

10 780 m³/h H₂



Kazincbarcika: HyCO üzem



„Hideg-meleg” eljárás:

Kémiai folyamat:

- CO és H₂ előállítása földgáz gőzreformálásával
Hőmérséklet a bontókemencében: 700 – 1000 °C

Fizikai folyamatok:

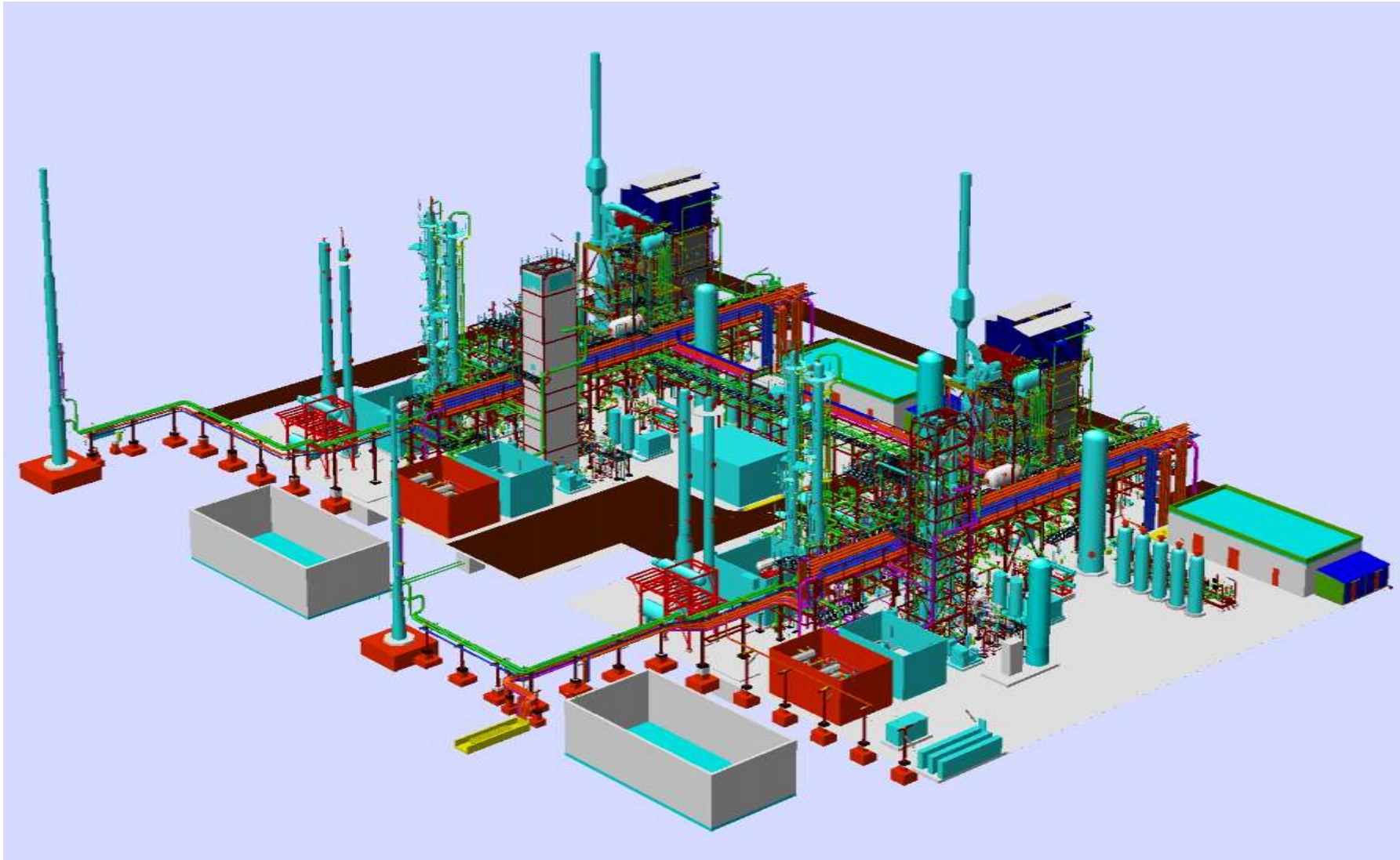
- CO₂ eltávolítás (MDEA mosás)
- Hőhasznosítási lépések (hideg-meleg hőcserélők)
- CO eltávolítás cseppfolyós metános mosással
Hőmérséklet a cold boxban: -165 és -140 °C
- CO kiforralás a CH₄/CO elegyből (25 – 5 – 2 bar)
- H₂ tisztítás adszorpcióval (magas nyomáson)
- Regenerálás: deszorpció (alacsony nyomáson)



Kazincbarcika: HyCO üzem

THE LINDE GROUP

Linde



Cseppfolyósított nitrogén alkalmazási területei

THE LINDE GROUP

Linde

Ipari eljárások

Élelmiszeripar

Vegyipar

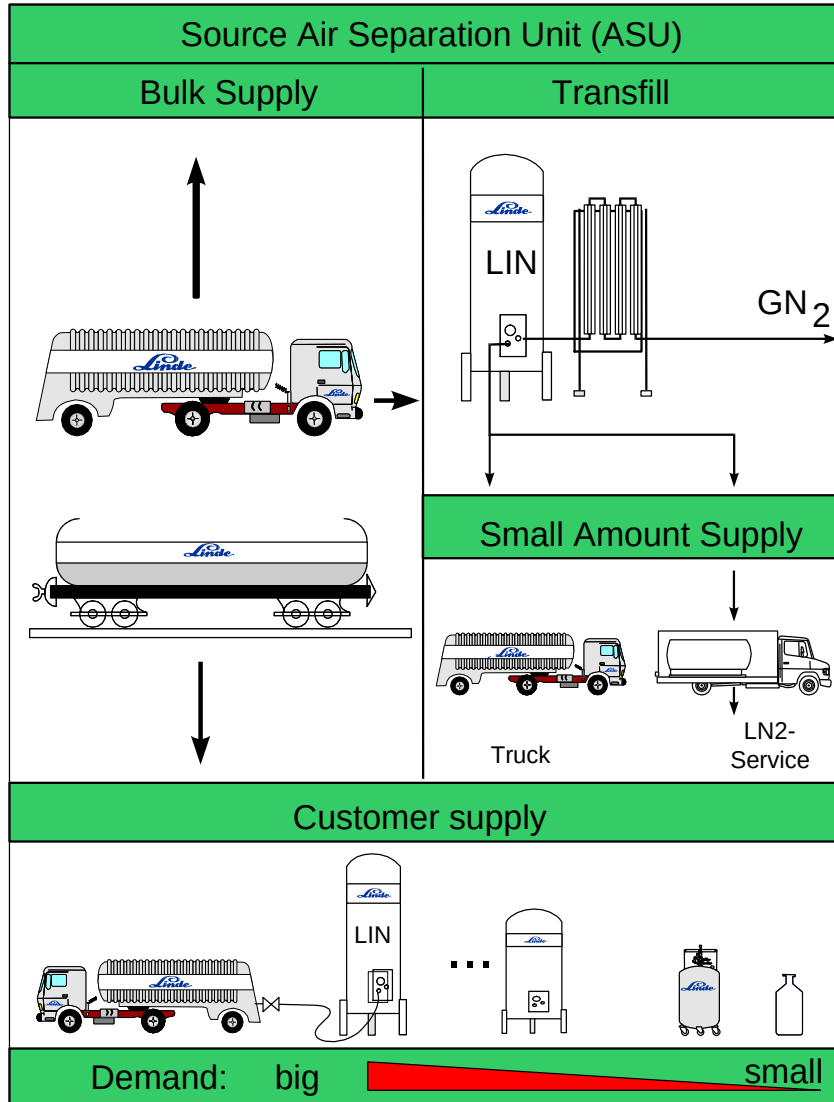
Egészségügy



Cseppfolyós nitrogén ellátás

THE LINDE GROUP

Linde

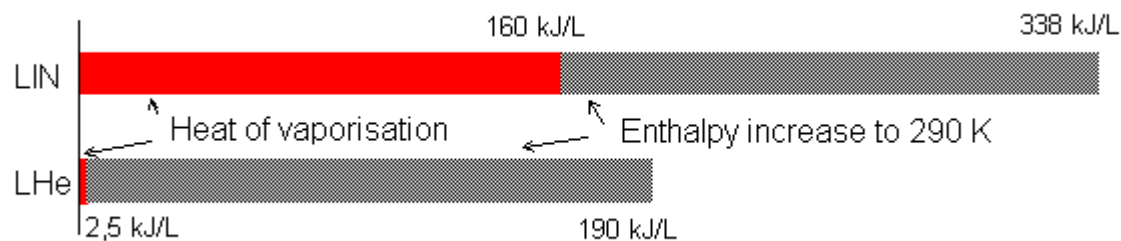
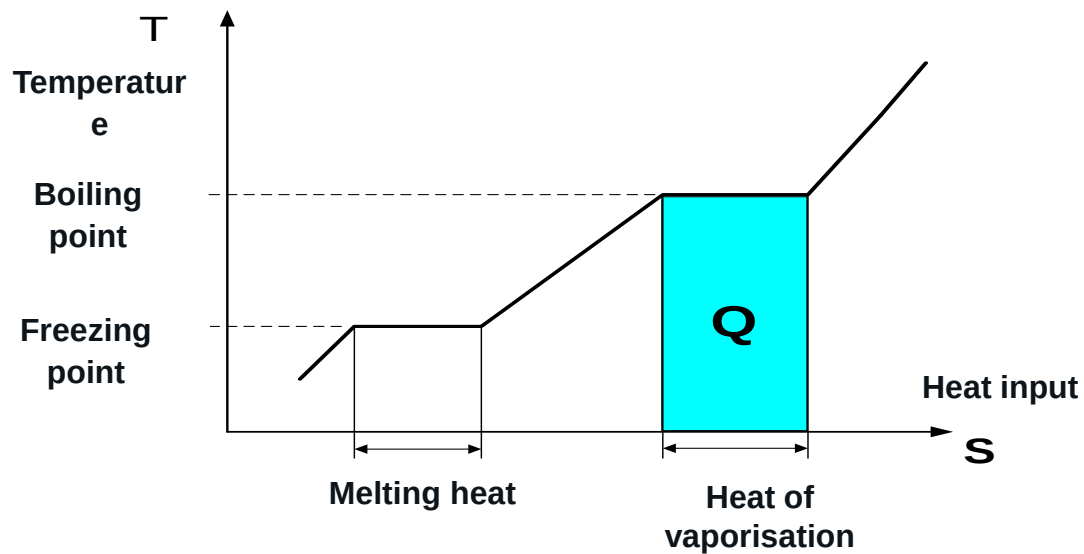


Hűtés cseppfolyósított gázokkal: Párolgáshő

THE LINDE GROUP

Linde

$$Q = T (S_2 - S_1)$$



Cseppfolyós nitrogén ipari alkalmazásai

THE LINDE GROUP

Linde

Zsugorkötés

Betonhűtés

Gumisorjátlanítás

Kriokondenzáció

Precíziós hűtés

Talajfagyasztás

Élelmiszerek fagyasztása

Hidegőrlés



Előnyei:

- Nagyobb kötésszilárdság, mint a sajtolásos technológiáknál
- Általában a kisebb alkatrészt kell hűteni, nincs szükség a nagyméretű ellendarab hevítésére
- Az anyag szerkezete, alakja, geometriája nem változik (nincs szövetszerkezet-változás, vetemedés stb.)
- A hűtött darab felülete nem oxidálódik, azon reve vagy egyéb káros anyag nem képződik
- A beruházási költség általában nagyon alacsony (nincs szükség a végrehajtásához drága berendezésre)



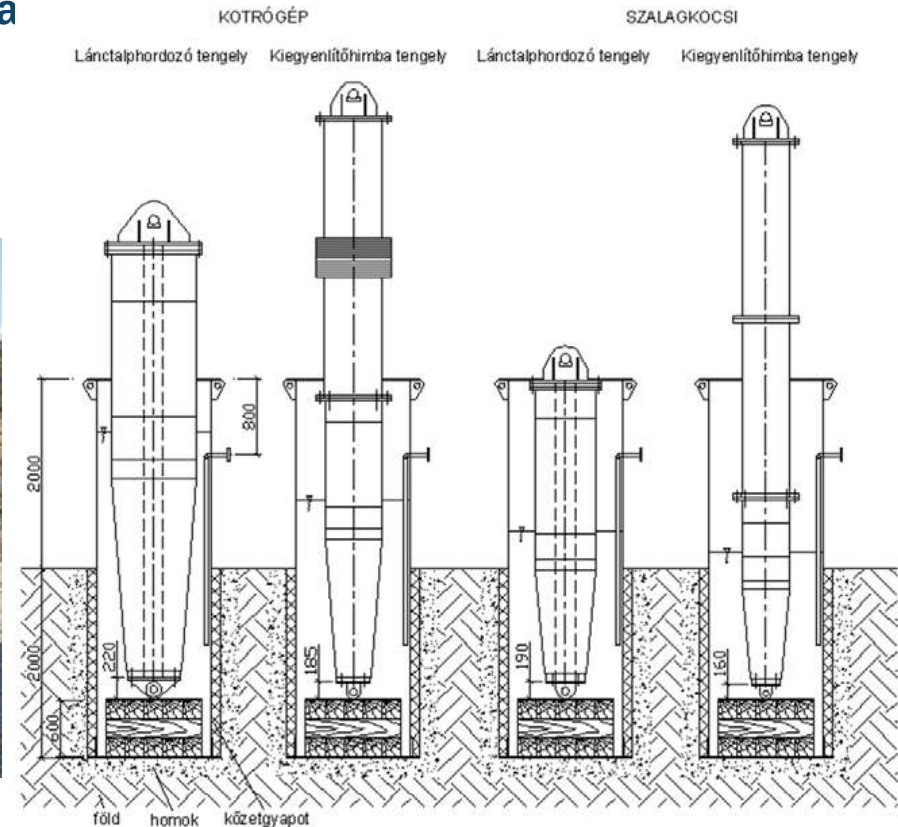
Alkalmazás munkadarabok összeillesztése során:

- Tengely hűtése a másik darab melegítése helyett

- $\Delta l = l \times \alpha \times \Delta T$

100 mm-es tengely esetén max. zsugorodá

$$\Delta l = 100 \times (-8,5) \times 10^{-6} \times (-196) = 0,167 \text{ mm}$$



Zsugorkötés: LIN

THE LINDE GROUP

Linde



Zsugorkötés: LIN

THE LINDE GROUP

Linde



Zsugorkötés: LIN

THE LINDE GROUP

Linde



Betonhűtés: LIN



Megfelelő minőségű betonszerkezetek kialakításának fontos feltétele, hogy a betonozás során a bedolgozás alatt a frissbeton hőmérsékletét az optimális 5 - 25°C között tartsuk.

Hűtés:

cseppfolyós nitrogénnel a mixer kocsikban hűtőlándzsákkal

Példa:

Budapest, Ázsia Center alapozása





Mélyhűtés hatására a gumi rideggé válik.

- Gumisorjátlanítás (Kayser Automotive)
- Kriogén gumiőrlés (Cansar Kft.)





Kriokondenzáció (Cirrus készülékek):

Illékony szerves oldószer visszanyerése vegyipari, gyógyszeripari eljárásoknál.

Emisszió csökkentése, oldószer megtakarítás.

Precíziós hűtés (Cumulus készülékek):

Folyadékfázisú reakciók esetében alkalmazzák.

Gyors és pontos hűtés – 120 °C-ig.

CUMULUS® PX20





Rétegrepesztés: LCO_2

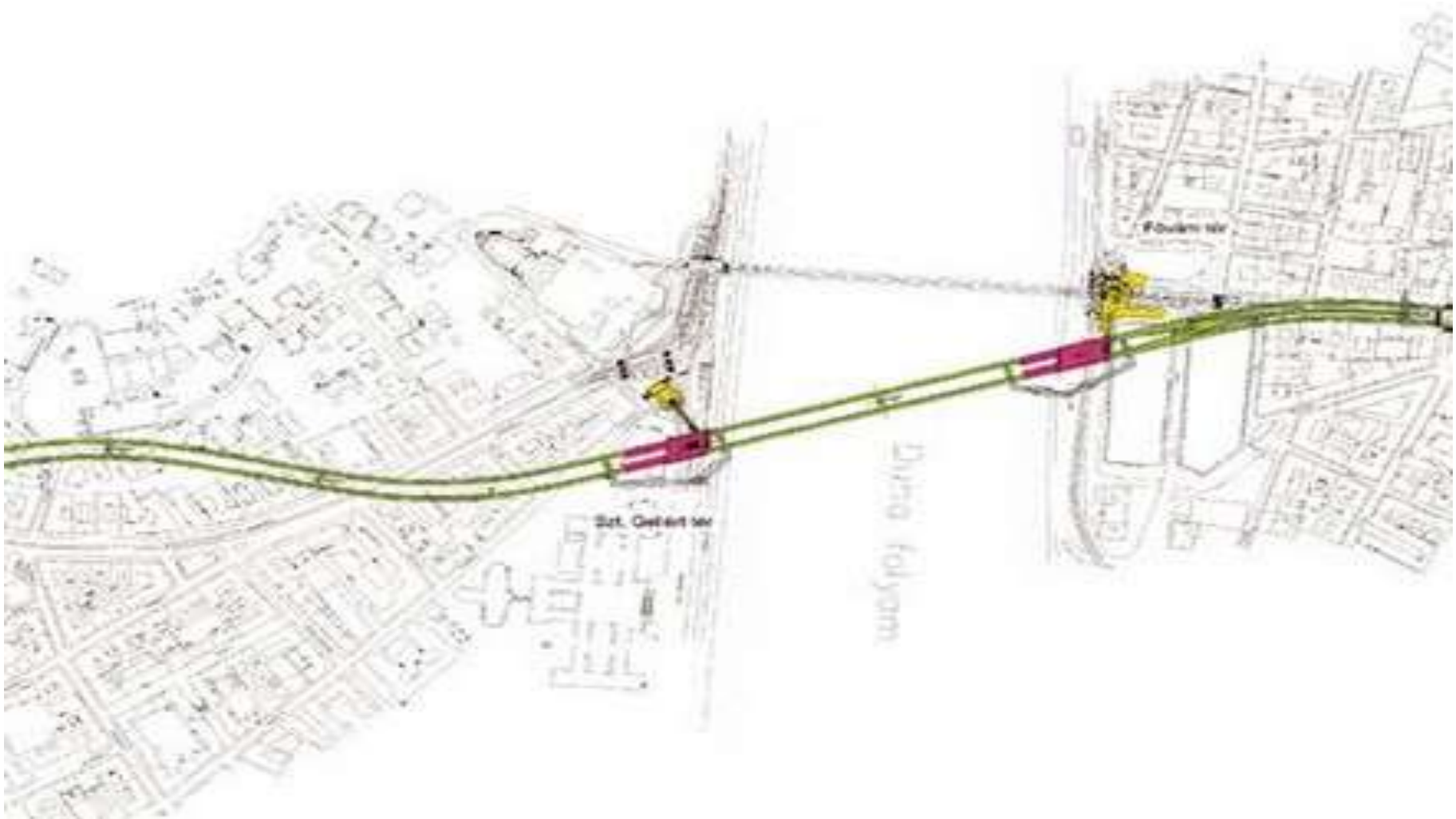
Olyan gázlelőhelyek esetében, ahol a gáz egy olyan kőzetben van benne, amiben csak nagyon lassan tud mozogni. Tehát ha belefúrnak akkor a gáz kijön ugyan, de olyan lassan, ami gazdaságilag nem kifizetődő.

Belefúrnak a gázt tartalmazó kőzetbe, majd a furat mentén egy-egy ponton nagy nyomású folyadékkal szétrepeszti a kőzetet. Az így létrejövő kb. 200 méter x 140 m buborékokból már kinyerhető a gáz.

M4 metro talajfagyasztás

THE LINDE GROUP

Linde



M4 metro talajfagyasztás

THE LINDE GROUP

Linde



M4 metro talajfagyasztás

THE LINDE GROUP

Linde



M4 metro talajfagyasztás

THE LINDE GROUP

Linde



Élelmiszeripar: Fagyasztás



Élelmiszerek sokkoló fagyasztása, a minőség és az eltarthatósági idő megőrzésének érdekében

sütőipari termékek, húсарuk, halak



Sokkoló fagyasztás, kutterezés, tumblerezés

THE LINDE GROUP

Linde

Élelmiszerek sokkoló fagyasztása,
a
minőség és az eltarthatósági idő
meg-
őrzésének érdekében:
hamburger, kenyér fagyasztása

Vagdalt húsok hűtése –
keverés és kutterezés során



Kéreg fagyasztás

THE LINDE GROUP

Linde

Pick-Szeged

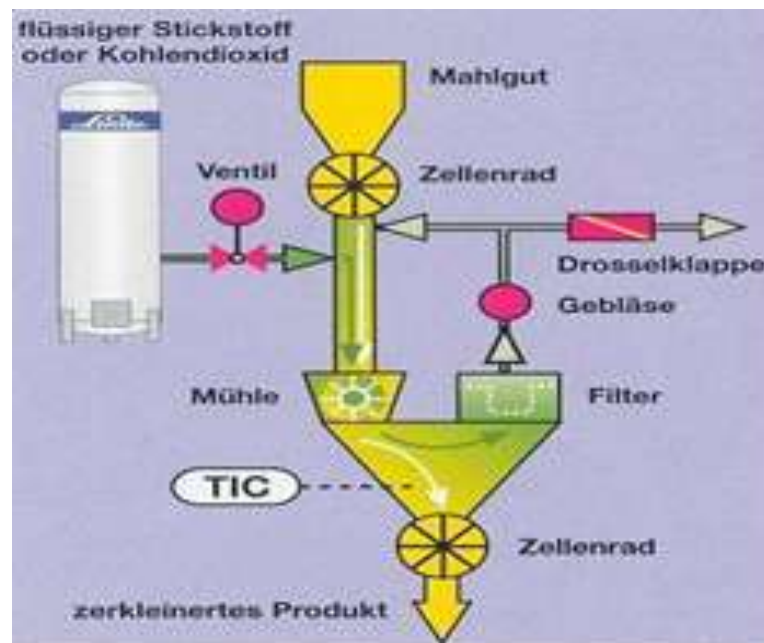
Kéreg fagyasztás szeletelés előtt
Védőgázos csomagolás



Hidegen őrlő berendezés eljárási
sémája

Fűszerek őrléséhez, melyeket
előzőleg nitrogénnel fagyasztot-
tak

A gázhalmazállapotú nitrogént
kiszívják a malomból és a sza-
badba fúvatják.

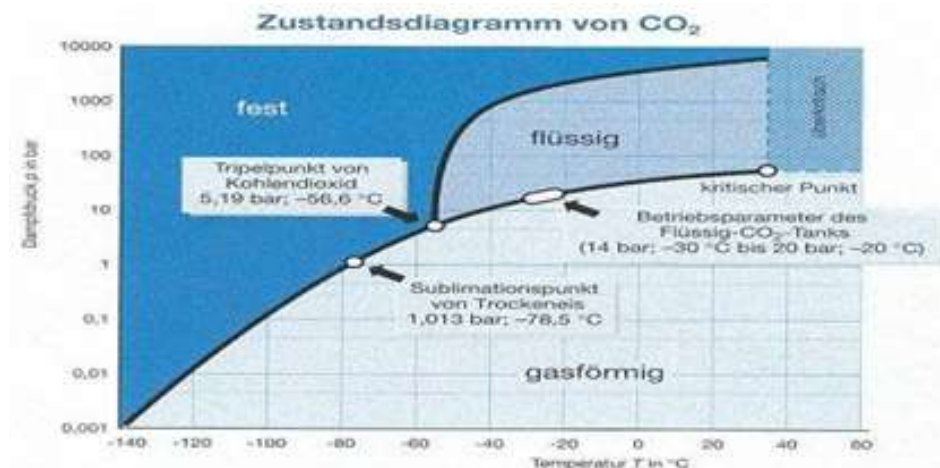


Élelmiszeripar: Extrakció szuperkritikus állapotú széndioxiddal



Magas nyomású extrakció alkalmazása:

- A hasznos beltartalom kinyerése élelmiszerekből
- A nemkívánatos komponensek eltávolítása



Példák:

- Gyógynövények és fűszerek hatóanyagainak kivonása
- Nikotin eltávolítás dohányból
- Kávé koffeinmentesítése

A széndioxid állapot-diagrammja.

A kritikus tartományban, azaz 31 °C hőmérséklet és 73 bar nyomás felett a széndioxidot különleges oldási képesség jellemzi, mely tulajdonságot az élelmiszeripar a beltartalmi anyagok extrahálása révén használja ki.

THE LINDE GROUP

Linde

Ar

Argon

figyelmet!

Köszönöm a