

HVAC

Fűtés, szellőzés, légtisztítás

ELŐADÓK:
BOMBOLYA NELLI
SURÁNYI KRISZTINA

HVAC szerepe a biotechnológiában

- Biotechnológiai eljárások tiszta körülményeket igényelnek

A HVAC rendszer eszközei a tiszta környezet létrehozására és fenntartására:

- Speciális légtechnikai egységek
- Nagy hatékonyságú levegőszűrők (HEPA)
- Szűrt, megfelelő irányú légáramok biztosítása
- Lamináris levegőáramlás
- Helyiségek közötti nyomáskülönbség fenntartása

Példák HVAC szerepére

- **Fermentáció**
 - Nagy hő keletkezik
 - A hő befogása a keletkezés helyén nagy légárammal ill. páraelszívó alkalmazásával, esetleg mind a kettővel.
- **Töltő terület**
 - Nagyon tiszta, ellenőrzött levegő
 - Pozitív légáramlás a környező helyiségek felé (túlnyomás)
 - Hőmérséklet: 20 °C vagy ettől kevesebb (dolgozók beöltözöttek-kellemes környezet biztosítása, lebegő részecskék keletkezésének minimalizálása)
 - Páratartalom szabályozása: mikrobák szaporodását befolyásolja
- **Csomagoló terület**
 - Ha a termék por,akkor a relatív páratartalomnak alacsonynak kell lennie, hogy megelőzzék, hogy az anyag nedvességet abszorbeáljon.
 - Porelszívókat is alkalmaznak
- **Elszívó fülkék**
 - Negatív nyomás a szomszédos terek felé
 - Tisztán tartás
- **Öltözők**
 - Kisebb nyomású területek a tiszta területekhez képest, de nagyobb nyomásúak a nem minősített területektől (ne jusson be szennyeződés)

Osztályozás

- Minden helyiséget tisztasági osztályba sorolnak, attól függően, hogy milyen funkciót tölt be, milyen tevékenységet folytatnak benne.
- **US Federal Standard 209D**
 - Légtérben levő lebegő részecskék mérése alapján (0,5 µm feletti részecskék száma)
 - Biotechnológia iparban alkalmazott osztályok: **100-100.000** (class 1-10 mikrochip ipar)

| Tisztasági osztály | | 0,5 µm-es és ennél nagyobb részecskék száma | | 5 µm-es és ennél nagyobb részecskék száma | |
|--------------------|---------------|---|--------|---|--------|
| angolszász m.e. | metrikus m.e. | /köbláb | /liter | /köbláb | /liter |
| 100 | 3,5 | 100 | 3,5 | kevesebb, mint 10 | 0,35 |
| 1 000 | 35 | 1 000 | 35 | kevesebb, mint 10 | 0,35 |
| 10 000 | 350 | 10 000 | 350 | 65 | 2,3 |
| 100 000 | 3 500 | 100 000 | 3 500 | 700 | 25 |

Egyéb szabványok és irányelvek

- **CGMPs** (Current Good Manufacturing Practices) – Helyes Gyártási Gyakorlat
 - Gyógyszergyártás, -tárolás és feldolgozásra vonatkozik
 - A termék biztonságosságának, tisztaságának és minőségének biztosítását tartja szem előtt

Előírja a terek:

- Hőmérsékletét, páratartalmát
- Szomszédos terek közötti nyomáskülönbségét
- Légáramok sebességét
- Falnak, mennyezetnek simának, tisztíthatónak fertőtlenítőszernek és szilánkosodásnak, lepattogzásnak és oxidációnak ellenállónak kell lennie

Hőmérséklet

Hőmérséklet

- A tereket szobahőmérsékletre, 19-25 °C közé tervezik, 22 °C-os kontrollponttal.
- Alacsonyabb hőmérséklet ott kell, ahol az emberek jobban be vannak öltözve → izzadság növeli az idegen anyagok mennyiségét a levegőben

Páratartalom

- A páratartalmat általában **40-55 %** közé állítják:
 - Kényelemérzet
 - Korrózió megelőzés
 - Mikrobiális szaporodás szabályozása
 - Sztatikus elektromosság kialakulási veszélyének csökkentése
- Ha az anyag érzékeny a nedvességre, a páratartalom **15-20 % alatt** kell, hogy legyen.
- Gyakran páratlanító módszerek szükségesek.

Hőmérséklet és páratartalom

- Megfelelő hőmérséklet és páratartalom biztosításánál számításba kell venni az **emberek, lámpatestek, berendezések** által kibocsátott hőt is
- Minél alacsonyabb a kívánt hőmérséklet és a páratartalom és minél közelebb vagyunk a helyiség hőmérséklet toleranciájához, annál kifinomultabb berendezésre és annál finomabb szabályozásra van szükség (plusz költségek)

A különböző besorolású helyiségek hőmérséklet és páratartalom értékei

| Szoba szám | Név: | Ter.: láb ² | Oszt.: | Lég- cserék: | CFM (köbláb /m) | Túl. nyom: | Hőm.: °C | Tart.: °C +/- | R.p.: % | Tart.: %, +/- | Megj.: |
|------------|-------------------|---------------------------|--------|-----------------|-----------------------|---------------|-------------|---------------------|------------|------------------|--------------------------------------|
| 100 | Zsilip | 140 | 100000 | 30 | 630 | + | 20 | 2 | 45 | 5 | |
| 101 | Tiszta folyosó | 240 | 100000 | 20 | 720 | ++ | 20 | 2 | 45 | 5 | |
| 102 | Zsilip | 140 | 100000 | 30 | 630 | +++ | 20 | 2 | 45 | 5 | |
| 103 | Szerviz folyosó | 240 | 100000 | 20 | 720 | ++ | 20 | 2 | 45 | 5 | |
| 104 | Termelési terület | 600 | 10000 | 50 | 4500 | + | 17,8 | 2 | 55 | 5 | Belső, lokális 100-as oszt. |
| 105 | Sejt kultúra | 150 | 10000 | 50 | 1125 | + | 17,8 | 2 | 55 | 5 | |
| 106 | Zsilip | 140 | 100000 | 30 | 630 | + | 20 | 2 | 45 | 5 | |
| 107 | Nyilvános folyosó | 800 | Ált. | 10 | 1200 | 0 | 22,2 | - | 50 | - | |

Laboratóriumi terek besorolása : Biosafety Levels

- **Laboratóriumi terek osztályozása**
 - Veszélyességi besorolás: BSL-1, BSL-2, BSL-3, BSL-4 kategória (BSL: Biosafety Level)
 - Besorolást végzi: Nemzetközi Veszélyességi Intézet (NIH)

BSL laboratóriumok általános jellemzése*

| Biobiztonsági szint | Laboratórium típusa | Laboratóriumi gyakorlat | Biztonsági eszközök |
|--|---------------------------------|---|---|
| Alap – BSL-1 | Oktató, kutatás | GMT | Nincs, nyitott asztali munka |
| Alap – BSL-2 | Diagnosztika, kutatás | GMT + védőruha, bioveszély jel | Nyitott asztali munka + biztonsági fülke |
| Elszigetelt - BSL-3 | Speciális diagnosztika, kutatás | BSL-2 + speciális ruha, szabályozott belépés, irányított légáramlás | Biztonsági fülke (BSC) minden tevékenységhez |
| Maximálisan elszigetelt - BSL-4 | Veszélyes kórokozó egység | BSL-3 + zsilip, zuhany kimenetelnél, speciális hulladék kezelés | Class III BSC vagy + nyomás, autokláv, szűrt levegő |

* Laboratory biosafety manual, Third edition, WHO, Geneva, 2004

A tisztasági kategóriák eléréséhez szükséges légáramlás adatok

| Osztály | Légcserekek /óra | Légáram* | | Levegő visszavezetése | Egyirányú-e az áramlás? |
|---------|------------------|----------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | CFM | m ³ /h | | |
| 100 | 600 | 90 | 1646 | légfal | igen |
| 1 000 | 175 | 26,3 | 480 | légfal | ált. nem |
| 10 000 | 50 | 7,5 | 137 | kis légáram | nem |
| 100 000 | 20 | 3,0 | 55 | kis légáram | nem |

* A légáram számításához figyelembe kell venni a padló felületét (négyzetláb, illetve m²) és a plafon magasságát (9 láb magasságot feltételezve)

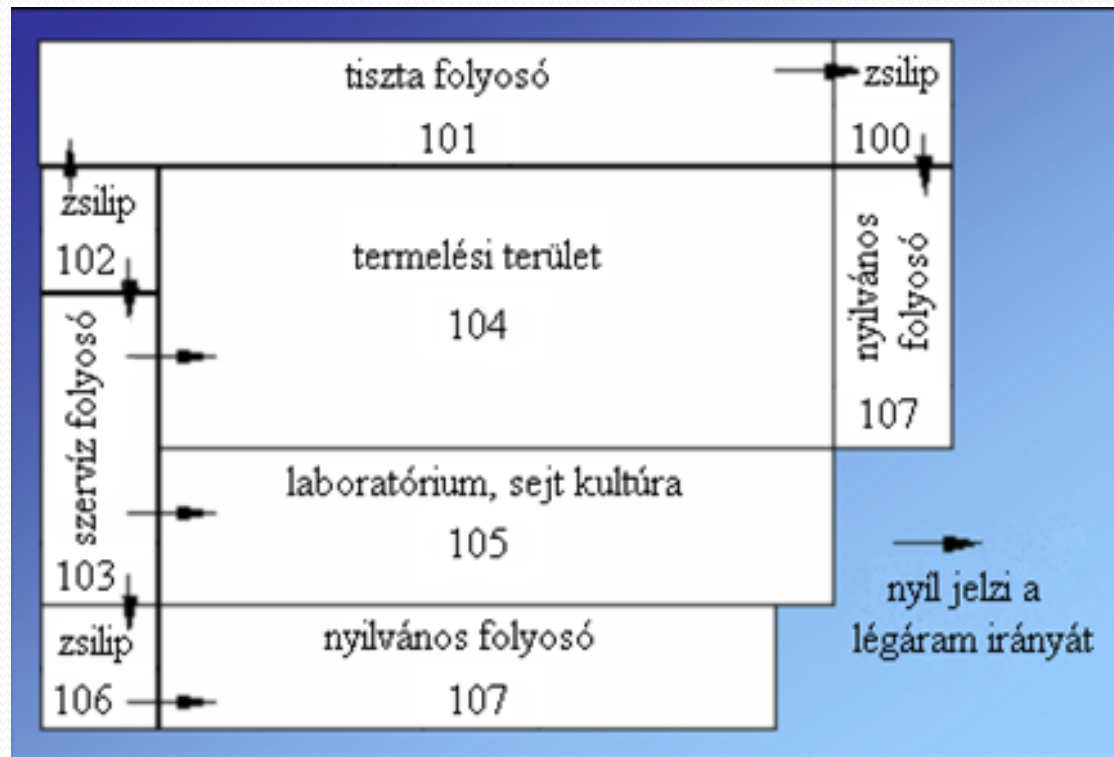
Légáram számítása: $CFM = V \times N / 60$

- ❑ CFM: légáram (köbláb/perc)
- ❑ V: szoba térfogata (köbláb)
- ❑ N: légcserekek száma (1/óra)

Helyiségek elrendezése

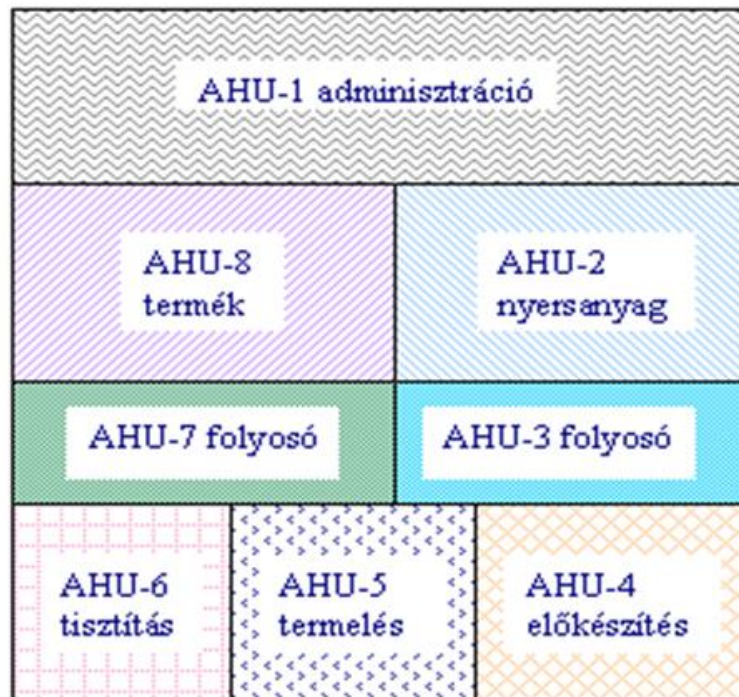
- Kategóriák: tiszta, elkülönített, “koszos” terület
- *Elkülönített terület*: olyan anyagokat tárolnak, melyek a szellőző rendszerbe nagyon könnyen bejuthatnának (pl. porok)
- **Alapelvek**
 - Azonos osztályba sorolt helyiségek egymás mellett helyezkedjenek el (így ugyanahhoz a légkezelő egységhez csatlakozhatnak; illetve a kivitelezés is egyszerűbb (kevesebb csőre lesz szükség))
 - Nyomáskülönbségek szükségesek légáramok létrehozására
 - Nagy nyomáskülönbséghez légzsilip szükséges
 - Különböző osztályba tartozó helyiségek légkezelő egységeinek keverése kereszt-szennyeződés veszélyét hordozza magában

Lehetséges biotechnológiai laboratórium alaprajza



Légkezelési egységek elkülönítése

- Fontos, hogy a légkezelési egységeket elkülönítsük, ugyanis egymás szennyezői lehetnek (kereszt-szennyezés).
- Tipikus elrendezés blokksémája:



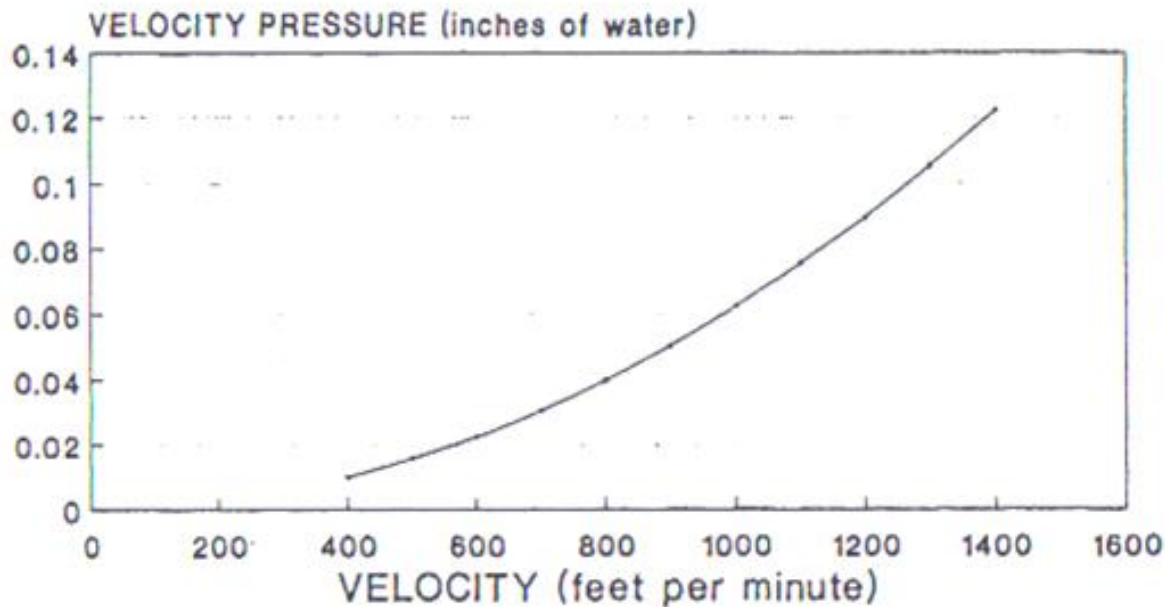
Célszerű azt is feltüntetni, hogy mely szobák, térrészek tartoznak a különböző légkezelő egységekhez.
AHU=Air Handling Unit

Nyomáskülönbség előállítása

- A biotechnológiai létesítményekben a helyiségeket olyan **szűkre tervezik**, amennyire csak lehet, így a légkezelési egységek képesek az egyes terekben a nyomás növelésére, illetve csökkentésére.
- A 209D szabvány : **12 Pa** nyomáskülönbséget ír elő a szomszédos terek között (zárt ajtók esetén). Amikor az ajtók kinyílnak, ez az érték lecsökken, de a levegőnek továbbra is a magasabb nyomású tér felől kell áramlania a kisebb nyomású tér felé (igaz nagyon kis áramlási sebességgel) .
- A nyomáskülönbség fenntartásának érdekében, minden nyitáskor ill. minden nyílásnál (pl. rések az ajtón) biztosítani kell a **2,8 m/s** légáram sebességet.
- Ha nagyobb a nyílás, akkor természetesen nagyobb légáram sebesség kell a kiegyenlítésre.

Sebesség-nyomás görbe

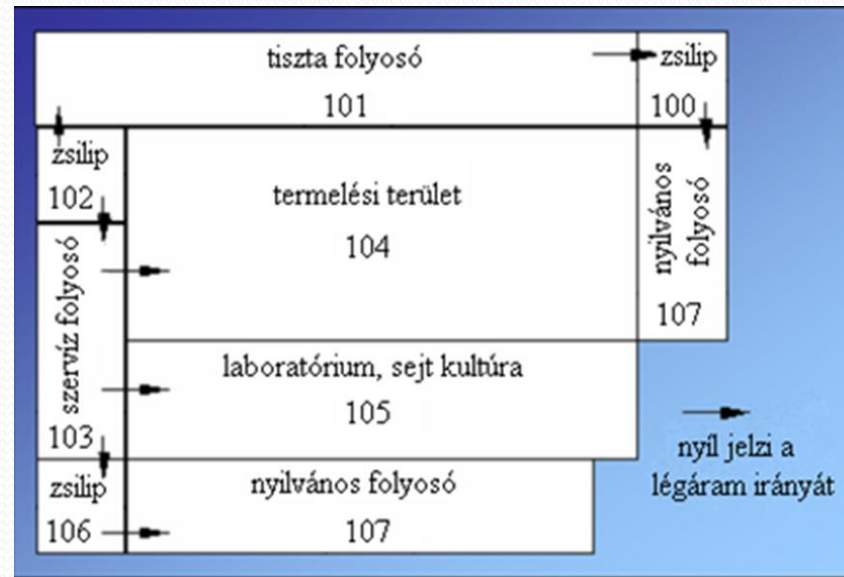
- A sebességtartomány meghatározására ún. **sebesség – nyomás görbéket** alkalmazunk, amikről leolvasható, hogy milyen sebességre van szükség adott nyomás eléréséhez, adott nyílásfelület mellett.



1 inch H₂O (vízoszlop hidrosztatikai nyomása) = 240 Pa

1 m/s = 192,86 ft/perc

Nyomáseloszlás diagramok



- ❑ Ha bejelöljük az egyes terek nyomásértékeit, illetve a légáramok sebességét (hézagok) m^3/h -ban a terek között megkapjuk a **nyomáseloszlás diagramot**.
- ❑ A gyakorlatban a számított légáram sebességek hozzávetőlegesek, mivel teljesen légmentesen záródó teret nehéz megépíteni (kis, nem várt rések vagy hibás tömitések)
- ❑ Tartományokat szoktak megadni a légáramok értékeire.

Nyomáseloszlás fenntartása

- Nyomáseloszlás stabilizálására a legjobb megoldás, ha **közös referenciaponttal** működnek a szabályzó szenzorok.
- Közös referenciapont: egy külön helyiség, melynek nyomása nem függ a szabályozandó helyiség változásaitól.

Nyílászárók, ajtók és tömítései

- Az ajtók körüli nyílásokon kialakulhat nem kívánt légáramlás, nyomásesés
- Minden lehetséges nyílást (ajtó körül), repedéseket, hézagot (pl. lámpatest körül, csöveknél, telefonaljzatnál) megfelelő tömítőanyaggal kell ellátni, melyek nem kedveznek különböző mikrobák növekedésének (mikroba rezisztens szigetelők) és könnyen tisztíthatóak
- Az ablakok nem lehetnek nyitva, mert ezzel a beállított légtechnikai paraméterek felborulnak; felületük legyen teljesen síkban a fallal, köztük hézag, párkány nem lehet.

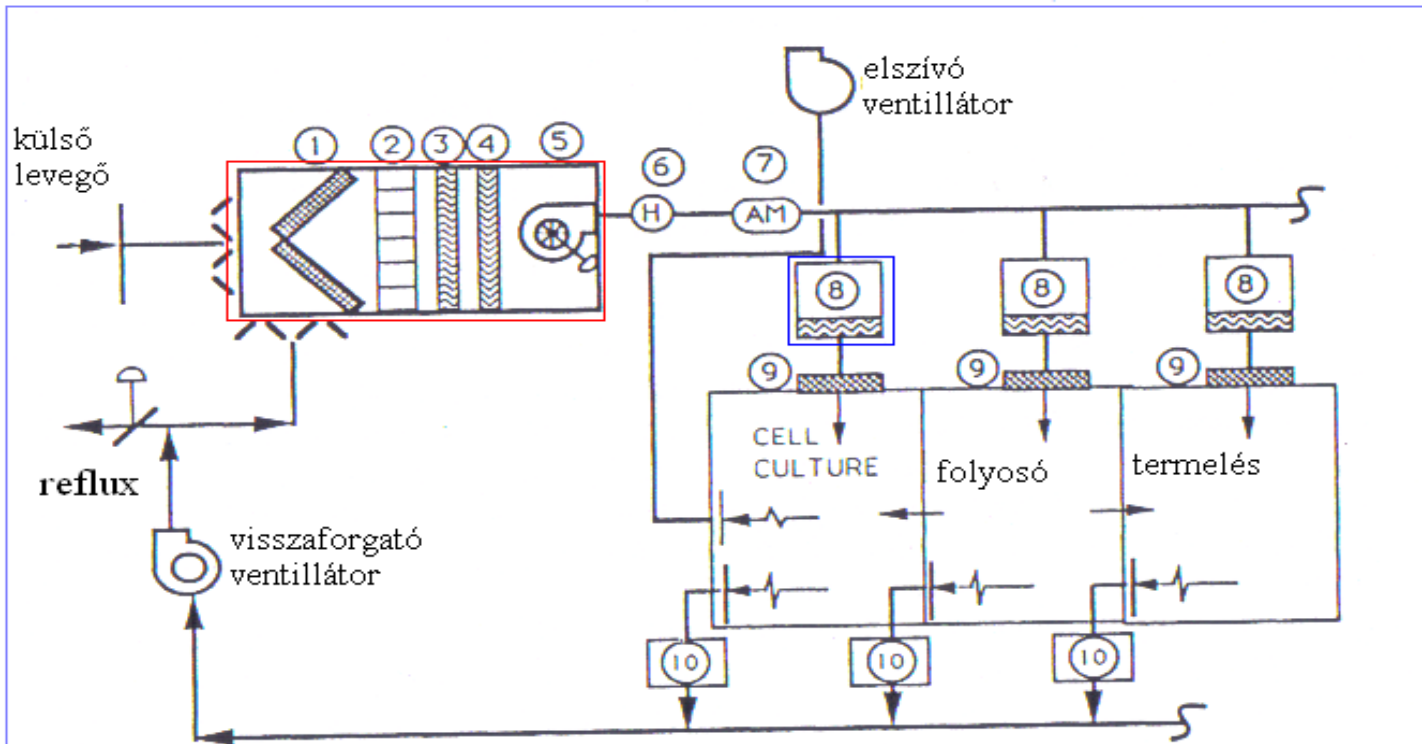
HVAC elemek a nyomásviszonyok fenntartásában

- **„Balance”**
 - Egy eljárás, ami arra szolgál, hogy a légáramok változásait kompenzálja
 - A légfúvó és elszívó berendezések különböző időben ki/be kapcsolhatnak, ebben a periódusban a légáram változik
 - Megoldás: pl. kézi és automatikus szabályozók, légáram érzékelők ill. ezek kombinációinak használata

Légkezelő rendszer I.

- Állandó légáramot biztosító, terminális fűtővel felszerelt rendszer – **CVRH** (Constant Volume system with terminal Reheat)
 - Szabályozott terek esetén legmegbízhatóbb
 - Csak kis ingadozást megengedő esetben alkalmazzák
 - A rendszert elhagyó levegő fix értéken van, a terminális fűtő válaszol a helyiség változásaira, megfelelő szintre hozva a fűtést
- Előny:
 - Légáram konstans → "balance" és nyomás fenntartását megkönnyíti
 - Könnyű megérteni és karbantartani
 - Az újramelegítőnek köszönhetően a páratartalom szabályozott, mert a hűtő kondenzátor is egyben
- Hátrány:
 - Energiapazarlás: hűt, majd fűt
 - Drága

Levegő kezelésére szolgáló eszközök



☐ központi egység ☐ terminál

- 1.) nagyobb- ill. 2.) kisebb pórusú szűrők, 3.) fűtő- ill. 4.) hűtő hőcserélők, 5.) állítható fordulatszámú motorral ellátott ventilátor, 6.) párasító, 7.) rotaméter, 8.) álladó térfogatú, "beavatkozó" térrészek, fűtő hőcserélővel, 9.) HEPA, 10.) állandó térfogatú puffer tartályok

CVRH
rendszer
folyamatára

Légkezelő rendszerek II.

- Változó légáramot biztosító rendszer - **VAV** (variable air-volume system)
 - Adminisztratív és tároló helyiségek esetén használják
 - A nyomás, hőmérséklet és páratartalom kismértékű ingadozása elfogadható
 - Állandó hőmérsékletű levegővel látja el a teret
 - A csökkent légáram csökkent hűtő hatást eredményez, míg a megfelelő hőmérsékletre nem jut a rendszer
- Előny:
 - Olcsóbb
- Hátrány:
 - Tiszta terek esetén nem használható

Páramentesítés

Alacsony páratartalmat kell biztosítani:pl. porok, higroszkópos anyagok → abszorpció elkerülése

- **Hőcserélővel:** hűtéssel (5-7 °C-os víz) minimum 50 % relatív páratartalom érhető el
- Ha 50 % alatti páratartalom elérése a cél, **kémiai páramentesítőket** használnak:
 - Kereskedelmi forgalomban kaphatóak
 - **Száraz páramentesítők:** az abszorbens nem megy át fázisváltozáson
 - Szilika gél vagy aktivált timföld
 - **Nedves páramentesítők:** olyan abszorbenst tartalmaznak, ami fizikailag változik a folyamat során
 - Li-sóoldat: hővel regenerálható

Párásítók

- Párásításra van szükség, ha a kültérből beszívott levegő páratartalma túl alacsony
- Leggyakrabban használt a „**steam grid**” (gőz rács) párásítók
 - A gőzt szétteszeli a teljes felületen, így az abszorpciós távot lecsökkentik
 - A páratartalmat gőzszeleppel szabályozzák
 - Fontos a **tiszta gőz** használata
 - Kémiaailag ne legyen szennyezett (üzemi gőz)



A légkezelő egység kiválasztása és elhelyezése

- Általánosan a légkezelő egység részei:
 - **Szűrő**
 - **Hőcserélő felület**
 - **Ventillátor** (recirkuláltató, elszívó)
- Fontos az egységek:
 - Jó hozzáférhetősége, szerelhetősége
 - Sima belső felülete, könnyen tisztíthatósága

A légkezelő egység kiválasztása és elhelyezése

- **Légbeszívás helyének megválasztása:**
 - Magasan (csökkentve a por beszívását)
 - Legyen távol a parkolóktól, rakodóhelyektől (gázok)
 - Uralkodó széljárás figyelembe vétele
 - Ha nincs megfelelő hely: plusz légkezelő alkalmazása a levegő előkezelésére

Recirkuláltató ventilátorok

- **Használata, ahol:**
 - **Hosszú elszívó csővezeték** van a rendszerben
 - Az elszívó rendszer **nyomásesése meghaladja a 120 Pa-t**
- **Előnye:**
 - A komplett rendszer **egyensúlyának fenntartását teszi lehetővé**
 - Minimálisra csökkenti a szívónyomást, melyet a bementi ventilátornak kell teljesíteni
 - Változó nyomásviszonyok mellett is **konstans levegőáramot biztosít**

Elszívó ventilátorok

- Az épületből elmenő levegőáramot összegyűjtve csővezetékekkel csoportosan vagy nyalábokban az elszívó ventilátorba vezetjük
- Az elszívó ventilátort az épület kifolyójához a lehető legközelebb kell elhelyezni
- A fokozottan toxikus vagy veszélyes, biológiailag aktív anyagok esetében:
 - speciális HEPA szűrő
 - Hamvasztás/égetés

Rendszer irányító folyamat

- Dokumentum a rendszer működéséről
 - A légkezelő egység részeinek elhelyezése
 - Felhasznált anyagok
 - Fertőtlenítési eljárás
 - Az összes lehetséges „Mi lenne ha...” kérdésre próbál választ adni
 - Vészhelyzeti áramforrás

Terminális levegőszabályozó rendszerek

- **Légáram-szabályozás 2 lehetősége:**
 - **változó áramú:** adott nyomás- és hőmérsékletértékek által generált jelekre válaszol
 - **konstans áramú:** változó nyomásfeltételek mellett is egyenletes mennyiségű levegőáramot biztosít
- **Térfogatáram szabályozása:**
 - szelep
 - terelőlemezek
 - áramlásmérő vagy nyomásérzékelő eszközök
- A szabályzóeszközök pontossága a maximális áramlás 5-10%-a között ingadozhat

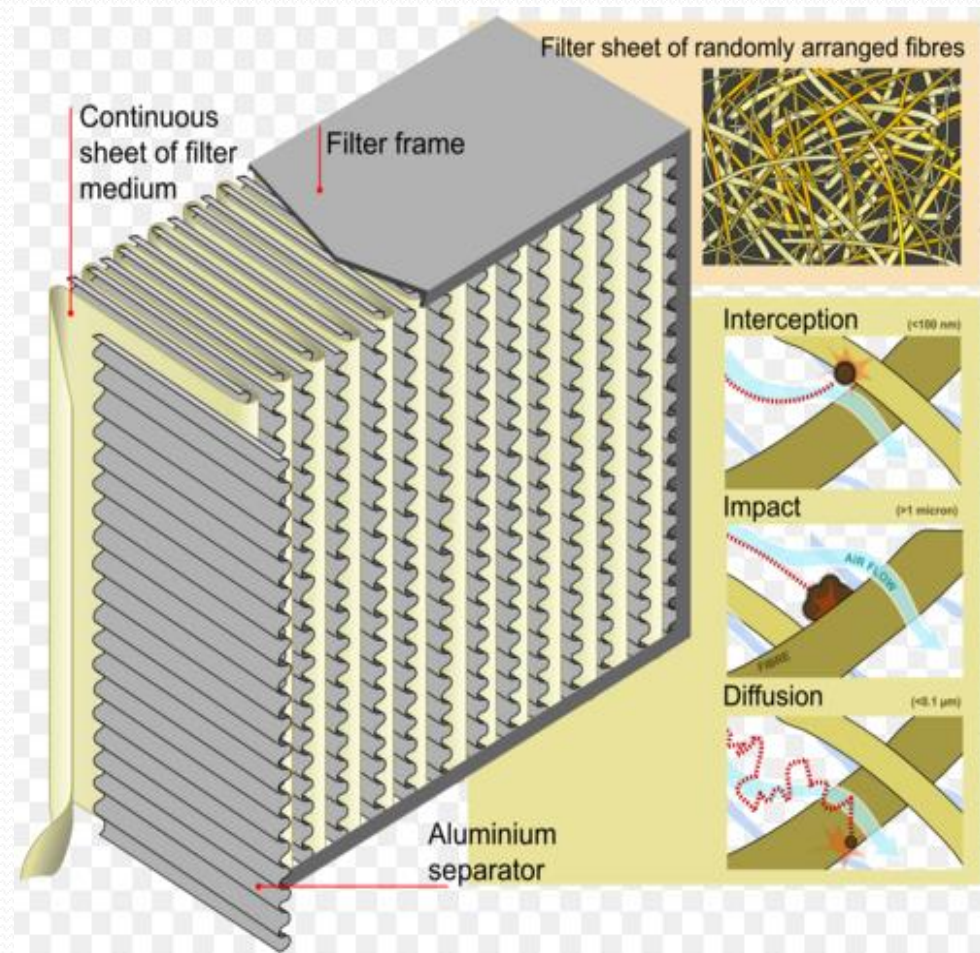
HEPA (és nagyhatékonyságú) szűrők

- HEPA (High-Efficiency Particulate Air) = nagy hatékonyságú (makro)részecskés levegőszűrő, melyet a levegőtisztítás végső fázisában használnak a nagyon finom részecskék eltávolítására
- Definíció szerint a 0,3 μm -es méretű részecskék 99,97%-át szűrik.



HEPA szűrők

- A levegőtisztítás legutolsó lépése, előtte durvább szűrőket alkalmaznak
- Gyakori csere
- Működési elve:
 - Üveggyapot rostszálak rendezetlen elhelyezkedése biztosítja a szűrést
 - Részecskék csapdába esnek (elfogás/ütközés/diffúzió)



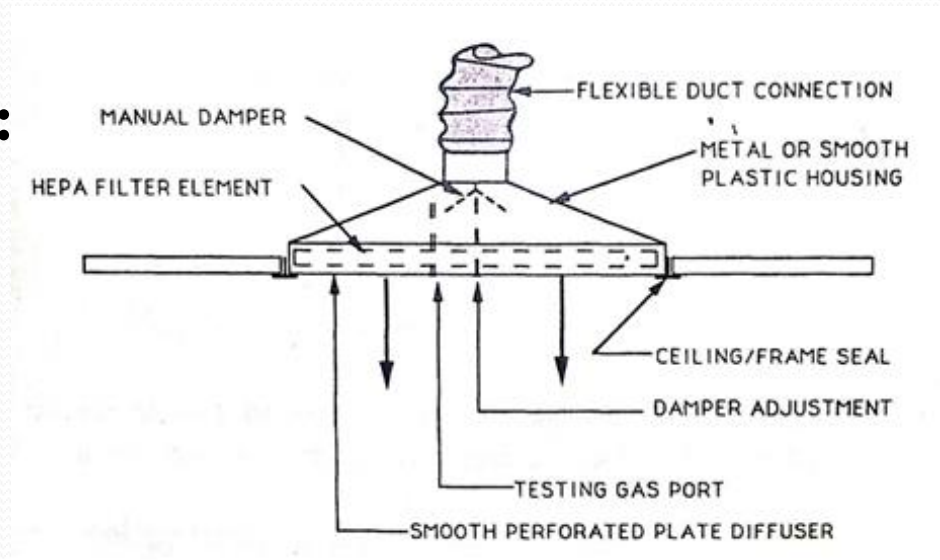
HEPA szűrő

- **Elhelyezés:**

- fűtő- és hűtő csövek után, downstream helyezük el: a csövek a befertőződés potenciális forrásai
- leggyakrabban: a helyiség mennyezetében található, 0,6 m x 1,2 m-es méretű standard lamináris áramlású kivezető nyílásokkal.

- **Kivezető nyílás részei:**

- kézi szabályozású szelep
- mintavevő nyílás
- diffúziós panel
- szűrő elem



HEPA szűrő

- „**Bag-in/ bag-out**” foglalat: speciális kialakítás, ha a szűrendő részecskék veszélyesek a karbantartó személyzetre
 - drágák
 - gondosan kidolgozott lezáró eljárás
 - fertőtleníthető bemenet
 - kétrétegű zsákos felépítés: a szűrő elemek cseréjét teszi lehetővé, anélkül, hogy kicserélő személy érintkezne a szűrővel vagy annak összegyűjtött fertőző ágenseivel.

Levegőtetés

- A tiszta terekben egyirányú levegőáram szükséges
- Az áramló levegő a részecskéket a padlóra vagy az elszívóba vezeti → megakadályozza, hogy a lebegő (fertőző) ágensek a munkatérben maradjanak
- Szűrés után a levegőt recirkuláltatjuk a térbe
 - az elszívott levegő kevesebb részecskét tartalmaz, mint a kültéri
 - nem igényel számottevő hűtést vagy fűtést

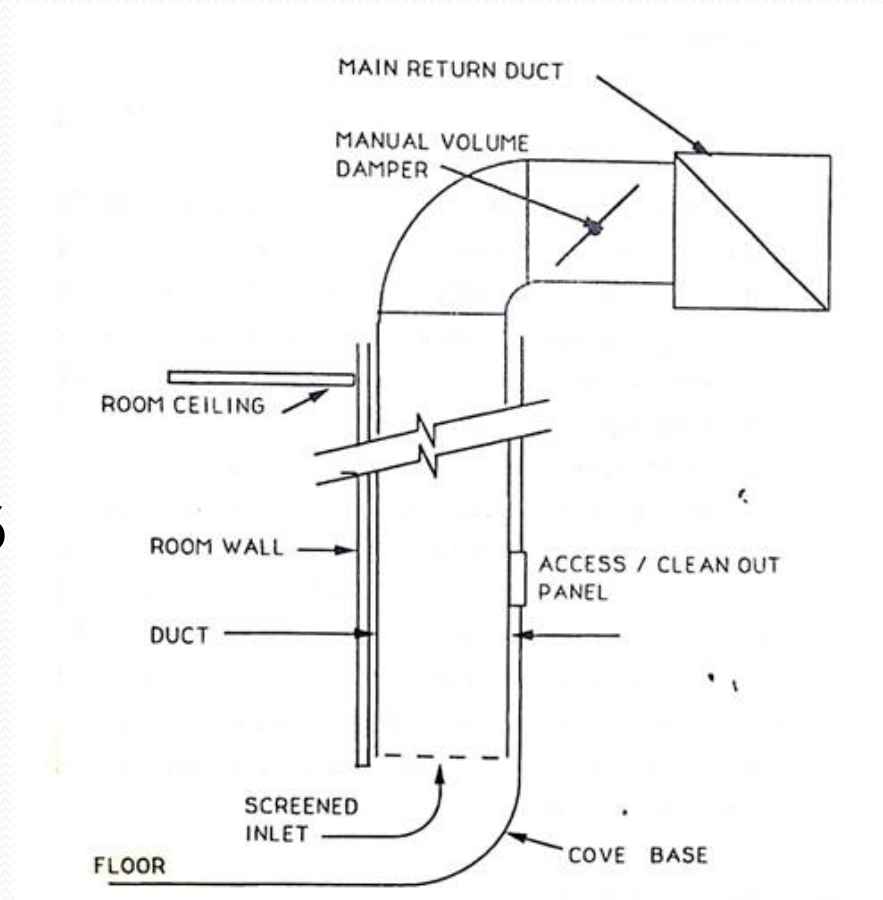
Levegőtetés

- A tiszta levegőt a munkatér felett kell bevezetni, ide kell helyezni a bevezető nyílásokat.
- **A levegőáram iránya a munkaállomáson keletkező termék függvényében:**
 - ha a termék emberre veszélyes: a dolgozó háta mögül kell befúvatni a levegőt a munkatér felé, így a levegőáram elragadja a veszélyes ágenseket
 - ha a dolgozó jelent veszélyt a termékre: a levegőáram a termék mögött lép be, és a termék felett a dolgozó irányába áramlik
 - sebessége mindkét esetben: 0,5 m/s

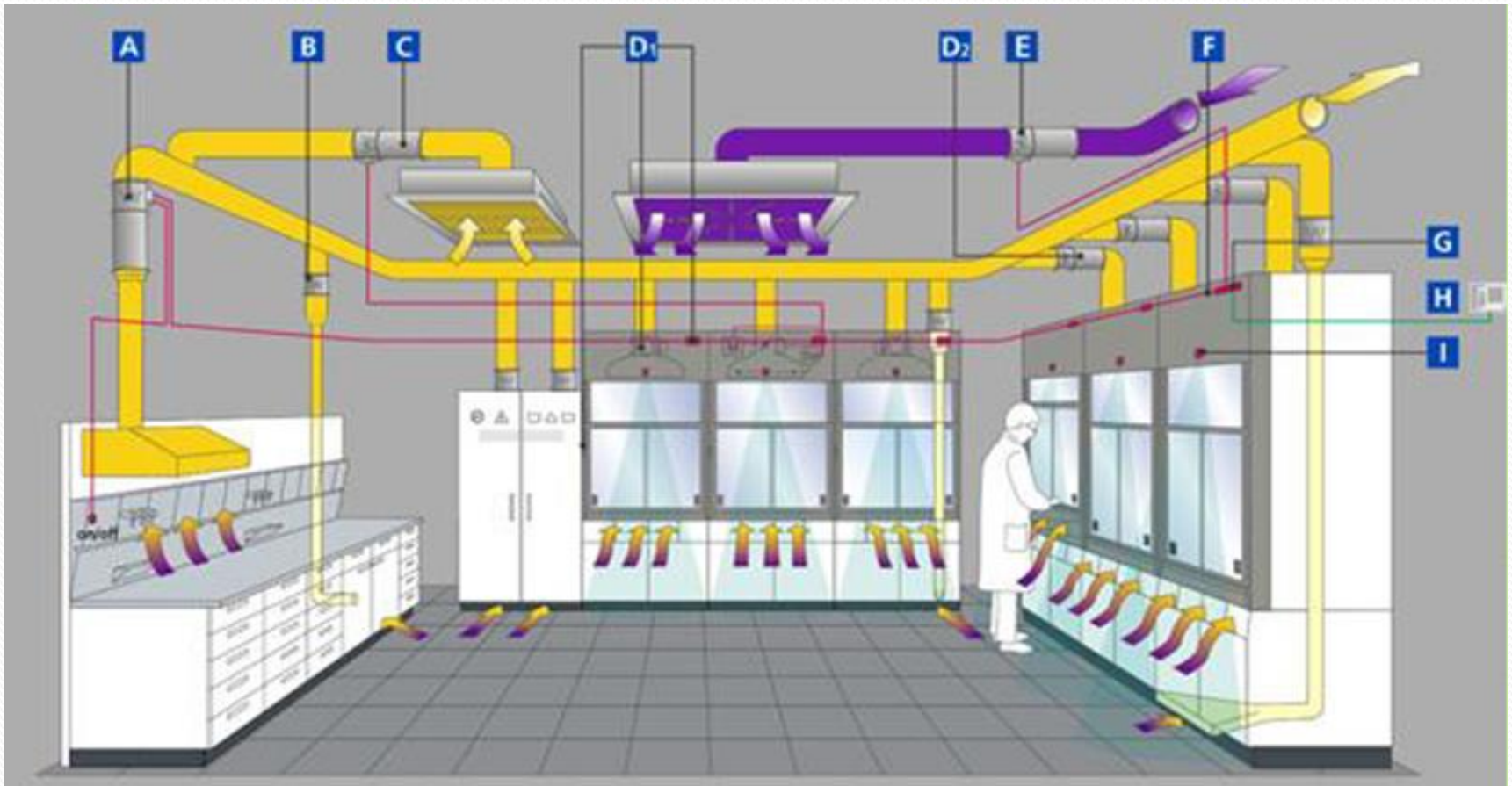
Levegőztetés

- **Légfal:**

- a tiszta helyiségek falában, alul elhelyezkedő elszívó terminál,
- egy majdnem teljesen folyamatos nyílás a fal tövéénél melyen át a levegő a falban levő csőrendszerbe lépve összegyűlik, ezt vezetik vissza a légkondicionáló rendszerbe.



Levegőztetés



Csővezetékek: anyaga, nyomása és tisztíthatósága

- **Csővezeték anyaga:**
 - ha nincs a rendszerben HEPA szűrő: horganyozott acél (pelyhek és rozsdadarabkák válhatnak le)
 - HEPA szűrő esetén, illetve ha a csővezeték hosszú: rozsdamentes acél (drága, minimum mennyiségre törekednek)
- **Csőrendszer nyomása:**
 - Biotechnológiában gyakran nagyobb nyomást kell kibírnia a rendszernek
 - Nyomásingadozások kezelése
 - Számítások feltüntetése a dokumentumokon, megfelelő tervezés
- **Tisztítás, hozzáférhetőség:**
 - a hozzáférési panelek és ablakok könnyen megközelíthetőek legyenek

Csővezetékek szigetelése

- A szigetelést a legkülső felületen kell alkalmazni
 - ➔ szigetelőanyag rostok: táptalajt biztosít a mikroorganizmusoknak, nem tisztítható megfelelően, ill. roncsolódhatnak, ami ugyancsak szennyező forrás
- **Szigetelő anyag:**
 - ha fizikai sérülés veszélye nem áll fent: csővezeték burkolással (üvegszálas belső szerkezet, rajta alumínium borítás)
 - ha fizikai sérülés előfordulhat: merev kartonborítást is kap a csővezeték

Zajtényezők

- Biotechnológiai műveletek során a komplexebb rendszerek miatt **fokozott zajterhelés** (pl. magasabb nyomás eléréséhez nagyobb teljesítményű motorok szükségesek)
- **Zajanalízis** során vizsgálják:
 - a légkezelő egység zaját
 - a csőrendszer csillapítását
 - a megengedhető zajterhelést a munkatérben
- A zajterhelést a **munkatérben mérik**

Zajtényezők

- Csőrendszer esetében **nem ajánlott hangcsillapító használata** (porózus anyagból, ez a tisztaság fenntarthatósága szempontjából nem megfelelő)
- Ha csillapításra van szükség:
 - a légkezelő berendezés minél távolabb való elhelyezése a használt területektől
 - természetes hangcsillapítás a csőrendszer megfelelő kiépítésével

A rendszer automatizálása, ellenőrzése

- A különböző rendszerek (hőmérséklet szabályozó, energia ellátó) egymáshoz viszonyított működése
- Rendszer felépítése: számítógépes szabályozás
- Riasztási, ellenőrzési és megfigyelési pontok listája
- Rendszerkiépítés költségei
- Jövőbeli bővítések

Tesztelés, kiegyensúlyozás(balancing), tisztítás

- A **tesztelés és kiegyensúlyozás** a biotechnológiai rendszerekben sokkal kritikusabb (tisztasági követelmények), igen szigorú előírásoknak kell megfelelni
- A szomszédos terek közti nyomáskülönbség kialakítása: a levegőáram beállításával érhető el.
- **Az eltéréseket okoztatja:**
 - az ajtók nem zárnak olyan jól, mint tervezték
 - tervezési értékek nem fedik pontosan a valóságot
 - nyomásvesztéseget okozhat, ha a szűrő elemen lyuk van, illetve nem illeszkedik pontosan a keretébe
 - nem megfelelően kalibrált légáram-mérő

Validálás

- "Validátor" igazolja, hogy:
 - a kész rendszer megfelelően működik
 - a tervezési értékektől nem tértek el
 - a kivitelező megfelelően üzembe helyezte a rendszert
 - a komponensek az előírtnak megfelelően teljesítenek

→ Ezzel a rendszer validálása megtörténhet.

**Köszönjük
a figyelmet!**

Kérdések:

- 1. Mik bocsáthatnak ki nem tervezett hőt?
- 2. Kémiai páramentesítők fajtái.
- 3. CVRH előnyei, hátrányai.
- 4. HEPA szűrő definíciója! Hol helyezkednek el a légkezelő rendszerben?
- 5. Mi az un. „Bag-in/ bag-out” foglalat?