

A BELSŐ TEREK KÉMIAJA.

1. BEVEZETÉS.

Az ipari belső terek levegőminőségével kapcsolatosan már régen szabályokat fogantatosítottak. A munkacsarnokokban a légtérbe kerülő anyagok minősége és mennyisége már régen meghatározott és nagy vonalakban ismert is. Ezen ismeretek függvényében olyan intézkedéseket fogantatosítanak, amelyek egyrészt csökkentik vagy megelőzik a különböző anyagok légtérbe kerülését, másrészt a légtérbe került anyagok töménységcsökkentését rendszabályozzák : szellőztetéssel és kondicionált levegő biztosításával.

Az utóbbi időben a nem ipari belső terek felé irányult a figyelem. [1]. Ennek több oka és indítatása van:

- jobb hő- és légszigetelt belső terek építése, amelynek fő indítéka az energia spórlás.

- egyre több nem természetes eredetű, változatos összetételű szintetikus vegyületből készült építkezési anyagot és használati tárgyat (szigetelés, szőnyegek, kárpitok, bútorok, belső berendezési tárgyak, háztartási szerek, kozmetikumok stb.) viszünk a zárt terekbe, amelyek mindegyike bocsát ki különböző vegyi anyagokat.

- az alternatív fűtési módszerek bevezetése a belső tér szennyezésének forrása lehet.

- a kutatók felismerték azt a tényt, hogyha a kis mennyiségű szennyező anyaggal hosszú ideig kapcsolatba kerülünk, mérgező hatásúak lehetnek.

- az utóbbi fél évszázad alatt, a belső zárt terekben eltöltött idő számottevően megnőtt, így fokozottan kitésszük magunk a szennyező anyagok hatásának.

A műszaki fejlettség magasabb fokán lévő ember a rendelkezésére álló tudományos és technikai ismeretek birtokában vajon hogyan birkózik meg a környezeti kihívásokkal ? A modern lakások, ipari helységek, közintézmények, repülőterek épületei, iskolák stb. egyszóval közvetlen és közvetett életterünk és belső tereinek levegője tisztább ?

A kényelem biztosítása érdekében a hagyományos anyagok használatát elvető, a szintetikus anyagok alkalmazásának egyenes következménye a különböző vegyi anyagok, ipari szintetikus, természetidegen melléktermékek belső tereinkben való megjelenése.

A megnövekedett számú emberiség és a fejlődő ipar fokozottabb mértékben használ tüzelőanyagokat, ipari és mezőgazdasági termékeket, amelyeknek vegy átalakítása már természetidegen anyagokat hoz létre. Ezek előzönlük életterünköt, „testközöelbe” kerülnek és szennyezük beltereinköt, hatnak ránk és módosítják mindennapjainkat. Ezért fokozottabb mértékben kell ezeket tanulmányozzuk, hatásait felmérjük és a jelenlegi tudásunkat latba vetve megelőzzük, csökkentsük és orvosoljuk hatásait.

2. A BELSŐ TERET SZENNYEZŐ ANYAGOK.

A belső tér szennyezésének kettős forrása lehet:

1. A kültéri levegőből.
2. Belső forrásokból.

2. 1. KÜLTÉRI FORRÁSOK.

A belső tereknek állandó kapcsolata van a kültéri levegővel, a levegőcsere teljesen nem zárható ki. Így a kültér szennyező anyagai jelen vannak a beltérben is. A leggyakoribb szennyezőanyagok: CO (szénmonoxid), N_xO_y (nitrogénoxidok), S_xO_y (kénoxidok, SO_2 és SO_3), O_3 (ózon), ólomtartalmú vegyületek, más oxidáló hatású anyagok és nem utolsó sorban szilárd lebegőanyag mint korom, ásványi anyagok. Ezeknek a vegyületeknek legnagyobb része a járművektől és az ipari tevékenységből származik.

A belső szennyező források hiányában, a felsorolt anyagok töménysége a beltérben megközelíti vagy alacsonyabb a kültéri értékeknél.

A környezetből még a belterekbe kerül egy radioaktív anyag a ^{222}Rn . Ennek forrása a talaj, az építkezési anyagok, földgáz, a levegő. Ennek a szennyezőnek a tanulmányozása külön tantárgynak az anyaga. A Rn nemcsak mint gáz található meg a környezetünkben, hanem adszorbeált formában a szilárd részecskéken. A levegő belélegzésekor ezeknek a szilárd részecskének egy része a tüdő hörgőibe kerül, és egy része lerakódik. A Radont gáz formájában is belélegezzük, de ez kilégzéskor nagyobb arányban távozik el a tüdőből. Az épületek alatti terekből (pincék, járatok stb.) valamint a mélyített kutakból ugyancsak kerül Radon a levegőbe és így a belterekbe is.

Az ipari zónában a kültérből szennyező anyag kerül a belterekbe a ki és bejárással: cipővel, a ruha anyagában, a bevitt tárgyakkal stb.

2. 2. BELSŐ FORRÁSOK.

A belső teret szennyező források három csoportba oszthatók:

- a. Fűtés és főzésből származó anyagok
- b. Az építkezési anyagokból és a berendezési tárgyakkól származó anyagok.
- c. Az emberi tevékenységből, személyi jelenlétből és a háztartásban használt szerekből (mosó- tisztítószer, kozmetikumok) származó anyagok.

Az a. és c. pontok alatt jelzett forrásokból származó anyagok koncentrációja változó . A b pont forrás anyagainak koncentrációja állandó mértékű levegőcsere esetén konstans .

a. Égetésből származó szennyező anyagok.

A belső terek hagyományos tüzelőanyaggal – fa, szén, földgáz , gázolaj stb. – történő fűtése esetén, a kályhák potenciális szennyező források. Hibás szellőtetés vagy működtetés esetén különösen CO kerül a légtérbe. A fafűtésű kályhákban az égés kevésbé ellenőrzött és kevésbé teljes mint a gáz vagy folyékony fűtőanyag használata esetében, ezért azoknál nagyobb az emisszió.

A beltérbe kerülhet a szennyező anyag, ha a kályha működtetése nem rendeltetésszerű vagy nem zárt a rendszer és a szennyező anyag a kültérbe szivárog.

A fatüzelésű kályhákban főként a következő vegyületek kerülhetnek a belső térbe: CO, N_xO_y , kénoxidok, aldehidek és aromás kondenzált policiklusos valamint heterociklusos vegyületek.

A gáztüzelésű kályhákban : CO , N_xO_y , aldehidek (különösen formaldehid) kerül a légtérbe. Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a gázkályhákban a pilotláng állandóan ég, és nem megfelelő működtetés esetén ez is szennyező anyag forrása lehet.

A petróleum és gázolaj fűtésű kályhák esetében a gyakran nem elégséges kályhaventiláció miatt következhet be emisszió. Ezeknek a tüzelő anyagoknak magasabb a

kéntartalmuk, ezért a kénoxidok és a már említett összetevők nagyobb mennyiségben kerülhetnek a környezetbe.

A széntüzelésű kályhákban, a szén aránylag magas kéntartalma, valamint a szén száraz desztillációja miatt a beltérbe nagyobb mennyiségben kerülhet: CO, kénoxidok, kátrány, policiklusos szénhidrogén, füst.

b. Az építkezési anyagokból és a berendezési tárgyakból származó szennyezők.

Az építkezési anyagok legnagyobb része természetes nyersanyagokból készül. Ezért azokban mindig található Ra, amelynek bomlástermékei („leányelemei”) között mindig található Rn. Ez a radioaktív nemesgáz beszívárog a belső terekbe és mint szennyező-egészségkárosító anyag nem kívánatos elem.

A mesterséges, szintetikus alapú építkezési anyagok (kötőanyagok, hézagkitöltők, szigetelő anyagok, épületelemek stb.) mind forrásai lehetnek a levegőt szennyező anyagoknak. Ezekből ugyanazon vegyületek kerülhetnek a légtérbe, mint a szintetikus polimerekből, amelyeket mint a belső terek berendezési tárgyait, vagy díszítő elemeket használnak. Ezek a műanyagok idővel bomlanak vagy egyes összetevőik diffúzió útján,

mint kisebb molekulatömegű vegyületek a belső térbe kerülnek. A függönyök, padlószőnyegek, textíliák zömével szintetikus anyagokból készülnek (vagy azokat is tartalmazzák), amelyek mind potenciális szerves anyag vagy mikrobiológiai szennyezőknek a forrásai.

A préselt farostlemezek gyártásánál formaldehid alapú polimereket használnak, azokból formaldehid (mint bomlástermék) kerül a légtérbe. Ezeket a lemezeket a bútorgyártásban és belső burkolatok készítésére használják.

Szigetelő anyagként poliuretán és karbamid-formaldehid alapú habosított anyagokat használnak, amelyekből formaldehid és más szerves anyag szabadulhat fel.

Szigetelő anyagként üveg vagy ásványi szálakból álló termékeket használnak, amelyekből ugyancsak kerülhet szennyező anyag a belső légtérbe különböző méretű szálak formájában. Különösen abban az esetben, amikor az épület megrongálódik.

c. Az emberi tevékenységből és jelenlétből származó szennyező anyagok.

Az emberi tevékenység és jelenlét, nagyszámú szennyező anyag forrása lehet.

Egyik leggyakoribb és legfontosabb belső tér szennyező forrás a dohányzás. A dohányzó sajátmagát erős füsthatásnak és a cigarettafüstben található számtalan vegyi anyag hatásának teszi ki, de a passzív dohányzás is jelentős mennyiségű szennyező anyagot juttat a szervezetbe : CO, N_xO_y valamint számtalan káros szerves anyagot. A cigarettafüst több mint 50 káros hatású szerves anyagot tartalmaz, amelyek közül 12 mint rákkeltő ismert.

Az ember metabolizmusa ugyancsak szennyező anyagok forrása amely befolyásolja a légtér minőségét és növeli a levegő CO₂ tartalmát. A légzés, izzadás és főzés növeli a nedvességtartalmat és csökken az oxigéntartalom.

Egy egész sor biológiai összetevő lehet jelen a belső terekben: kutyától, macskától, madaraktól származó mikroorganizmusok és szerves anyagok formájában. A hosszú ideig tárolt vízben, például az akváriumokban, szintén fejlődhetnek mikroorganizmusok.

A háztartásban használt szerekből (mosószerek, tisztítószerek stb.), kozmetikumokból és illatszerekből, fertőtlenítő szerekből számtalan szerves szennyező anyag kerül a belső terekbe.

A zárt belső terekben jelen van még a növényekből származó virágpor, sejtmaradványok. Az ember bőréből származó felhámsejt maradványok sokszor tetemes mennyiségben kerülnek a lakásaink levegőjébe. Az ember bőrfelülete 21-26 napos ciklusokban megújul, az abból származó szerves anyagon egy egész sor mikroorganizmus fejlődik : gombák, poratka , rovarok stb. Az ezekből származó anyagcseretermékek, spórák lehetnek az allergiás megbetegedések okai.

Ezek mellett fontos szennyező anyag forrása lehet a levegő frissítését szolgáló készülék, a bútorok lakkja, a festékek, a rovarirtó szerek, a textíliákat védő anyagok (naftalin), amelyek mind-mind szennyező anyagok forrásai.

Sok ipari térben fellelhető szennyező anyag megtalálható az otthoni belső térben. Ezeket vagy a ruha anyagában viszik haza az ipari létesítményekben dolgozók, vagy pedig a különböző hobby-kat művelők az otthoni tevékenység során juttatnak a belső légtérbe.

A három, a, b, c pontokban felsorolt források jelentős mértékben módosítják a belső terek levegőjének összetételét, szennyezik azt.

Az emberek általában életük 70 %-át töltik lakásukban, és zárt belső terekben idejük több mint 85%-át töltik. Egyes kategóriák még többet: gyerekek, idősek, betegek, nyomorékok. Azok, akiknek fiziológiai folyamataik labilisabbak – például az allergiások - fokozott mértékben érzékenyek a légtér szennyezőire.

Fontos kidolgozni olyan módszereket, amelyek segítségével meg lehet határozni a belső terek levegőjéből a kis mennyiségű összetevőket, azoknak a bent tartózkodó személyekre gyakorolt hatását és hatásmechanizmusait és az eltávolítás módozatait. Mindenek előtt a szellőztetés gyakoriságát, ha nincsen számottevő külső szennyező.

Fontos meghatározni és előírni az épülettervezőknek azokat a normákat és szabályokat, amelyek a legalacsonyabb veszélyeztetettséget jelentik az épületet a jövőben használók számára.

A szennyező anyagok beltéri töménységének csökkentése, a megelőzés stratégiájának fontos eleme az oktatás és nevelés.

3. A BELSŐ FORRÁSOKBÓL SZÁRMAZÓ SZENNYEZŐK.

A beltéri levegő minimális szennyező anyagot kell tartalmazzon azért, hogy az egészségkárosító rizikófaktor minél kisebb legyen, az egészségre és a biztonságra minél kisebb hatással legyen.

A nagyszámú, hosszú idő alatt elvégzett meghatározás alapján 17 különböző összetételű vegyi anyagot vagy anyagsoportot és egy radioaktív összetevőt választottak ki, amelyek potenciálisan a legnagyobb egészségkárosító hatásúak. A hivatalos rendszabályozások ezek közül 8-9 összetevővel kapcsolatosan pontos mennyiségi előírásokat tartalmaznak, a többiek esetében a mennyiségi leírásra nincs elég meggyőző adat, vagy a küszöbérték nem egyértelmű. Ezért a két csoportot meg kell különböztetnünk.

3.1. MINŐSÉGILEG ÉS MENNYISÉGILEG LEÍRHATÓ SZENNYEZŐK.

Ebbe a csoportba azok a szennyező vegyületek tartoznak, amelyeket nagyon pontosan meghatároztak és amelyeknek egészségkárosító hatását részletesen és kimerítően tanulmányozták. Ebben a csoportba tartoznak azok a szervetlen és szerves vegyületek, amelyeknek jelenléte és hatása között nemcsak direkt, hanem mennyiségi összefüggés is ismert. Ezeknek minőségi kimutatása jól kidolgozott módszerekkel történik.

A gyakori szervetlen szennyező vegyületek a következők:

- a. Széndioxid CO_2
- b. Szénmonoxid CO
- c. Nitrogénoxidok N_xO_y (leggyakrabban NO_2)
- d. Ózon O_3
- e. Kéndioxid SO_2
- f. Pára H_2O

A gyakori szerves szennyező vegyületek a következők:

- a. Aldehidek (össz), amelyek közül a leggyakoribb a formaldehid. CH_2O
- b. Szénhidrogének (alacsony molekulatömegű)
- c. Halogénszármazékok (klórozott vagy fluorozott szénhidrogének és oldószerek).
- d. Keton alapú oldószerek (aceton, MEK, ciklohexanon).
- e. Szintetikus polimerek összetevői (plasztifáló anyagok, antioxidánsok).

3.2. MENNYISÉGILEG NEHEZEN MÉRHETŐ, DE A FIGYELEM ÉS MEGHATÁROZÁSOK KÖRÉBE TARTOZÓ SZENNYEZŐK.

Ezek a vegyületek nagyon kis mennyiségben találhatók a belső terekben és a mennyiségi meghatározásuk is néha komoly nehézségekbe ütközik. Mindezek ellenére a figyelmet magukra vonták, mert ha hosszú ideig hatnak az emberre, kimutatható egészségkárosító hatásuk van. Az esetek döntő többségében nem egyedi vegyületekről van szó, hanem keverékekről, amelyekben az összetevők nagyon változatosak. A komponensek egy csoporton belül nagy szerkezeti és molekulatömeg változásokat mutatnak.

Ezek a vegyületek a következő csoportokba oszthatók:

- a. Szálas anyagok (textíliákból származó szerves szálak)
- b. Biológiai eredetű anyagok
- c. Ólomvegyületek (főként oxidok a kültérből)
- d. Cigarettafüst.
- e. Policiklusos aromás vegyületek (fűtésből és cigarettafüstből származók).
- f. Aeroszólók (kozmetikai szórópalackokból és párologtatásból származók).
- g. Háziállatok kezelésére szolgáló anyagok.

A 3.1 és 3.2 pontoknál felsorolt anyagok és vegyületek esetében nyomon lehet követni két jól elkülöníthető hatást:

a. Hosszú ideig ható, **tartósan ható** anyagok, vegyületek, **ALTER** (Acceptable Long-Term Exposure Range). A megfigyelések szerint megszokott körülmények között az ember élete végéig különösebb károsodás nélkül viseli el ezen anyagok hatását.

b. Rövid ideig ható anyagok tartománya: **ASTER** (Acceptable Short-Term Exposure Range). Abban a légtérben ahol ezek az anyagok, vegyületek találhatók, az ember csak meghatározott ideig tartózkodhat, anélkül, hogy az egészségre különösebben káros lenne. A hosszabb tartózkodás kimutatható egészségkárosodást okozhat.

A belső terek levegőjének minőségét széles határok között befolyásolja az időjárás változása, hőmérséklet, nyomás, nedvességtartalom, valamint a helységben folytatott tevékenység vagy a személyek jelenlétének szakaszossága, ellentétben az építőanyagok és berendezési tárgyakkal, amelyeknek hatása folyamatos.

A belső tér levegője ritkán található egy teljesen elszigetelt térben. Az épületbelső mindig valamilyen kapcsolatban van a kültérrel. Ez a kapcsolat hármas:

- levegő beszűrődés (repedések, nyílások – nem ajtók, ablakok – pórusok, csövek melletti tér, épületelemek toldási helyei stb.) Lásd még a 7.2 fejezetet.

- természetes szellőzés: ajtók, ablakok.

- gépi szellőztetés: kondicionált levegő.

A szellőztető berendezéseket újabban felszerelik por és baktériumszűrővel is. Így a belső tér levegője különböző mértékben tisztul, eltávolítható belőle a szennyező anyagok egy része. A szellőztetés mértéke a levegőcsere száma: a teljes levegőtérfogat hányszor cserélődik ki óránként. Ipari csarnokok esetében ez 6-8 között mozog. Ha kisebb a levegőcsere, a szennyező anyagok felhalmozódnak, nő a töménységük.

A belső tér levegőjében a kinti tér szennyező anyagai bár kisebb töménységben, de megtalálhatók. Így azok hatásukat a beltéri szennyezőkkel együtt fejtik ki, azokkal összeadódnak. Megtörténhet, hogy a közös hatás nagyobb mint a két összetevő hatásának az összege. Ezt nevezzük szinergikus hatásnak. Ilyen például a kéndioxid, amelynek jelenlétében a levegőt szennyező szerves vegyületek másodlagos vegyi reakciók eredményeként, erősebb károsító hatású anyagok keletkeznek.

Bár még távolról sem egységesek a beltéri szennyező anyagokat meghatározó módszerek és nem végleges az értékelő rendszer sem – nem beszélve a hordozható vagy laboratóriumi berendezések standardizálásáról -, a nemzetközi normák kialakulóban vannak.

Vita folyik azzal kapcsolatban is, hogy a próbavétel időtartalma mekkora kell legyen. Egyöntetű vélemény, hogy megbízható mérést a 24 órás folyamatos próbagyűjtés és meghatározás biztosíthat.

Nagyon fontos pontosan leírni és meghatározni a próbavétel módszerét és mikéntjét. A próbavételnél használatos berendezések és módszerek azonosak az analitikai kémiában használtakkal. Abban az esetben, ha pillanatnyi meghatározást végzünk, a levegő vagy folyadékpróbát általában egyenesen a készülékbe visszük be. A terepen végzett méréseket hordozható készülékekkel végezzük. Ezeknél a külön próbavétel általában nem szükséges.

Ha hosszabb időintervallumban az átlagértéket kell meghatározni, akkor a próbavétel az egész időintervallumra kiterjed, amely alatt folyamatosan történik a próbavétel. A meghatározást laboratóriumban, utólag végzik el.

4. A BELSŐ TEREK SZÉNIOXIDOKKAL VALÓ SZENNYEZÉSE.

4.1. SZÉNDIOXID SZENNYEZÉS.

A széndioxid a levegőnek egy természetes összetevője

A széndioxid színtelen, kis töménységben szagtalan, nagyobb töménységben fiziológiai hatása miatt, szúrós szagú gáz. Az égést nem táplálja, nem gyúlékony, ezért tüzoltó készülékekben használják.

A légkörben jelenlevő mennyisége átlag értékben: 340 ppm (part per million), ami 620 mg/m^3 értéknek felel meg. A foszilis energiahordozók égetéséből és az ipari tevékenységből származó széndioxid mennyiség a műszaki fejlődéssel párhuzamosan az ipari forradalom kezdete óta egyre növekedő tendenciát mutat. A termelt széndioxid mennyiséget a fotoszintézis (szárazföldön és a hidroszférában) nem képes abban az ütemben megkötni mint ahogy az felszabadul. Ezért a széndioxid mennyisége folyamatosan növekedik és egyik fontos okozója az üvegházhatásnak és ennek következményének, a globális felmelegedésnek. A légkörben található széndioxid egyensúlyi mennyisége, amely évmilliók alatt alakult ki, amelynek mennyisége $\approx 340 \text{ ppm}$, az élőlények metabolizmusából és a természetes égésekből származik.

A gyengén szellőztetett helységekből, különösen a szén, gáz vagy gázolajfűtés használata esetében, a belső terekben a széndioxid koncentrációja elérheti a 5400 mg/m³ (vagy 3000 ppm) értéket.

A részletes tanulmányok kimutatták, hogy a földalatti szállítás esetében a járatokban és az állomásokon a széndioxid koncentrációja átlag értékben 370 ppm. Ez az érték magasabb mint a légköri átlag. Ennek magyarázata az, hogy a földalatti kocsikban utazók széndioxid kibocsátása miatt megnövekszik annak koncentrációja az állomásokon és a járatokban. Az utasok széndioxid kibocsátását mérve, a következő adatokat kapták:

Széndioxid kibocsátás l/személy/óra.

Álló személy		Ülő személy	
férfi	nő	férfi	nő
19,4	14,7	15,1	11,5

Az adatokat elemezve egy pár érdekes következtetést vonhatunk le:

- a férfiak 29 %-al több CO₂ „termelnek” mint a nők
- az álló személyek 23 %-al több CO₂ –t bocsátanak ki, mint az ülők.

A méréseket egy évig végezték és az eredmények pontossága ± 0,1 %.

A belső terekben megnövekedett CO₂ mennyiség fiziológiai hatása alaposan tanulmányozott. A nem túl magas koncentráció hatása a következő módon fogalmazható meg:

- nő a vér savassága
- a légzések szaporasága nő és mélyebbek
- hosszú távon a csont enyhe demineralizációja következik be.

Ezek a folyamatok max. 12.600 mg/m³ (7000 ppm) értékig jelentkeznek. Ennél nagyobb koncentráció esetében irreverzibilis változások jelennek meg.

A nemzetközi normák szerint, az ALTER értéke: ≤ 6300 mg/m³ (≤ 3500 ppm).

4.2. SZÉNMONOXID SZENNYEZÉS.

A szénmonoxid szennyezés az esetek döntő többségében a CO₂ mellett jelenik meg. Ezért a mérési adatok párhuzamosan jelenítik meg a két összetevőt.

A szénmonoxid (CO) színtelen, szagtalan gáz. Keletkezésének fő forrása a levegőhiányos égés és kis mértékben az emberi metabolizmus. Legfontosabb forrásai a belsőégésű motorok, kályhák, cigaretta. [2].

Mérgező hatása annak tulajdonítható, hogy a hemoglobinnal egy stabil, lassan lebomló, karboxihemoglobinnak (COHb) nevezett vegyületet alkot. Így lassan ürül ki a szervezetből, ezzel meggátolja a vér oxigén szállítását és fulladásos halált okoz. Ez a magyarázata annak, hogy a belső terekben a CO megengedett töménysége sokkal alacsonyabb, mint a CO₂ esetében:

$$\begin{aligned} \text{ASTER} &\leq 11 \text{ ppm} && 8 \text{ órai átlag} \\ &\leq 25 \text{ ppm} && 1 \text{ óras átlag.} \end{aligned}$$

A különböző térségekben mért adatok szerint, lényeges különbség van a városi és falusi környezet között:

$$\text{Vidéki környezet (kinti levegő) : } 0,05 - 0,9 \text{ mg/m}^3 \quad (0,04 - 0,8 \text{ ppm})$$

$$\text{Városi környezet (kinti levegő) : } \approx 57 \text{ mg/m}^3 \quad (50 \text{ ppm})$$

Érdekes megfigyelés, hogy a dohányzó terheseknél a koraszülés, a kis születési súly és a gyerek szellemi fejlődésének károsodása sokkal gyakoribb jelenség, mint a nemdohányzóknál.

A belső teret szennyező anyagok nem specifikusan, hanem együtt jelentkeznek. A CO és CO₂ általában más, főként szerves vegyületekkel társulva jelennek meg. Ezeknek meghatározása különösen fontos a közintézményekben, ott ahol nagyszámú személy tartózkodik hosszabb ideig. Ilyenek az úszócsarnokok, iskolák, óvodák, amelyek főként városi környezetben vannak. Ezeknek az intézményeknek a levegőjét a belső térben felszabaduló szennyező anyagok mellett, a külső térből beszivárgó vegyületek is szennyezik.

Ilyen méréseket végeztek a Lyon város területén található intézményekben: úszócsarnok, iskola, óvodában. Szennyező anyagként a CO, CO₂, NO₂, TVOC (Total Volatile Organic Compounds) és a relatív nedvességtartalmat határozták meg.

Az eredmények összesítésekor azt tapasztalták, hogy bár zavaró tüneteket állapítottak meg, CO₂ és pár TVOC érték magasabb volt a szabványok által megengedettnél, de a többi összetevő a standard érték alatt volt. A méréseket folyamatosan egy hétig folytatták, függetlenül attól, hogy tartózkodott-e valaki vagy nem az épületekben.

A mért eredményeket összehasonlították a belső terek számára javasolt értékekkel:

- LRV Low Risk Value (alacsony rizikó faktorú)

- HRV High Risc Value (magas rizikó faktorú)

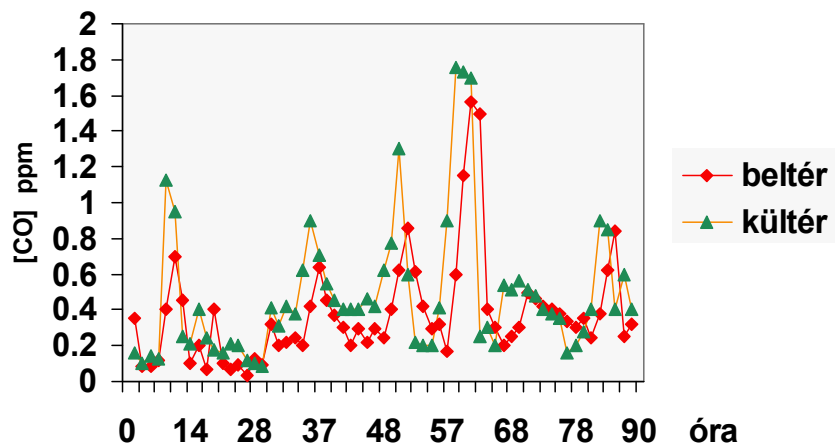
A mért értékeket a következő táblázat tartalmazza, külön az úszócsarnokra, az iskolára és az óvodára:

Úszócsarnok.			
Paraméter	Külső tér	Belső tér	Javasolt érték beltérre
T° C	17,7 – 27,7	26,3 – 28,4	30 - 34
Rel. nedvesség %		61 - 68	60 - 70
CO ppm	0 – 2,6	0,56 – 2,82	LRV = 26 HRV = 67
CO ₂ ppm	382 - 507	434 - 1353	LRV = 2500 HRV = 6670
TVOC ppm	2,26 – 5,85	4,08 – 8,68	-
NO ₂ ppb		9 - 38	LRV = 213 HRV = 532

Az iskola és óvoda esetében a mért értékek középértékét számították ki, amelyek a következők voltak:

Paraméter	ISKOLA		ÓVODA		Ajánlott érték
	Kültér	Beltér	Kültér	Beltér	
T° C	15,2	24	13	22	19 - 26
CO ppm	0,72	0,85	0,41	0,41	26 -67
CO ₂ ppm	431	675	414	643	2500 - 6670
TVOC ppm	2,4	3	2,43	4,6	
NO ₂ ppb	39	29	-	19	213 - 532
Rel. Nedv. %		22		31	30 - 70

A pillanatnyi CO töménységváltozás az alábbi diagrammról olvasható le:



A nemzetközi előírások szabályozzák a belső terek CO és CO₂ tartalmát. Pl. a Norvég normák szerint a következő értékeket szabják meg:

CO ₂	< 1800 mg/m ³
CO	< 10 mg/m ³ 8 órás átlag
	< 25 mg/m ³ 1 órás átlag

Ezeknek az összetevőknek a meghatározására speciális készülékeket dolgoztak ki, amelyek vagy pillanatnyi, vagy átlag értéket tudnak mérni.

A mérések azt mutatják, hogy a szállítási járműveken tartózkodók nagyobb mennyiségű CO-t lélegzenek be. [2]. Ugyanakkor a belső terekben tartózkodók nagyobb CO mennyiségnek vannak kitéve a hideg, téli periódusban, amikor a fűtés működik. Így a CO mérgezések száma összhangba hozható a kinti hőmérséklettel.

5. NITROGÉNDIOXID, KÉNDIOXID ÉS ÓZON.

5.1. NITROGÉNDIOXID.

A belső terek nitrogéndioxid tartalma kettős forrásból eredhet. A kültérből és a beltérből. A kültéri források legjelentősebbje a közúti forgalomban található belsőégésű motorok. A kipufogó gáz mindig tartalmaz NO₂-t. Ennek oka a levegő nitrogéntartalma, amely a motor működési hőmérsékletén az oxigénnel kis mennyiségben bár, de képez nitrogéndioxidot. Egy másik külső téri NO₂ forrás az ipari tevékenység. A NO₂ a belső terekbe hatol a már ismert utakon.

A legjelentősebb belső téri forrás a fűtés és főzés, valamint a cigarettafüst. A rosszul szellőztetett vagy hibásan működtetett kályha jelentős mennyiségű nitrogéndioxidot juttat a beltér levegőjébe. Általánosan elismert tény, hogy a kályha nélküli belső terekben a NO₂ koncentráció kisebb mint a kültéri levegőben:

$$[\text{NO}_2]_{\text{bel}} / [\text{NO}_2]_{\text{kül}} < 1$$

fűtött helységben pedig

$$[\text{NO}_2]_{\text{bel}} / [\text{NO}_2]_{\text{kül}} > 1$$

Főzés idején a nitrogéndioxid töménysége általában megnövekedik:

$$[\text{NO}_2] \approx 30 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (0,015 \text{ ppm})$$

Ritkán azonban megnövekedhet, ha a szellőzés nem megfelelő:

$$[\text{NO}_2] \approx 100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \quad (0,05 \text{ ppm})$$

A nemzetközi szabályok szerint a nitrogéndioxid megengedett koncentrációja:

ALTER: $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\leq 0,05 \text{ ppm}$)

ASTER: $\leq 480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\leq 0,25 \text{ ppm}$)

Ezek a mennyiségek még nem okoznak maradandó egészségügyi károsodást.

Normális körülmények között a NO_2 töménysége a kinti, várostól távoli légtérben $0,4 - 9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,0002 - 0,005 \text{ ppm}$) között van. A városi környezetben a töménység nagyobb, $20 - 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,01 - 0,05 \text{ ppm}$) körül található. [3].

A nemzetközi normák a következő koncentrációkat szabják meg $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben:

WHO	1 óra	190 – 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 óra	150
Középeurópai államok	1 év	≈ 130
Hollandia	1 év	80 – 130
USA	1 év	100

Svájcban sorozatos méréseket végeztek lakásokban és a következő értékeket találták a beltéri levegő NO_2 szennyeződésére a konyhák levegőjében $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben kifejezve:

Gázfőző – dohányzó személy	40,6
Gázfőző – nemdohányzó	37,7
Villanyfőző – dohányzó	22,6
Villanyfőző – nemdohányzó	17,2

5.2. KÉNDIOXID.

Általában a belső térben található SO_2 mennyiség alacsonyabb mint a külső térben . Kivételt képeznek azok a belső terek, amelyekben a rosszul működtetett szén vagy gázolajtűzelésű kályhákból származó SO_2 megnöveli annak koncentrációját a belső térben.

A külső térből nem csak a szellőztetéssel, hanem a ki-bejárók ruhájának textiliáira adszorbeálva is kerülhet SO_2 a belső térbe, szennyezve annak levegőjét.

A kéndioxid szennyezés hosszú és rövid ideig ható töménysége között lényeges különbség van. Míg az ALTER érték $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\leq 0,019 \text{ ppm}$), a rövid ideig ható (5 perc) koncentráció, ASTER érték $\leq 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\leq 0,38 \text{ ppm}$). Ez a magas érték hosszabb idő alatt számottevő egészségkárosodást okozhat, a nyálkahártya nedvességtartalmával kénessavat képez, amely komoly szövetkárosodást okozhat.

5.3. ÓZON.

Az ózon két forrásból eredhet: külső és belső forrásból.

A külső térből általában a NO_2 , PAN (peroxi-acetilnitrát) és kénoxidokkal együtt kerül a belső térbe. Ezeknek mennyisége kisebb mint a kültérben, de megközelítheti azt, ha a szellőztetés folyamatos.

A belső téri források közül a leggyakoribb az elektromos motorok szénkeféjének szikrázása miatt (porszívó, hajszárító, konyhai gépek stb.), a fénymásolókból és a rosszul működtetett vagy hibásan beállított elektrosztatikus levegőtisztító berendezésekből.

Az ózon hatása nagyon változatos, főként a bomlása során keletkező atomos oxigén erősen oxidáló hatása miatt. A nyálkahártyán adszorbeálódott ózon negatív hatása a következőkben nyilvánul meg:

- köhögés
- orr és légutak nyálkahártyájának irritációja
- légzési diszkonfort
- $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 ppm) felett tüdőkárosodás

A fent megnevezett okok miatt a légtérben található ózon mennyiségét szabályozzák és az ASTER értéke $\leq 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (0,12 ppm) 1 órás hatásra.

A belső térben található ózon a többi szennyező vegyülettel egyszerre (PAN, SO_2 és NO_2), különösen a lebegő szilárd anyag jelenlétében, a kinti szmoghoz hasonló aeroszolt képezhet, ami fokozottan veszélyes.

6. VÍZGŐZ (PÁRATARTALOM).

A levegőben mindig van páratartalom. Mennyiségét a relatív nedvességtartalommal mérjük. Ez a %-ban kifejezett érték, az adott hőmérsékleten lehetséges telítési páratartalomhoz viszonyított relatív vízmennyiséget jelenti. A relatív páratartalom hőmérsékletfüggő és nagy mértékben változik annak függvényében. Attól függően, hogy nyáron vagy télen határozzuk meg, értéke tág határok között mozog. Az ASTER érték:

Nyáron	30 – 80 %
Télen	20 – 55

A belső terekben a nedvességtartalom legfontosabb forrása az emberi, állati és növényi metabolizmus, a fürdés-mosakodás, főzés és mosás-szárítás. Mivel a belső térben a hőmérséklet általában, főként télen, magasabb mint a kinti, ezért a relatív nedvességtartalom gyakran alacsonyabb mint a kinti levegőben. Kivételt képez az a belső tér, ahol a fent említett forrásokból több van, vagy alacsony a szellőztetési tényező. A nedvességtartalom szellőztetéssel vagy belső cirkulációs kondicionálással csökkenthető. A nem megfelelő hőszigeteléssel kialakított belső terekben a kondenzálás ugyancsak csökkenti a nedvességtartalmat. Ez azonban a gombák elszaporodásának nyit tág teret, ami a belső térnek a biológiai szennyezését okozza. A belső tér relatív nedvességtartalmának csökkentését szolgálja a különböző adszorbensek használata, amelyeket a kondicionáló berendezésekbe építenek be.

A belső terek másik nedvességtartalom növekedésének a forrása, a fűtés. Abban az esetben amikor foszilis tüzelőanyagot használnak fűtésre, a beltér nedvességtartalma nő.

A belső terek relatív nedvességtartalma és hőmérséklete nagy mértékben meghatározza a komfortérzést. A tapasztalat szerint a zárt terekben tartózkodók komfortja optimális, ha a benti levegő paraméterei a következők:

$$T = 20 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rel. nedv.} = 30 - 60 \%$$

7. A BELSŐ TÉR LEVEGŐJÉNEK DISZPERZ SZENNYEZŐI.

7.1. SZILÁRD KOLLOIDOK.

A belső térben sokszor szemmel nem látható, méreteiben a kolloid tartományba tartozó szennyezője lehet. Ezek a szennyező anyagok zömmel szilárd halmazállapotúak. Ez nem zárja ki azonban a folyadékcseppek jelenlétét. Méretüket illetően a diszperz rendszer szemcséi a $\Phi = 0,005 - 100 \text{ }\mu\text{m}$ tartományba esnek. Az emberre káros szemcseméret tartomány a $\Phi = 0,1 - 10 \text{ }\mu\text{m}$ -es intervallum, különösen a $\Phi < 2,5 \text{ }\mu\text{m}$ -es tartomány. Ennek fiziológiai okai vannak. Ehhez a szemcsemérethez tartozó részecskéknek egy számottevően nagyobb része marad a légzés során a tüdőben, mint a megnevezett tartományon kívül eső szemcsék. Az alveolákban maradt testidegen részecskék hosszú ideig fejtik ki hatásukat, megnövelve a káros hatásidejét és ezzel a megbetegedés valószínűségét. Számptalan példa azt bizonyítja, hogy egyes szakmai megbetegedések egyértelműen erre a hatásra vezethetők

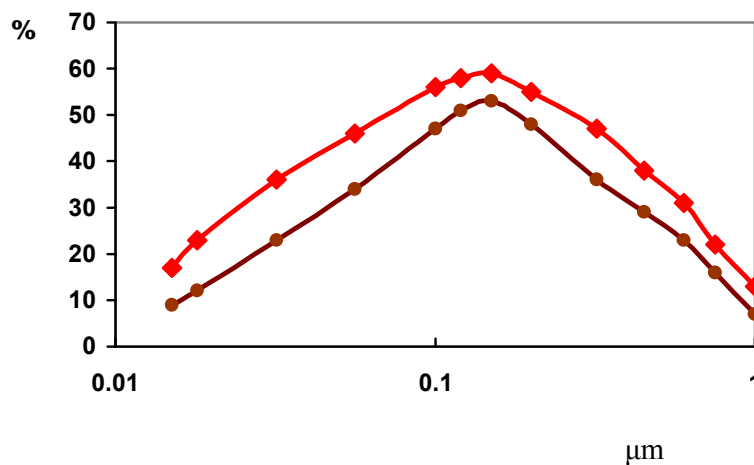
vissza. Ilyen például a magas szilíciumdioxid (kvarc) tartalmú por hatása, amely pneumoconiózist, más nevén szilikózist okoz, a szálak szerkezetű azbesztpornak vagy a cigarettafüstben található aromás, kondenzáltgyűrűs szénhidrogéneknek (PAH – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) a tüdőben való lerakódása tüdőrákot idéz elő.

Ezeknek a szilárd szennyezőknek kettős forrása van: külső és belső.

Külső forrás a közúti forgalom, az autók égésgázai, az ipari szennyezők, a természetes eredetű porok, a természeti katasztrófákból származó por (vulkánkitörés, porviharok, erdőtüzek stb)

Belső forrás a fűtés, dohányzás, ipari tevékenység (bányák, bányaiipari feldolgozó üzemek, építőipari anyagok előállítása – cement, mész stb.), rosszul szellőztetett sportcsarnokok. Az ipari tevékenység kivételével, a belső terek legnagyobb szennyezője a dohányzás. A mérések szerint a belső terekbe óránként 12 – 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /dohányos káros szennyező kerül.

Külön figyelmet érdemel a járművek belső terében található por. A modern életben egyre nagyobb szerepet kap a szállítás: személy és áruszállítás. Az autók belső terébe nagy mennyiségű por és az égésgázokból származó korom és PAH kerül. Bár a modern autókat ellátják porszűrő berendezéssel, mégis a mérések azt mutatják, hogy a szűrőn keresztül és más utakon a belső térbe por kerül. A por szemcsenagyság eloszlása a 0 – 1,5 μm tartományba esik [4]:



7.1. ábra Az autó utasterébe hatoló por szemcsenagyság eloszlása.

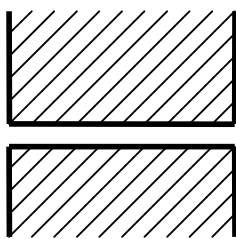
A meghatározást a TSI -3030 típusú hordozható készülékkel végezték 0,01 – 1 µm tartományban.

7.2. A POR BELSŐ TÉRBE HATOLÁSÁNAK MÓDJAI.

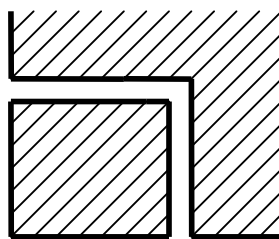
A szilárd részecskék belső térbe való hatolásának a legismertebb módja a nyílászárókon keresztül történik (ajtók, ablakok, szellőző járatok). Ez azt jelenti, hogy a külső térben található szilárdanyagtartalom általában magasabb, mint a belső térben.

Az említett módozattól eltérően, még lehetséges egy behatolási mód. Ez az épület falában található repedések hálózata. Az épületelemek illesztésénél, az ajtók és ablakok beépítésénél vagy a falakban a feszültség miatt keletkező töréseknél, mindig megtaláljuk azokat a méreteiben bár nem nagy, de a finomszemcsészetű por behatolása szempontjából figyelmen kívül nem hagyható repedéshálózatokat, amelyek lehetővé teszik a por belső térbe való hatolását.

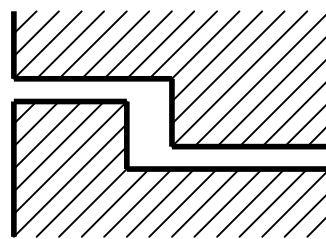
Ezek a repedések három alaptípusba sorolhatók [5]:



“Egyenes”



“L”

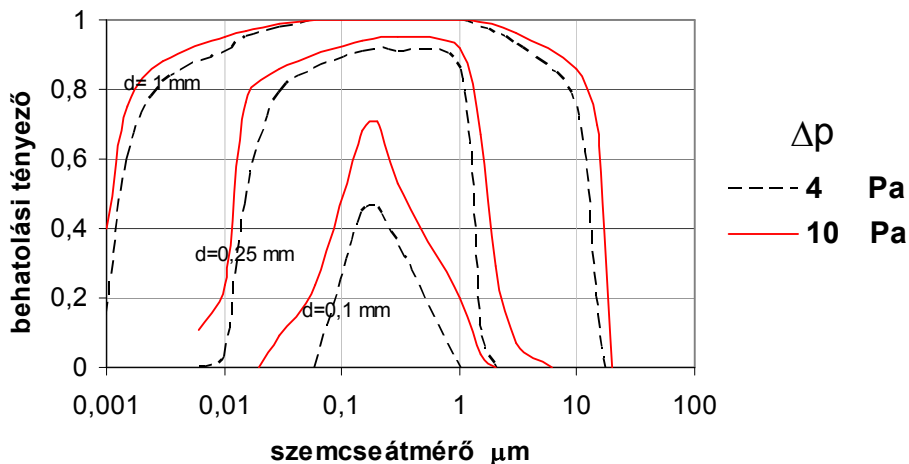


“Kéttöréses”

A repedéseken való behatolás mértékét az F penetrációs faktorról jellemzik, amely a g_b belső térben mért por mennyisége és a g_k külső térben mért por mennyiség aránya:

$$F = \frac{g_b}{g_k}$$

A por belső térbe való behatolása a repedések méretétől nagy mértékben függ. A behatolási hányados (faktor) értéke a szemcseméret függvényében és különböző nyomáskülönbség esetében, a következő módon változik:



7.3 AEROSZÓLOK

Az aeroszólok szilárd és folyadék részecskék. Ezeknek a részecskéknek három összetevője van:

- hatóanyag,
- hordozó, hajtóanyag,
- adalékok (plasztifiálószer, polimér, tenszid, emulgálószer)

A hajtóanyagok lehetnek szerves gázok, propán, bután, i-bután, N_2O , metilklorid (Cl_2CH_2), CO_2 , N_2 , CH_3-O-CH_3 (metiléter), amelyek helyettesítették a freonokat.

A külső térből a beltérbe kerülhet olyan ólomtartalmú lebegő por, amely a még használt ólmozott benzinnél származik. A belső terekben mért Pb tartalmú szilárd részecskék 90 %-a emberi tevékenységből származik. Különösen a járművekből, de részben származhat a bányászati tevékenységből is.

A belső terekben mért Pb koncentráció:

$$[Pb] \sim 0,05 - 8 \text{ ng/m}^3$$

Az ólom a szervezetbe két módon kerülhet. Légzéssel a tüdőn keresztül és az élelmiszerekre rakódott porból a tápcsatornán át. A lenyelt ólom ~ 10 %-a beépül az izmokba és a vázba (csontokba).

A beltéri levegőben az aeroszólók, a füstreszecskékre rakódott szerves anyagok, aránylag nagy mennyiségben található meg azokban a helyiségekben, ahol fával fűtenek. Ha a kályha zárt, akkor a mennyiségük alacsonyabb (14- 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mint a kandalló használata esetében (60 – 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A benzpirén mért mennyisége a fával fűtött helyiségben 11,4 ng/m^3 volt, míg a külső térben a koncentrációja 0,6 ng/m^3 .

8. VOC FORRÁSOK A BELSŐ TEREKBE.

A kutatókat akkor érte a nagy meglepetés, amikor mérni kezdték a belső terek levegőjében a szerves anyag koncentrációját. Számptalan szerves anyag gőzteniója elég magas ahhoz, hogy elpárologva számottevő koncentrációt hozzon létre a belső tér levegőjében. A szakirodalomban VOC (Volatile Organic Compound) névvel emlegetett szerves anyagok egész sorát határozták meg.

A külső térből szerves anyag kerülhet a belső térbe, amennyiben a közelben forgalmas autopálya, vagy ipari eredetű szennyező forrás létezik. Ezen túl, a belső tér legnagyobb szennyező forrásai, maga a belső térben található források: építkezési anyagok, berendezési tárgyak, használati eszközök és anyagok – tisztítószerek, kozmetikumok, oldószerek, ragasztók, stb. – valamint maga az ember és azok az állatok, növények, amelyek a belső térben vannak.

Egy pár szerves anyag és azok forrásai a következő táblázatban vannak feltüntetve. Ezek az anyagok mint láthatjuk nagyon széles skáláját töltik ki a szerves anyagok nagy családjának. Mind az alifás, mind pedig az aromás vegyületek megtalálhatók a belső tér levegőjében. A szénhidrogének – alifás és aromás - mellett éterek, észterek, alifás és alicikus alkoholok, ketonok , aldehidek szerepelnek a szennyező anyagok között. Egy másik fontos VOC forrás a belső terekben használatos fűtési módszerek. Akár fa, vagy gáz és széntűzelésű a kályha, a műszaki hibák miatt (repedések, zárszerkezetek hibái) mindig kerül a belső térbe VOC amely mellett természetesen a szilárd részecskék is jelen vannak, valamint azok a gázak, amelyek az égési folyamat termékei.

Összetevő	Mért középérték, ppb	Forrás
Sztirol	0,21	Függöny, szőnyeg, fénymásoló, építési anyag,dohányfüst
α - pinen	0,19	Tisztítószer, dezodor
2 - butanon	1,4	Festékek, oldószer
1,4 - diklórbenzol	0,13	Légfrissítő, dezodor
Toluol	4,8	Szőnyeg, festék, autó, oldószer, ragasztószer
Etilbenzol	0,38	Szőnyeg, autó, fénymásoló
1,2,4 - trimetilbenzol	0,63	Szőnyeg, fénymásoló, autó, építkezési anyag
m és p xilol	1,6	Festékek, autó, fénymásoló
n - undekán	1,2	Szőnyeg, építkezési anyag, tisztítószer, latex festék, ragasztó
4 - metil -2 -pentanon	0,38	Oldószeres festék
Butilacetát	0,63	Oldószer, szórófesték, oldószeres festék, ragasztó
d - limonen	0,66	Szőnyegalap, tisztítószer, dezodor, cigarettafüst
Etilacetát	0,7	Oldószer, ragasztó

A belsőtér VOC szennyező anyagainak mennyisége nagy mértékben függ attól, hogy a használt anyag belső térbe való vitele vagy használata után mennyi idővel végzik a mérést. Jó példa erre a műanyag padlóburkolat, padlóasztal és falfesték példája:

Műanyag padlóburkolat

Mérési idő, nap	Toluol	Etilbenzol	Xilol	Sztirol	Össz
1,5 h	186	486	2287	131	3090
5 h	205	557	2603	102	3467
1	45	129	607	42	823
2	35	96	470	23	624
4	21	50	264	15	350
7	18	23	135	11	187
9	20	17	99	7	143

Padlóasztal (lakk)

	Oktán	Nonán	Dekán	Undekán	Dodekán	Össz
1,25 h	16.045	42035	34645	11985	1195	101.910
5,3 h	3635	10140	9225	3815	430	27.245
30 h	29	205	397	327	58	1.016
54 h	8	55	121	113	24	321
100 h	7	28	75	59	14	183

Falfesték

	Etilbenzol	Xilol	Nonán	Dekán	Undekán	Össz
2 h	283	1498	708	4884	7034	14.408
1	58	270	102	336	346	1112
2	50	247	94	320	309	1020
4	11	58	22	81	113	285
7	12	50	18	57	62	199
9	8	34	16	46	57	161

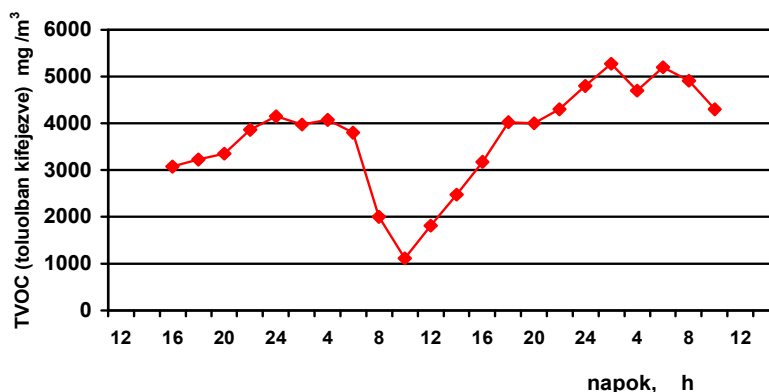
A számtalan méréseredmény amely az utóbbi években került a szakirodalomba azt bizonyítja, hogy a VOC mennyiség nagy mértékben függ a használt anyagok összetételétől és a belső terekben található mennyiségtől. Így derült fény arra, hogy a p-diklórbenzol – amely rákképzőnek bizonyult – a belső terekben 10– 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ töménységben volt a belső térben, összehasonlítva a kültéri töménységgel, amely koncentrációja $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volt [6].

A klórozott szénhidrogének - kloroform, metilénklorid és 1,1,1 triklóretán - amelyeket a vegyszeres tisztításban, festékek hígítására és mint hajtógázt használnak, a belső terekben előfordulnak azokon a helyeken, ahol a személyek ruhaszövetébe ivódva a zárt térbe kerülnek.

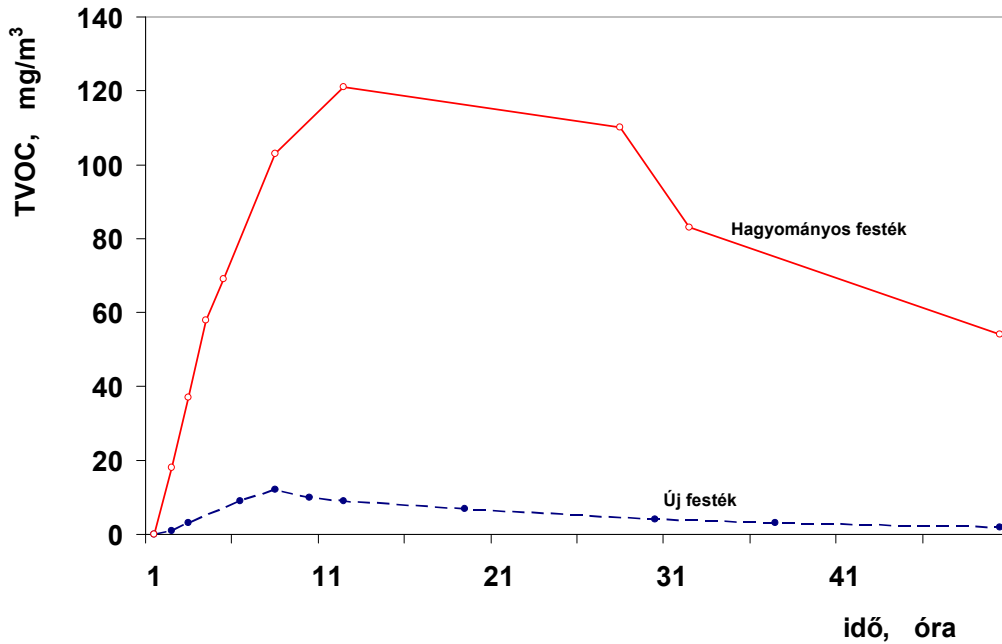
A belső terekben mért szerves anyagok nagy számára való tekintettel, szokás az össz szerves anyagot mint TVOC –t kifejezni. (Total Volatile Organic Compounds). Ezt általában úgy számolják, mintha a szerves anyag csak toluol formában lenne jelen. A szerves anyagok tartalmazták a formaldehidet is és egy TVOC meghatározásra specializált készüléket használtak [7]. A méréseket új és régi házban végezték:

	Régi ház	Új ház
Toluol		0,35 mg/m^3
n-butanol		0,18 mg/m^3
Oktán		0,18 mg/m^3
Butilacetát		0,13 mg/m^3
Benzol		4,7 mg/m^3
TVOC	210 – 550 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1100 – 1800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

A folyamatos mérés során kiderült, hogy a nappali órákban a toluolban kifejezett TVOC mennyiség kisebb volt, mint az éjszakai órákban:



A belső terekbe kerülő szerves anyag mennyiségének legnagyobb része a berendezési tárgyaktól és a festékektől kerül ki. A kötőanyagok, plasztifiáló szerek, habosítószerke, hígítók, tenszidek és gombaölőszerek mind-mind forrásai a TVOC-nek:



A mért adatok alapján a festékipar fejlesztésének egyik feladata az volt, hogy olyan festékeket dolgozzanak ki, amelyek kevesebb szerves anyagot juttatnak a légtérbe. Így került sor a víz alapú festékek kidolgozására. Ezekkel a festékekkel számos kísérletet végeztek, és az adatok összehasonlítása érdekében a hőmérsékletet és a relatív nedvességtartalmat állandó értéken tartották: 23 °C és 50 % H₂O.

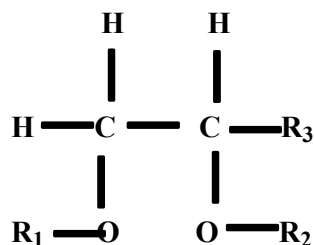
A Tenax TA adszorbenssel és érzékeny kromatográfias mérésekkel végzett kísérletek a következő eredményekre vezettek [8]:

Új festék						
festés utáni idő, óra	i-propanol	2-metil-propanol	propilen-glikol	sztírol	2-butoxi etanol	2(2 butoxi-etoxi)-etanol
0,3				93	164	70
0,5				64	157	85
1				37	124	99
2			127	23	60	124
6			169	11	20	116
26			40	5	6	68

Régi festék

Festés utáni idő, óra	i-propanol	2-metil-propanol	propilen-glikol	sztírol	2-butoxi-etanol	2(2 butoxi-etoxi)-etanol
0,3	772	104	3524	273	1887	914
0,5	433	52	7130	171	1563	1107
1	298	31	8169	116	1017	1250
2	119	15	11367	73	492	1468
6	46	6	7910	40	151	1388
26	20	3	1755	18	36	657

A TVOC mennyisége a többértékű éterek és észterek esetében bár nem változik szélsőséges határok között, de számottevő értéket jelenthet. A több mint 200 berlini lakásban mérték a következő képlettel jellemzett vegyületek esetében a koncentrációt [9]:



ahol: R_1 - H, metil, etil, n-butyl, fenil, hidroxietil, 2-hidroxipropil, 2-hidroxipropoxipropil.

R_2 - H, metil, etil, acetyl, n-butyl.

R_3 - H, metil.

A mért értékek középértéke és maximális értéke a következő táblázatban található $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben, az etilenglikol származékai:

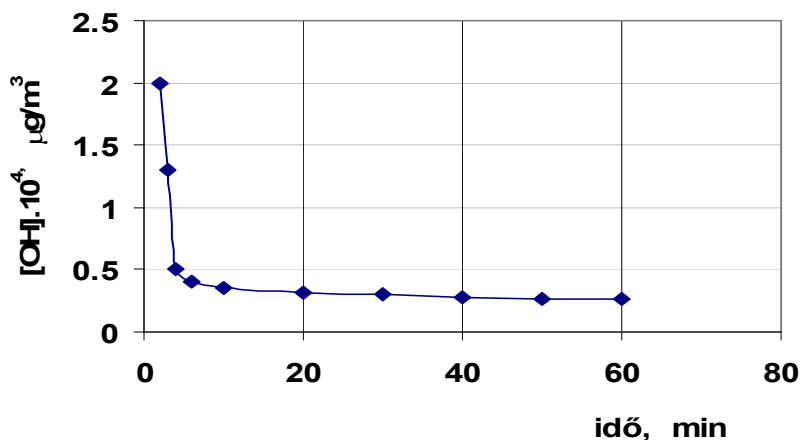
	középérték	maximális érték
2- etoxi etanol	0,8	20,1
2- butoxi etanol	8,1	259
2- fenoxi etanol	2,3	108
2- n-butoxi etil acetát	0,1	6,5

A dietilenglikol származékok esetében ugyan csak $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – ben mérve a dietilenglikol származékok koncentrációja a következők voltak:

	Középérték	maximális érték
2- (2 metoxi etoxi) etanol	0,6	164
2- (2 etoxi etoxi) etanol	1,4	108
2- (2 n-butoxi etoxi) etanol	3	158
2- (2 butoxi etoxi) acetát	1,7	302

Ezek a termékek a lakás felújításakor használt termékekből kerültek a légterbe.

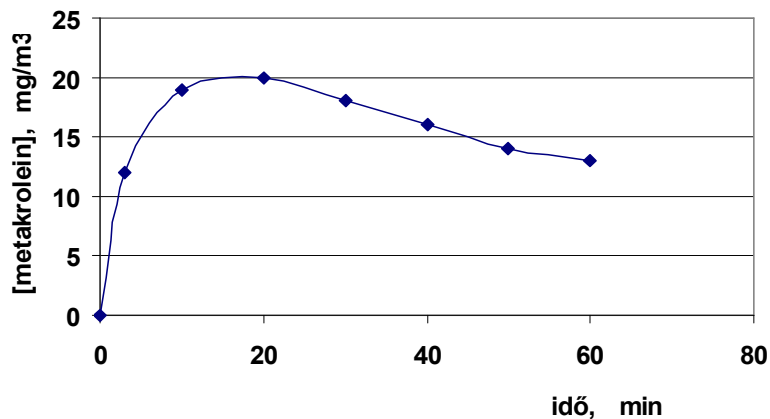
A belső terekben talán egyik leggyakoribb szerves vegyület az izoprén (2 metil-1,3 butadién). Forrása az ipari termékek (polimerek, szigetelők) mellett a különböző növények, a baktériumok valamint az emberi metabolizmus. Az emberi metabolizmusban a koleszterol termelésnek egyik mellékterméke. A belső terekben az izoprén reagál az ózonnal. Ennek eredménye pedig a hidroxil szabadgyökök keletkezése. Ugyanakkor az izoprén is reagál az OH szabadgyökökkel, mégpedig gyorsabban mint ahogy azok keletkeznek. Így a szabadgyökök mennyisége a keletkezés után rohamosan csökken [10]:



A hidroxil szabadgyökök mellett a szabadgyökös reakciók eredményeként keletkeznek még más, oxigéntartalmú vegyületek is. Ezek a termékek hozzájárulnak a TVOC légtérben mért értékének a növeléséhez. Az izoprén mellett keletkezik metakrolein (MET), metil-vinilketon (MVK) és formaldehid is. A szabadgyökös reakciók amikor csökkentik a hidroxil szabadgyökök koncentrációját, ezzel párhuzamosan növekedik a fent megnevezett vegyületek töménysége. A mért adatok igazolják a szabadgyökös mechanizmus helyességét.

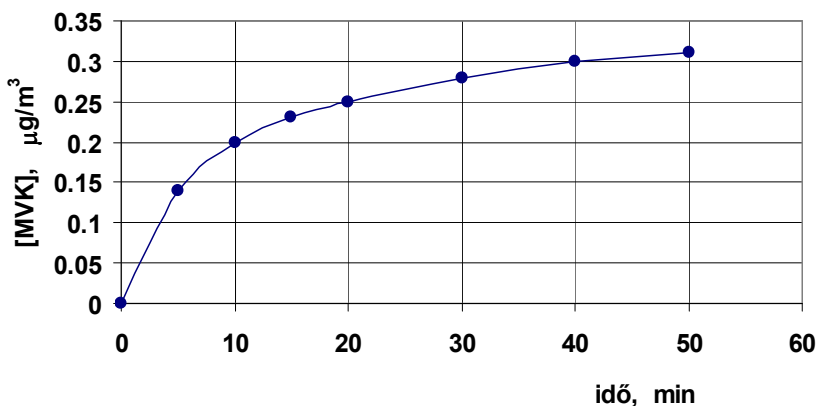
A koncentrációk nem magasak, az értékek időbeni változása, valamint ha a tartóz-

kodási idő rövid, nem jelent komolyabb veszélyt az egészségre.



Az akrolein aránylag kis mennyiségben már jellegzetes szaggal jelzi jelenlétét.

A levegő oxigénjével reagál és koncentrációja fokozatosan csökken.



Az illékony szerves anyagok (ISzA = VOC) belső légtérben való megjelenése és koncentrációja nagy mértékben függ a szerves vegyület forráspontjától (gőzteniójától). Általában azok a szerves vegyületek vannak jelen a levegőben, amelyeknek forráspontja a 50 -260 °C közötti tartományban van. A nagyon illékonyak forráspontja 100 °C alatti.

Az ember érzékszervei már 5 mg/m³ értéknél jelzik a VOC jelenlétét és 2 órás tartózkodás alatt megjelennek az első tünetek : szem égés, irritálódik az orr nyálkahártyája, torokfájás kezdődik. A légtérbe kerülő szerves anyag mennyisége egyenes arányban nő a hőmérséklet emelkedésével. 22 -23 °C-nál már számottevő mennyiség kerül a levegőbe. A nyálkahártya kiszáradása csak fokozza a szennyező anyag károsító hatását.

9. FORMALDEHID A LÉGTÉRBEEN.

A formaldehid (CH_2O) általában vizes oldat formájában kerül a forgalomba. Vizes oldatának koncentrációja 1 és 35 % között változik. Hosszabb ideig nem tárolható csak akkor, ha a szabadgyökös polimerizáció megakadályozása céljából stabilizátort adagolunk hozzá. (Általában kis molekulatömegű alkohol).

A formaldehid normál körülmények között, atmoszférikus nyomáson és szobahőmérsékleten, gáz halmazállapotú. Tiszta állapotban:

$$T_f = - 21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{op} = - 92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Állatokon végzett kísérletekkel bizonyították rákkeltő hatását. Ezért az „International Agency for Research on Cancer „ 1987-ben a formaldehidet a veszélyes **2B** osztályba sorolja. A „ COST” (COoperation Européenne dans le domain de la recherche Scientifique et Technique) pedig a megengedett legnagyobb koncentrációt:

$$1 \text{ ppm} = 1,2 \text{ mg/m}^3$$

értékben szabta meg. [11]. Az európai országokban megszabott értékek és az USA-ban megengedett értékek különböznek (mg/m^3):

Norvégia	0,06
Írország, Hollandia	0,12
USA	0,48
WHO	< 0,1

A formaldehid hatása a szervezetre a koncentrációjától függ. A hatások a következők lehetnek:

	Koncentráció mg/m^3
Szagérzékelési küszöb	0,1
Szemgyulladás	0,5
Torok ingerlési küszöb	0,6
Orrban szűrő érzés, szemfájás	3,1
30 percig elviselhető (könnyezés)	5,6
Erős könnyezés (amely egy órát tart !)	17,8
Életveszély, tüdőödéma, tüdőgyulladás	37,5
Halál	125

9.1 FORMALDEHID FORRÁSOK A BELSŐ TÉRBEN.

A formaldehid számtalan használati tárgynak és anyagnak egyik összetevője, általában vegyileg kötötten, főként magasabb molekulatömegű vegyületek formájában. Ilyen anyagok:

- építkezési anyagok, hőszigetelők (urea-formaldehid és fenol-formaldehid gyanták)

- préselt farostlemezek kötőanyaga, ragasztója.

- ragasztók, tartósítószer.

- festékekben használt adalékok.

- kórházi fertőtlenítő oldatok.

Más forrásai a formaldehyidnek:

- belsőégésű motorok

- ipari tevékenység (műgyanta gyártás, ragasztó gyártás)

- vízalapú festékek tartósítása

- textilipar, szőnyegek.

- cigarettafüst

Ezek az anyagok az oxigénnek és az ultraibolya tartományban található, rövid hullámhosszú fénykvantumoknak a hatására, idővel bomlanak és szabaddá tesznek kisebb-nagyobb mennyiségben formaldehyidet. Így az kötött formából gázfázisba kerül, szennyezve a belső teret. Ezzel párhuzamosan az állati metabolizmus eredményeként a levegőbe kerülő szénhidrogének és más szerves anyagok a szabadgyökökkel oxidációs folyamatokat szenvednek és ennek terméke ugyancsak formaldehyid is lehet. A mindennapi tevékenység során, a sütés-főzés idején, számottevő formaldehyid mennyiség kerülhet a légtérbe. Ennek oka a metánnak oxidálódása az égés folyamán. A formaldehyid nemcsak a belső térben, hanem a külső térben is kimutatható.

9.2 FORMALDEHID KONCENTRÁCIÓ ÉS HATÁSA A BELTÉRBE.

Az évek során végzett mérések azt bizonyították, hogy nem csak a formaldehyid, hanem a magasabb aldehidek is jelen vannak a belső terekben. Így a megengedett határértékek számításánál figyelembe kell venni a másféle aldehidek jelenlétét is. A megengedett határkoncentráció számításánál a következő összefüggést ajánlják [12] :

$$\frac{c_1}{C_1} + \frac{c_2}{C_2} + \frac{c_3}{C_3} < 1$$

ahol: c_1 mért [CH₂O]

c_2 mért [akrolein]

c_3 mért [acetaldehid]

$C_1 = 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm)

$C_2 = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,02 ppm)

$C_3 = 9000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5 ppm)

A szerves anyagok égésekor nem csak formaldehid, hanem magasabb aldehidek is keletkeznek. Az akrolein már $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ töménységben panaszokat okoz. Az acetaldehid kevésbé irritáló. A fenti C_1 , C_2 és C_3 koncentrációk 5- 10 –szer alacsonyabbak, mint a mérések alatt panaszokat okozó töménység [12].

Ugyanakkor a szintetikus anyagok égetésekor is keletkeznek aldehidek. A veszélyre való tekintettel a megengedett határt $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ értékre szándékoznak csökkenteni.

A kinti levegő átlag formaldehid tartalma:

Falusi környezet

Városi környezet

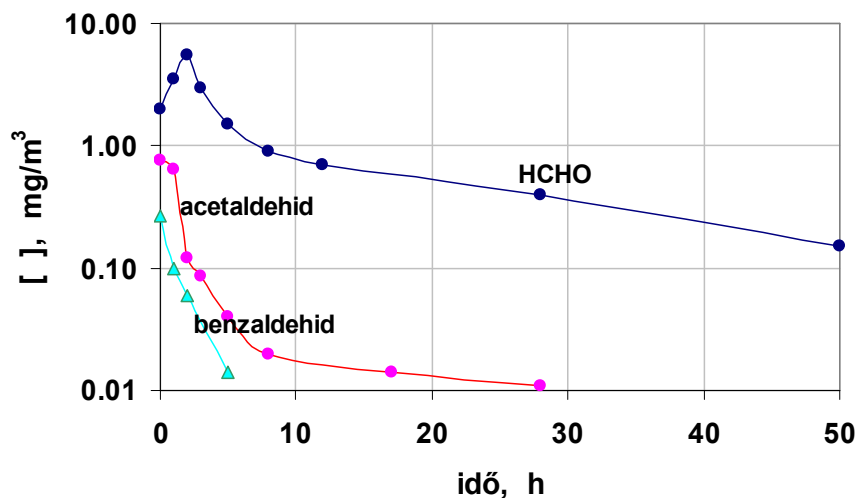
$1 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

$5 - 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

A mért adatok szerint, a belső térben való tartózkodás időtartamától függően változik a belélegzett formaldehid mennyiség:

	Tartózkodási arány %	[CH ₂ O] mg/m ³	Belélegzett CH ₂ O (~ 20 m ³ /nap) mg
Munkahely	25		
- irodahelység		0,04 – 0,16	0,2 – 0,8
- ipari beltér		1	5
Otthon	65		
- hagyományos ház		0,04 – 0,15	0,5 – 2
- előregyártott elemek		0,08 - 0,8	1 – 10
Dohányzás (20 cigaretta/nap)			1 – 5

A műanyag alapú építkezési anyagokból a belső térbe kerülő aldehidek mennyisége idővel csökken [13]:



A lakóházakban mért aldehid mennyiségek a formaldehyd és acetaldehyd kivételével, alacsony értékeket mutatnak [14] :

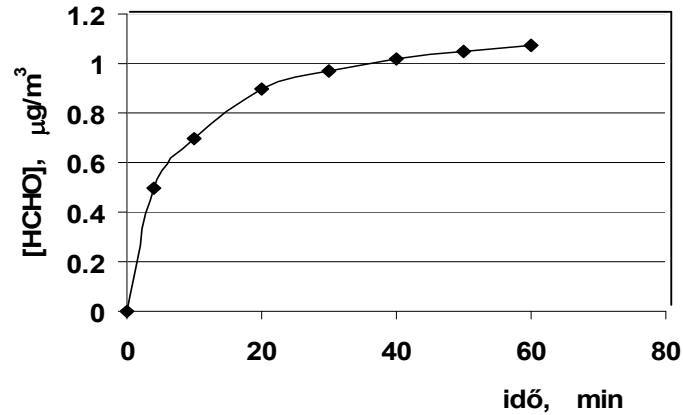
Középérték 72 házban mérve.

	µg/m ³
formaldehyd	44
acetaldehyd	30
propanal	< 8
butanal	2,3
pentanal	< 4
hexanal	9,4
heptanal	1,1
octanal	1,7
nonanal	7,3
decanal	3,5

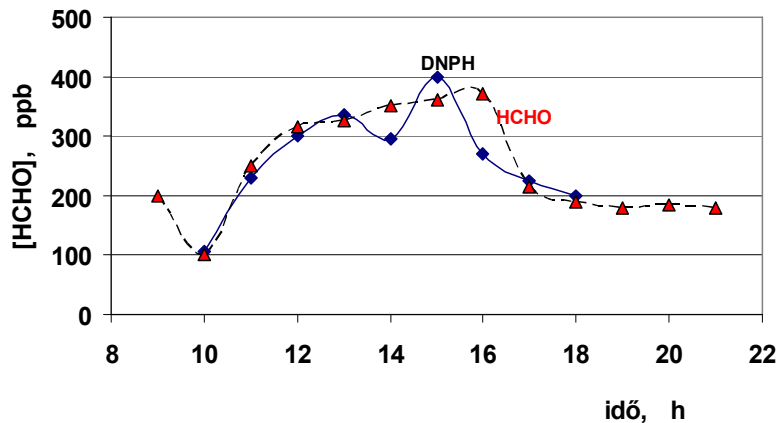
A meghatározást DNPH –al végezték (lásd később).

A belső térben mért formaldehyd mennyiségének változása hasonlóságot mutat a MET és MVK koncentrációjának a változásával. A szénhidrogének szabadgyökös oxidációjánál keletkező formaldehyd mennyisége aránylag rövid idő alatt állandósul, a görbe aszimptotikusan közelít a 1 µg/m³ határértékhez. Ez az időintervallum pár tíz perc, ami a

szabadgyökös mechanizmus mellett szól. Ennél a mennyiségnél a formaldehid a felső légutak nyálkahártyáiban nyelődik el és nem jut le a tüdő alsóbb régióiba:

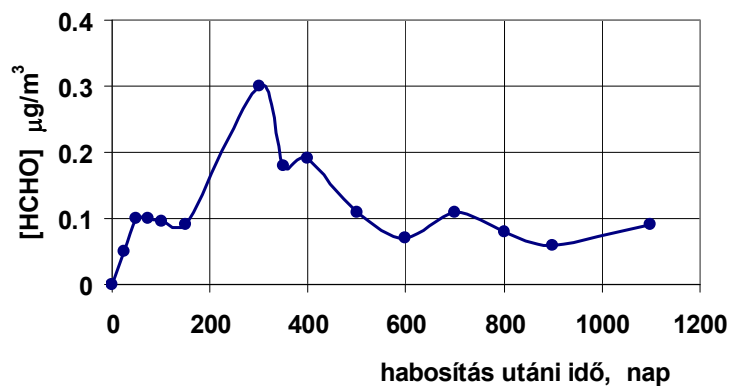


A formaldehid koncentrációjának meghatározását általában két módon végzik. Pillanatnyi értéket vagy hosszabb időintervallum alatt begyűjtött átlag próbának a mennyiségét határozzák meg. A két mérés között jó egyezést mutattak ki a kutatók [15]:



A HCHO görbe értékeit egy folyamatosan működő (direkt) készülékkel mérték, míg a DNPH-vel jelzett görbe értékeit egy abszorpciós csőben dinitro-fenilhidrazinnal egy óra alatt megkötött formaldehid meghatározásával nyerték.

Mivel az építkezéseknél szigetelő anyagként olyan habosított műanyagot használnak amelynek egyik komponense formaldehid, és ebből a belső térbe amint azt már láttuk formaldehid kerül, meghatározták egy modern anyagokkal felújított ház belső terében hosszabb időszakban a HCHO mennyiségét [16]:

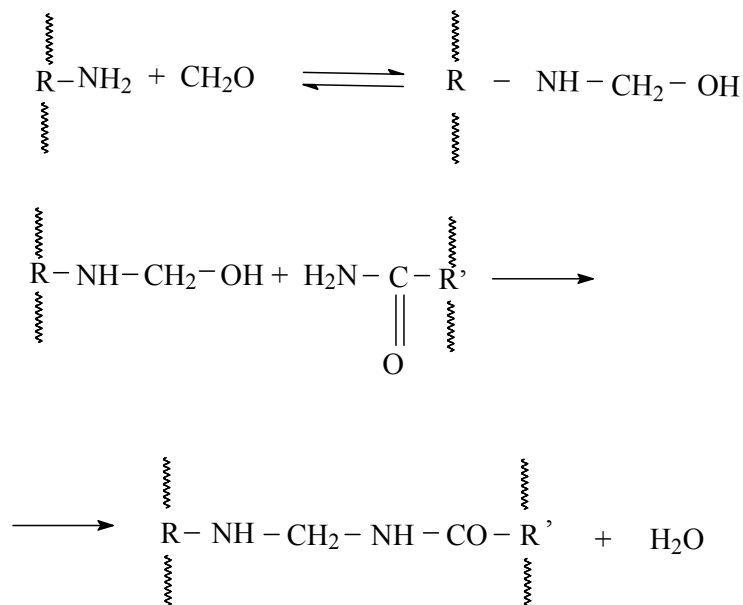


A ház felújításakor ureo-formaldehid gyantát használtak. A felújítás után mért 12 hónapos átlag formaldehid koncentráció 0,038 mg/m³ volt.

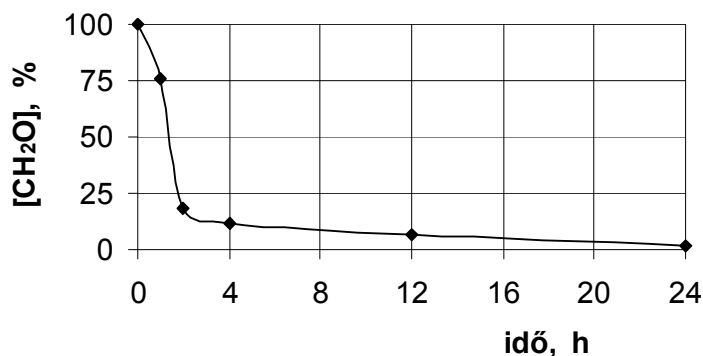
A beltéri levegő szerves anyag szennyezői leggyakrabban a szénhidrogének, aldehidek és más szerves vegyületek, de a szénhidrogéneket mindig kíséri a formaldehid. Ezeknek a vegyületeknek a koncentrációja magasabb mint a külső térben [17]:

Belső téri próba sz.	CH ₂ O µg/m ³	toluol µg/m ³	benzol µg/m ³
1	18	23	11
2	17	26	11
3	17	17	11
Kinti levegő	2	9	6

A formaldehid belső térben bekövetkezett koncentrációváltozását nyomon követve abban az esetben amikor újabb szennyező anyag nem kerül a térbe, azt állapították meg, hogy a kezdeti töménység hamar csökken abban az esetben amikor a belső térben gyapjából készült textíliák, anyagok voltak [18]. Ez a jelenség nem volt észlelhető azokban a helyiségekben, ahol csak műanyag berendezés volt. A próbákat elvégezték egy speciális mérőkamrában is, az eredmények hasonlóak voltak. Azt tapasztalták, hogy az eredeti 300 ppm formaldehid koncentrációnak 97 %-át a gyapjú megköti. Ennek a folyamatnak a mechanizmusa érthető, ha a gyapjú vegyi összetételét nézzük. A gyapjú alapanyaga a keratin, amely a gyapjú tömegének több mint a 95 %-át teszi ki. A keratin polimer molekula oldalláncaiban amin és amid csoportok találhatóak : - NH₂ és H₂N-CO-R, amelyek reagálnak a CH₂O – val:



A formaldehid koncentrációja a meghatározás első óráiban rohamosan csökken, a kiinduló mennyiségből 4-5 óra múlva csak 5-6 % marad:



A belső térben található formaldehidnek a leggyorsabb és biztonságos eltávolítási módja a megfelelő szellőztetés, vagy a speciális légkondicionáló berendezés, amely megköti a formaldehidet. Természetesen nem csak a formaldehid, hanem a többi aldehid is ugyanilyen elbírálás alá esik. Az aldehidek aránylag könnyen oxidálódnak, így a lebontásuk a levegő oxigénjével a lebegő szilárd anyagokban található katalitikus hatású vegyületek jelenlétében, valamint a szabadgyökökkel természetes úton is bekövetkezik. Mindezek ellenére mind a VOC mind pedig az aldehidek komoly problémát jelentenek, nagy erőfeszítéseket tesznek a

kutatók és a különböző anyagokat termelők, hogy olyan termékeket állítsanak elő, amelyekből nem kerül számottevő szennyező anyag a belső térbe.

10. NITROSAMINOK A BELSŐ TÉRBEN.

Az analitikai módszerek finomulása lehetővé tette, hogy olyan vegyületeket határozzanak meg, amelyek nagyon kis mennyiségben vannak jelen a belső terekben. Ilyen anyagok az **N-nitrozo** vegyületek, a nitrosaminok.

Ezek a vegyületek részben a különböző vegyipari belső terekben találhatóak, ahol a technológiai folyamatban olyan vegyületeket használnak amelyekből azok felszabadulhatnak, vagy a lakóházakban keletkeznek mint másodlagos (szekunder) szennyezők.

Bármely legyen is a forrásuk, a nagymértékű veszélyességük miatt a figyelem középpontjába kerültek. Az állatkísérletek bebizonyították, hogy az N-nitrosaminok már kis mennyiségben is rákos daganatokat okoznak. [19].

Ezek a nitrosaminok a következők.

N-nitrozo-dimetilamin	NDMA
N-nitrozo-pirolidin	NPYR
N-nitrozo-piperidin	NPIP
N-nitrozo-morfolin	NMOR

Ezeket a komponenseket határozták meg műszeres analitikai módszerekkel (lásd később) és a koncentrációjuk a belső zárt terekben 3 - 14 ng/m³ között változott. Az emberre gyakorolt hatásáról nem sokat tudunk, csak állatokkal folytatott kísérletek ismertek. Valószínű, hogy az emberre is hasonló a hatásuk mint az állatokra.

11. POLICIKLUSOS AROMÁS VEGYÜLETEK.

A kondenzált policiklusos aromás vegyületek, **PAH** (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), nem illékony, szilárd anyagok, amelyek nagyrészt oldhatatlanok a vízben. A belső terek levegőjében – ipari terek, közszolgálati épületek és lakóházak - szemmel nem látható finom, mikrométer méretű szilárd lebegő anyag, por található. Ezek a lebegő részecskék részben szilikát alapú szervetlen vegyületekből, részben pedig szerves anyagokból állnak. A szálló porból több mint 100 összetevőt azonosítottak. Ezeknek zöme a külső térből

kerül a belső terekbe, - belsőégésű motorok, ipari egységek, természetes tüzek, kémények, meteorológiai jelenségek mint a szél, vulkánok, - de nem elhanyagolható a belső forrás sem. Számtalan forrása van a belső térben is a PAH-nak. A lebegő szilárd anyagok közül különösen fontos a szerves PAH. Ennek belső forrása a szerves anyagok égetése – kályhák, főzés – különösen a nem jól szigetelt, technikailag kifogásolható fűtő berendezések, a nem jól szigetelt, tömített kályhák. Egy másik fontos forrása a PAH-nak a cigarettafüst.

A cigarettafüst egy komplex keveréke a különböző vegyületeknek, mint a CO, CO₂, NO_x és a nagy számú szerves gőz és szilárd anyag. A cigarettafüstből több mint 50 vegyületet azonosítottak, amelyekből 12 komolyan károsítja az egészséget, és rákkeltők. Ilyen veszélyt jelent a vinilklorid, 2-naftilamin, benzpirén, CH₂O stb.

A polikondenzált aromás szénhidrogének nem csak a dohányosokat károsítják, hanem a passzív dohányzás is hasonló, de méreteiben nem nagyon különböző veszélyt jelent. Kimutatták, hogy a dohányzó anyák között jóval nagyobb a koraszülés mint a nem dohányzók esetében. Ugyanakkor a csecsemő szellemi fejlődésében is számottevő rendellenesség mutatható ki a dohányzó anyák esetében. A csecsemő immun rendszere szintén károsodhat. A szülési rendellenesség, az asztma gyakorisága, a csecsemő halálozási arány valamint a spontán abortusz veszélye mind növekedik a dohányzó anyák esetében.

A PAH mérések azt mutatták, hogy a külső térben nagyobb mennyiség van városban mint vidéken:

Külső tér : 0,1 - 60 ng/m³ városban
 0,001 – 2 ng/m³ vidéken

A belső terekben nemcsak a PAH tartalmú szilárd szerves anyagok találhatóak, hanem más, különösen a háztartási szerekből származó szilárd anyagok is megtalálhatók. Ilyen szerves vegyületek a lineáris alkilbenzolszulfonátok (LAS) a háztartási porban. Az átlag portartalom takarítás előtt és után a következő értékeknek felelt meg:

Takarítás előtt : 100 – 2000 mg/m²
Takarítás után : 50 – 1400 mg/m²

A LAS mennyisége a porban 20 – 480 µg/m² értékek között változott. [20]. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a belső terek, lakóházak vagy intézmények zárt tereiben a takarító szerek használata mindig forrása a szilárd szerves vegyületeknek.

Úgy tűnik fontos megfogalmazni azokat a szabályokat, amelyek a zárt belső terek takarításával kapcsolatosan felmerülhetnek, függetlenül attól milyen rendeltetésű térről van szó.

12. HÁZTARTÁSI SZEREK SZENNYEZŐ ANYAGAI.

A háztartási szerek és tárgyak - mosó, fertőtlenítő és tisztítószer, festékek-lakkok, kozmetikumok, ragasztók, tapéták, szőnyegek hobby-szerek stb. - nagyszámú VOC és más szennyező anyag forrása. A belső terekbe ezeknek használata és tárolása közben kerülnek a légtérbe a szennyezők. Egyes légtérbe kerülő szerves anyagok, ha nagy mennyiségben jutnak a levegőbe, adszorbeálódnak a berendezési tárgyak és textíliák felületére és később onnan deszorbeálódhatnak (pl. a cigarettafüst komponensei vagy tisztítószer), mintegy meghosszabítva a szennyeződés időintervallumát. Ezek az anyagok a nagyon toxikusok a hatástalanokig terjednek.

A káros anyagok elsődleges hatásai a következők:

- szem és légúti panaszok, nátha, látási zavar
- fejfájás
- egyes anyagok állatpróbáknál rákot okoznak.

A szerves anyag légtérbe kerülésének megelőzésére és mennyiségének csökkentésére a következőket lehet javasolni:

a. Minden szert csak az utasításoknak megfelelően szabad használni. Ha az utasítás úgy szól, hogy csak a kültérben vagy jól szellőztetett helyiségben ajánlott a szer használata, akkor ezt maradéktalanul be kell tartani.

b. Az üres csomagoló edényeket, palackokat, ne tartsuk a belső térben. Az esetek döntő többségében a lassú diffúzió miatt a műanyag palack falán keresztül is a belső térbe kerül az anyag bizonyos mennyiségben, szennyezve a levegőt.

c. Ne vásároljunk nagy mennyiséget, különösen a ritkán használt anyagokból : festék, oldószer, hígító anyagok, ragasztók stb. Csak annyit vigyünk a belső térbe, amennyit el is használunk.

d. A klórozott oldószerekkel és az azokat tartalmazó szerekkel bánjunk nagyon óvatosan. A metilénklór oldószert tartalmazó termékekből – festék eltávolító, ragasztót eltávolító szerekből – a levegőbe kerülő oldószer lélegzés útján a szervezetbe kerülve lebomlik CO-dá és az arra jellemző tünetekkel mérgező.

e. Az aromás szénhidrogéneket (benzol és származékai, homológjai) el kell kerülni, bizonyítottan rákkeltők. (dohányfüst, kályhák füstje, festék oldószer, benzin).

f. A vegytisztítás után a textíliákat, ruhákat nagyon jól ki kell szellőztetni, azok általában perklóretilént tartalmaznak. Ez az oldószer laboratóriumi körülmények között állatokon rákot okoz.

13. BIOLÓGIAI SZENNYEZŐK A BELSŐ TEREKBEN.

A belső tér számos biológiai eredetű szerves eredetű anyaggal szennyeződhet:

- baktériumok
- gombák (penész)
- vírusok
- állati termékek, macskanyál stb.
- poratka
- bogarak (svábbogár, ruszli stb.)
- virágpor
- emberi eredetű szerves anyagok (kilélegzett levegő, izzadság, bőr, stb.)
- rágcsálóktól származó anyagok (ürülék, vizelet, allergogén proteinek).

A belső tér paramétereivel lehet bizonyos határok között szabályozni a szennyező anyagok mennyiségét, különösen a relatív nedvességtartalommal. Ennek értéke ajánlott, hogy 30 – 50 % között legyen.

A poratka élettevékenysége miatt olyan allergogén anyagok kerülnek a létérbe, amelyek erős biológiai szennyezők. Ezért a poratkák számát korlátozzák, a Norvég norma szerint < 50/ g por a megengedett mennyiség [21]. A gombák toxinokat termelnek, amelyeket a központi kondicionáló berendezés elterjeszt az egész épületben és egészségügyi gondok forrásai lehetnek : irritált szem, allergia, asztma, légúti nyálkahártya gyulladás, köhögés, fejfájás, fáradékonyság, láz.

Az allergia általában többszöri kitettség után jelentkezik, de a kis koncentrációban jelen lévő szennyezők esetében hosszú, folyamatos terhelés után is jelentkezhet.

A gombák metabolizmusának termékei nagyon változatosak lehetnek [22]. Ezeknek a meghatározására HPLC-t és TD/GC/MS (hődeszorpció, gázkromatográf, tömegspektrométer) készülékeket használtak:

- 1-butanol
- 2-etil-1-hexanol
- acetaldehid

- ecetsav
- aceton
- acetonitril
- benzaldehid
- benzol
- formaldehid
- metil-etil keton
- fenol
- xilol

A biológiai szennyező anyagok mennyiségének csökkentése csak hathatós intézkedésekkel lehetséges. Ezeknek tartalmazniuk kell:

- a kondicionált levegő egészét, vagy lehetőleg nagy részét, a külső térből kell venni és megfelelő szűrőzés és hőmérséklet valamint relatív nedvességtartalom beállítás után juttatni a belső térbe, nem pedig kizárólag belső recirkulációt alkalmazni. Kivételt képez az a helyzet, amikor megfelelő műszaki berendezésekkel tisztítani lehet a beltéri levegőt : szűrő, nedvesítő, szerves anyag kiválasztó stb.).

- a fürdőhelységek, konyhák, vagy más belső terek, amelyek égéstermégeket és más vegyületeket, nedvességet termelő folyamatok színtere (pl. szárító), külön szellőztetése.

- megfelelő szigeteléssel meg kell gátolni a pára lecsapódását. A harmatpont ne a fal belső felületén, vagy annak közelében legyen.

- megfelelő takarítás, annak gyakorisága és főleg ne olyan szerekkel, amelyek a belső tér újabb terhelését jelentik.

Az igazsághoz tartozik az is, hogy a túlságosan tisztán és főként sterilen tartott belső terek nem mindig célravezetőek. Gondolni kell itt a csecsemőkre, akik számára „biztosítani” kell bizonyos mennyiségű biológiai szennyező anyagot az immunrendszerük megfelelő fejlődésének érdekében. Ez természetesen azt jelenti, hogy nagyon körültekintően kell eljárunk, nem szabad túlzásba esni.

14. IRODAGÉPEK ÁLTAL KIBOCSÁTOTT ANYAGOK.

A modern élet elkerülhetetlen velejárója a nagy számú irodagép. Ide tartoznak a számítógépek, faxok, fénymásolók, nyomtatók stb.

A mérések azt állapították meg, hogy az irodagépek, használjuk azokat az irodában vagy otthon, mindig forrásai a szennyező, főleg szerves anyagoknak és az ózonnak.

Ezen készülékek által kibocsátott TVOC és ózon hatására számtalan egészségügyi panasz tapasztalható: fejfájás, nyálkahártya irritáció, száraz torok, szem és orr gyulladás.

A készülékek által kibocsátott szennyező anyagok mennyiségét speciális kamrákban (lásd később) mérték.[23]. Az eredményeket az alábbi táblázat tartalmazza mg/m³-ben:

Szennyező anyag	LASER nyomtató	fénymásoló	PC
TVOC	0,63	0,87	0,28
Lebegő por	0,02	0,03	0,001
O ₃	0,01	0,1	< 0,001
Szerves vegyület:	1-butanol	acetaldehid	1-fenil etanon
	aceton	aceton	2-etil-1-hexanol
	etilbenzol	benzaldehid	etilbenzol
	formaldehid	formaldehid	etil-hexil propil észter
	hexanal	hexán	hexametil-ciklo trisziloxán
	metil-propil nonán	nonanal	metilakrilát
	oktametil ciklotetra-sziloxán	oktanal	fenol
	pentametil heptán	sztírol	triklór etán
	sztírol-xilol	xilol	toluol-xilol

A kinti levegőn mért adatok a következők voltak:

Ózon < 0,001 ppm	T = 23 ± 2 °C
TVOC < 2 µg/m ³	Rel.nedv. = 50 ± 5 %
CH ₂ O < 2 µg/m ³	

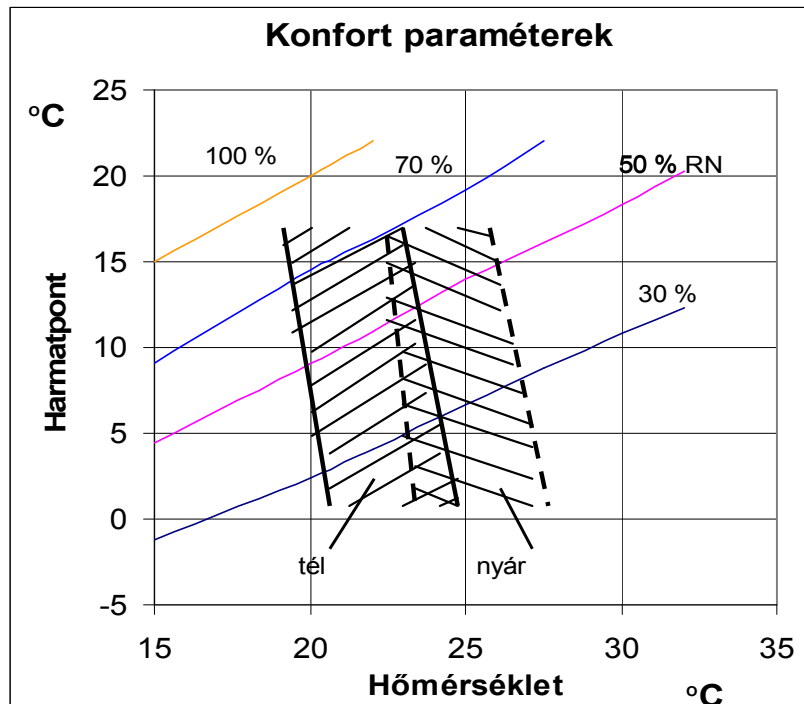
Az irodagépek által kibocsátott szennyező anyagok mennyisége a legnagyobb az új készülék esetében, az első bekapcsolás utáni időszakban. A kibocsátás csökkenése egyenesen arányos a használati idő növekedésével. A legerősebben szennyező készülék a fénymásoló és a nyomtató. A szennyezés csökkentése érdekében a készülék működtetéséhez szükséges anyagok gyártásánál olyan vegyületeket használnak, amelyek nem, vagy csak kis mennyiségben tartalmaznak illó és szennyező anyagokat. Az ózonkibocsátás egyelőre nem szüntethető meg, de szellőzéssel nagy mértékben csökkenthető.

Az irodagépek nem csak vegyi szennyező anyagokat, hanem sugárzást is bocsátanak ki. A hagyományos monitoroknak különösen a hátsó fele, számottevő sugárzást bocsát ki. Ezért nem ajánlott a hosszabb ott tartózkodás. Ezért a hagyományos monitorokkal ellátott internetes helységekből teljesen hibás az olyan készülék elhelyezése, amely lehetővé teszi a készülék hátsó felénél való tartózkodást.

15. KELLEMES BELSŐ KLIMA ÉS LEVEGŐMINŐSÉG.

A megfelelő minőségű levegő biztosítása nem csak ajánlott, hanem a munkahelyen kötelező is. Ezért nagy figyelmet kell szentelni mind a szennyező anyagok meghatározásának, mind pedig a légtérbe való kerülés megakadályozásának és az abból való eltávolításának. Ennek érdekében meg kell határozni a megengedett koncentrációk nagyságát és akkumuláció esetén a szennyezők eltávolításának módjait.

A belső terekben tartózkodók komfortérzése akkor kielégítő, ha a levegő paraméterei a biológiai követelményeknek megfelelnek. Mindenek előtt a hőmérséklet tartományát és a relatív nedvességtartalmat kell rögzíteni. Ez a két paraméter részben egymástól függő. A komfort tartomány kissé különbözik télen és nyáron [1] :



A kellemes belső klímának és a levegő minőségének fontosságát nem kell részletezni, hiszen mind a munkahelyen, mind pedig a lakásokban a munka hatékonyságának és az otthoni kellemes pihenésnek ez az első feltétele. Egy hosszú ideig végzett Finnország-i felmérés, amelyet egy kétszintes lakóházban végeztek hat hónapon át különböző szellőztetési körülmények között, a következő eredményeket adta [24] :

Jól szellőztetett lakás.

Paraméter		Nappali	Hálószoza	Megengedett
TVOC (toluol eq.)	mg/m ³	0,16	0,15	< 0,2
NH ₃	mg/m ³	0,015	0,017	< 0,02
CH ₂ O	mg/m ³	0,012	0,009	< 0,03
Rn	Bq/m ³	100	90	< 200
Spóra	cfu/m ³	17	25	< 500
Baktérium	cfu/m ³	480	500	< 4500

Gyengén szellőztetett lakás.

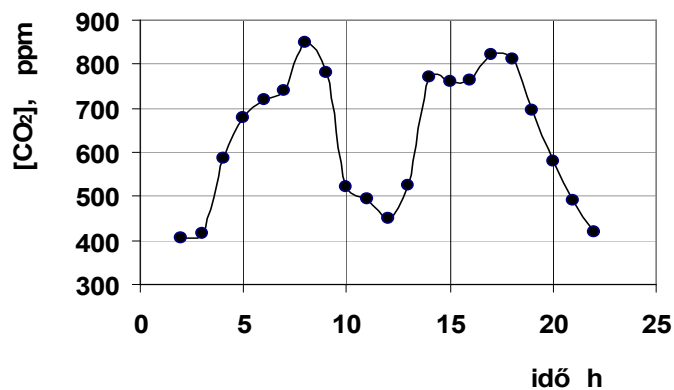
TVOC	mg/m ³	0,71	0,69	Ibid
NH ₃	mg/m ³	0,022	0,047	
CH ₂ O	mg/m ³	0,035	0,043	
Rn	Bq/m ³	130	110	
Spóra	cfu/m ³	79	39	
Baktérium	cfu/m ³	340	210	

Ismételten bebizonyosodott a szellőztetés hatása. Ennek különösen nagy fontossága van azokban a belső terekben, ahol nagyszámú ember tartózkodik vagy dolgozik. Például egy egyetemi előadóteremben mért értékei a CO₂ és ²²²Rn koncentrációinak nagy eltéréseket mutatnak a szellőztetés függvényében. A meghatározások eredményeként javasolták a szellőztetés optimalizálását, szenzorokkal és számítógépes vezérléssel.

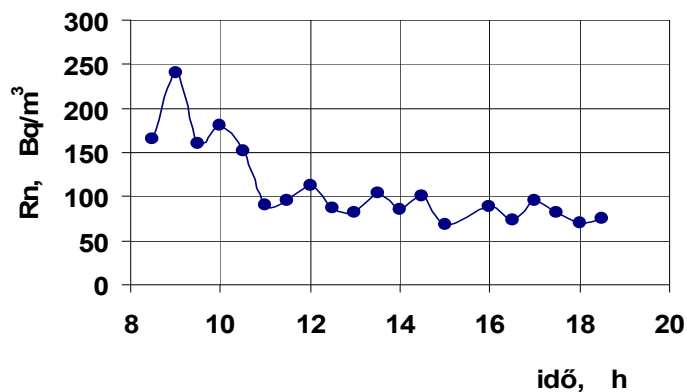
A szellőztetés megfelelő beállításával a ²²²Rn és CO₂ koncentrációt sikerült a megengedett értékek alá csökkenteni : [CO₂] = 1000 ppm és ²²²Rn = 200 Bq/m³.

Az előadó terem méretei : V = 500 m³, S = 150 m² és n = 130 diák.

Az alábbi diagrammban egy Hong-Kong-i egyetem előadó termében mért adatok találhatóak [25] .



A CO₂ koncentráció változása az idő függvényében.



A ²²²Rn koncentráció változása az idő függvényében.

A belső tér szennyeződésének minél alacsonyabb szinten való tartása érdekében, az új lakások építésénél ajánlatos figyelembe venni a következő megfontolásokat, mint alapszabályokat:

a. Az építkezési anyagok beszerzésénél figyelemmel kell lenni azok összetételére és azok ²²²Rn emissziójára. A tervezésnél csak az EPA (Environmental Protection Agency) által ajánlott anyagokat kell használni. A szellőztető berendezés tervezésénél figyelembe kell venni a min. 0,35-szörös óránkénti levegőcserét. A szigetelő anyagokat a VOC kibocsátás figyelembe vételével kell kiválogatni.

b. A ^{222}Rn és nedvességtartalommal, és a nedvesség áteresztőképességgel rendelkező anyagokat kerülni kell. Nagyon lényeges a jó padlószigetelés, különösen a csak földszintes házak esetében.

c. A belső berendezéseket gondosan kell kiválogatni (szőnyeg, tapéta, ragasztók, bútor stb.), úgy, hogy minimális legyen a VOC kibocsátás.

d. Csak akkor foglaljuk el az épületet, ha az építkezésnél és a berendezésnél használt anyagokból származó szennyezők koncentrációja a megengedett értékek alá csökkent.

e. Az épület fűtő és főző berendezéseinek kiválasztásánál fegyelembe kell venni azok szennyező anyag kibocsátását, műszaki állapotát. Azokat a helységeket ahová ezeket a berendezéseket beépítik, külön szellőztetési lehetőséggel kell ellátni. Hasonló módon jól szellőztethető helység kell legyen a szárító is.

A fentieket csak úgy lehet betartani és figyelembe venni, ha rendelkezünk a megfelelő információkkal és analízisek eredményével. Ezért fontos megismernünk a meghatározások módszereit.

16. VOC MEGHATÁROZÁS ÉS PRÓBAVÉTEL.

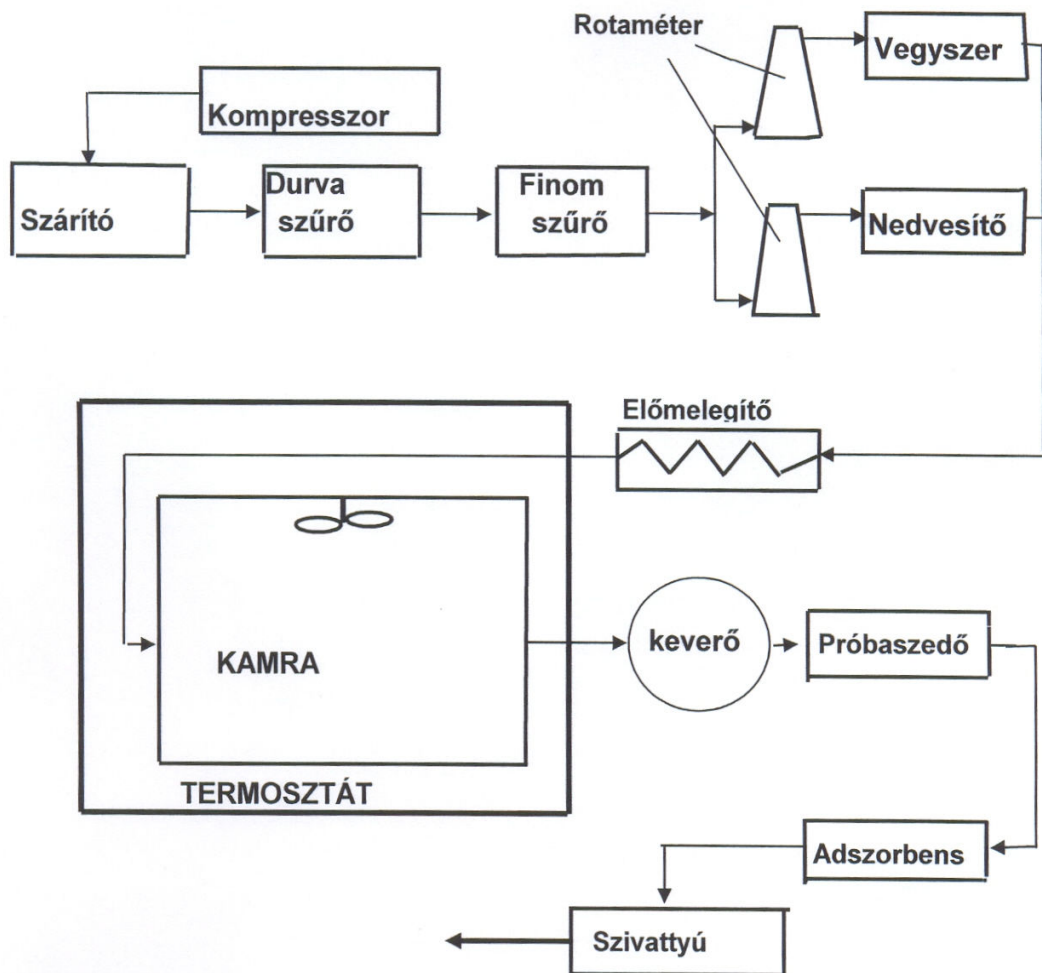
A belső tér szerves szennyező anyagainak meghatározására több módszer ismert. A meghatározásokat lehet direkt módon, folyamatosan mérő készülékekkel a belső térben elvégezni. Így pillanatnyi és gyors változások esetében pontosan lehet követni minden kis változást és teljes képet kapunk a szennyező anyag időbeni koncentráció változásáról.

A másik lehetőség az, hogy a belső térben található szennyező anyagot egy speciálisan kiképzett és a szennyező anyagot megkötni képes töltettel ellátott ún. abszorpciós csőben vagy készülékben nyeljük el, majd a laboratóriumban műszeres vagy hagyományos analitikai módszerrel határozzuk meg.

Egy harmadik, egyre gyakrabban használt módszer az ún. kiskamrás módszer, amelynek segítségével a különböző használati tárgyak és anyagok által kibocsátott szennyezőket pontosan meg lehet határozni.

A kamra mérete pár liter és több köbméter, gyakran 15-30 m³, között változhat. A nagyobb kamrák nagy tárgyak, épületelemek, gépek vagy együttesek VOC és más szennyező anyag kibocsátásának meghatározását szolgálják.

A kamra felépítését a következő ábrán lehet nyomon követni. Az ábrán a mérő berendezés fontos elemei találhatóak:



A vizsgálandó tárgyat behelyezik a kamrába, és az előírásoknak megfelelően elvégzik a méréseket. A behelyezett tárgyból a légtérbe kerülő anyagokat minőségileg és mennyiségileg meghatározzák.

A kamra anyaga vegyileg teljesen inert kell legyen, sima felületű, nem adszorbeáló anyag – acél, üveg stb. A kamrát termosztáttal veszik körül, amely biztosítja az állandó hőmérséklet megtartását. A kamrának csatlakozásai kell legyenek:

- levegő ki és bevezetés
- hőmérséklet, nedvességtartalom és levegő áramlási sebesség mérési lehetőség számára.

A belső homogén légteret ventilátor biztosítja. Levegő helyett lehet más gázt is használni. A kalibrációs görbék felvételének céljából az ismert vegyszer adagolási lehetőségét

biztosítani kell. Erre a célra a rotaméter utáni készülékbe pontosan ismert minőségű és mennyiségű vegyszert lehet befecskendezni.

A vegyszer levegőben (vagy más mérőgázban) történő homogén eloszlását elméleti számításokkal és gyakorlati mérésekkel ellenőrzik. A homogenitás próbát általában SF₆ gázzal végzik. A számítást a következő összefüggéssel lehet elvégezni:

$$C = C_0 (1 - e^{-Nt})$$

ahol:

C - töménység a kamrában mg/m³

C₀ - bevitt koncentráció mg/m³

N - levegőcsere h⁻¹

$$N = \frac{Q}{V}$$

Q - levegőmennyiség m³.h⁻¹

V - kamra térfogat m³

t - idő h

Ha a számított és mért adatok közeli, a kamra jónak tekinthető. (Δ < 10 %).

A levegő szolgáltatására olajmentes kompresszor szükséges. A levegőcsere maximális értéke 3/ óra. A levegő nedvesítésére vegytiszta vizet szabad csak használni.

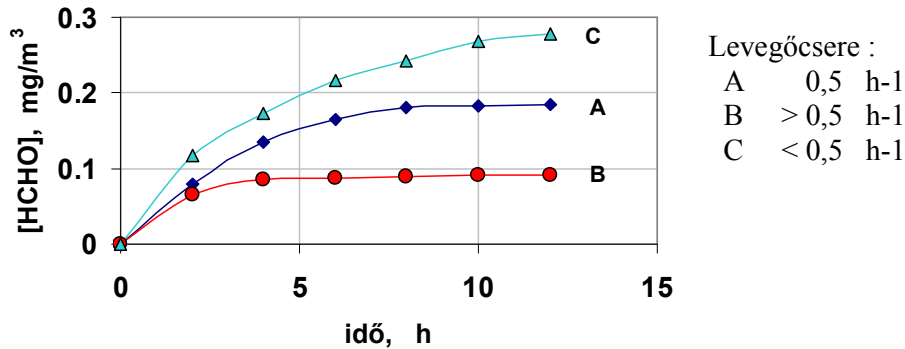
A szennyező anyagnak az adszorpciójára olyan abszorpciós csöveket használnak, amelyekből az adszorbeált anyagot max. 250 °C-on hődeszorpcióval vagy oldószeres kioldással készítik elő a meghatározásra. A kamrából való próbagyűjtés után, az abszorpciós csöveket -20°C -on való tárolással védik az esetleges vegyszer veszteségek ellen.

A leggyakoribb meghatározási módszer a GC-val való analízis, amelyet MSD (mass selectiv detector), FID (flame ionization detector) vagy ECD (electron capture detector)-okkal szerelnek fel.

Abban az esetben, amikor a szennyező anyag próbáit a terepen gyűjtik be, vagy ott végzik az analízist, pontosan ki kell dolgozni a próbavétel stratégiáját. Ennek leírását találhatjuk meg a szakirodalomban [26].

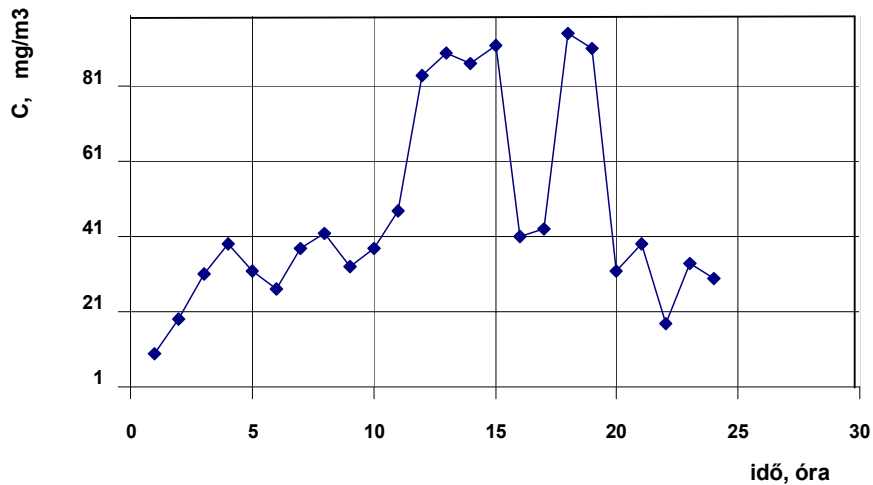
A belső terek szennyező anyagainak a koncentrációja nagy mértékben függ a térszellőzésétől. Az egyensúlyi koncentráció a levegőcserétől függ. Nagyobb számú levegőcsere

esetében rövidebb idő alatt alakul ki az egyensúlyi koncentráció, míg alacsony sebességnél csak hosszú idő múlva. Ezt szemlélteti az alábbi diagramm:



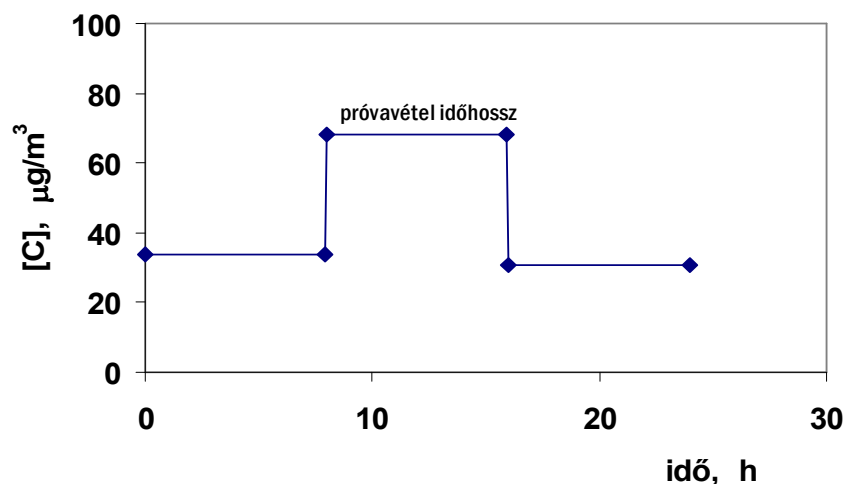
Ha a levegőcsere $\sim 1 \text{ h}^{-1}$, az egyensúlyi koncentráció ~ 3 óra alatt beáll.

A próbavétel mikéntjét az is meghatározza, hogy milyen gyorsan változik a szennyező anyag koncentráció időben. Ettől függően kell megválasztanunk, hogy átlagpróbát veszünk, vagy a folyamatos mérést részesítjük előnyben. A folyamatos meghatározás a gyorsan változó koncentrációk esetében ajánlott. Ebben az esetben ha átlagpróbát veszünk, az információvesztéshez vezet. Ezt láthatjuk az alábbi diagrammokban. A folyamatos meghatározás a széles intervallumban változó koncentrációt jól követi:



Ha nyolc órás átlagpróbát veszünk (szakaszos próbavétel), a finom változások elvesznek és csak a nyolc órás átlagértékek maradnak meg, ami nem mond semmit az időben sűrűn változó koncentrációról. Így nem tudjuk nyomon követni a rövidebb időintervallumban

bekövetkezett változásokat:



16.1. APRÓBAVÉTELNÉL HASZNÁLT ADSZORBENSEK.

Az adszorbensek kiválasztásánál fontos tényező, hogy milyen típusú a szennyező anyag. Mindig a szennyező vegyület tulajdonsága kell meghatározza a választott adszorbens milyenségét. Az adszorbensek legfontosabb tulajdonsága a nagy fajlagos felület és az ehhez kapcsolódó kapilláris méret valamint felületi polaritás:

Szennyező vegyület	Forráspont, °C	Adszorbens
VVOC	< 0 - 50~100	Aktív szén
VOC	50~100 – 240~260	TENAX Aktív szén
SVOC	240~260 – 380~400	PUF vagy XAD-2
POM (particulate organic matter)	> 380	Szűrő

A VVOC és VOC meghatározásánál a nagyon aktív adszorbenseket kell használni, és gyakran a kis koncentrációjú szennyezők esetében nagyon hosszú idejű próbavételt. Ha a szennyező vegyület koncentrációja az 1 – 2 µg/m³ tartományban van, a próbavételi idő elérheti a 10 – 14 napot.

A gázokat és gőzöket nagy fajlagos felületű és kis pórusokkal rendelkező

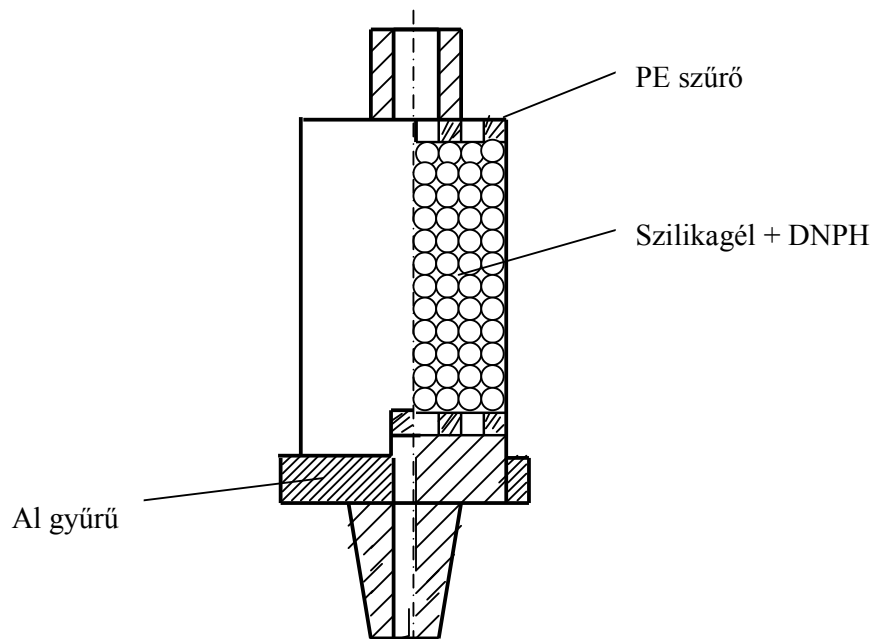
adszorbensekkel nyeltek el. A pórusok mérete mellett a szemcsenagysággal is jellemzik adszorbenseket. Mindig figyelemmel kell lenni az elnyelendő anyag poláros voltára, molekulatömegére és gőztenziójára. Minél nagyobb az adszorbens fajlagos felülete, annál illékonyabb vegyületet képes adszorbeálni.

Az adszorbensek főbb jellemzői a következők:

ADSZORBENS TÍPUS	JELLEMZŐK	NÉV	ADSZ./DESZ.
Aktív szén	$S_{sp} = 800-1200 \text{ m}^2/\text{g}$ Nagy adsz. képesség. Poláros felület		Oldószeres deszorpció Hődeszorpció Nagy hőstabilitás.
Szén molekulaszűrő	$S_{sp} = 400- 1000 \text{ m}^2/\text{g}$ Alacsony polaritás	Carbosive Amborsorb Carboxen	Hő és oldószeres desz. Vizet kevésbé adsz. Hőstabilitás
Grafitizált szén	$S_{sp} = 12-100 \text{ m}^2/\text{g}$ Apoláros	Carbotrap	Hődeszorpció Vizet gyengén adsz. Hőstabilitás
POLIMEREK.			
Polisztirol és kopolimerek.	$S_{sp} = 300-800 \text{ m}^2/\text{g}$ Változó polaritás	Chromosorb Porapak XAD	Hő és oldószeres desz. (XAD) Vízzel szemben kis aktivitás $T = 200-250 \text{ }^\circ\text{C}$
Fenil-fenilenoxid polimer.	$S_{sp} = 20- 35 \text{ m}^2/\text{g}$ Alacsony polaritás	TENAX	Hődeszorpció Alacsony víz adsz. $T < 375 \text{ }^\circ\text{C}$

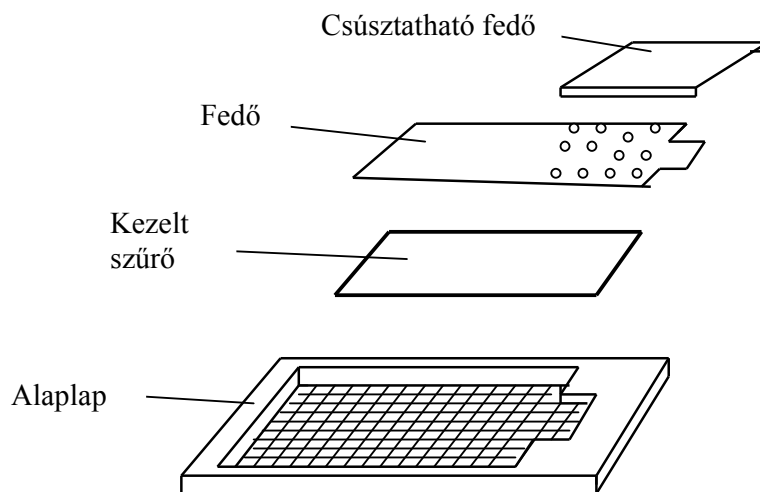
A szénelapú adszorbensek jól adszorbeálnak szénhidrogéneket és nagy a kapacitásuk.

Az oxigéntartalmú vegyületeket, pl. formaldehidet olyan adszorbensekkel lehet meghatározni, amelyek felületét vegyileg kezelték. Ilyen vegyszer a DNPH (dinitro-fenil hidrazid). A próbacsőből próbavétel után acetonitrillel kioldják és HPLC készülékkel határozzák meg a mennyiséget. Adszorpciós cső töltésként lehet használni szilikagélt is, DNPH-val impregnálva [27]. Egy ilyen próbacső vázlata a következő:



A passzív próbavevők fejlesztésének egyik állomása a személyes CH_2O (formaldehid) meghatározását célozta. Lindhal és munkatársai [28] egy nagyon egyszerű és könnyen használható eszközt dolgoztak ki, amellyel a $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ küszöbérték fölötti formaldehid koncentrációt mérni tudták. Ez a koncentráció $0,002 \text{ mg}/\text{m}^3/24$ óra kitettségnek felel meg.

A próbavevő felépítése a következő:



A szennyező anyagok meghatározásánál minden esetben el kell végezni a vakpróbát és a készülékek kalibrálását ismert mennyiségű szennyező vegyülettel. A fenti próbaszedőben a formaldehidet a DNPH hidrazonná alakulva köti meg, és ennek a mennyiségét mérték HPLC-UV detektoros készülékkel. A készülék meghatározási küszöbértéke $0,1 \text{ ng/m}^3$ hidrazon/próba volt, ami nagyon elfogadható érték.

Az adszorbens kiválasztásánál messzemenően figyelembe kell venni a veszteségeket és a tárolás hatását. A megfelelő hatások mennyiségét, ismert koncentrációjú próbákon elvégzett kalibrálásokkal határozzák meg. Ezek a veszteségek elkerülhetetlenek, mivel az adszorbensek (pl. a TENAX TA), a kisebb molekulatömegű komponenseket csak rövidebb ideig tartják vissza, vagy másodlagos reakciók csökkentik azok mennyiségét.

A VOC meghatározására a belső terekben, a kereskedelemben található adszorbensek közül a Tenax TA ajánlott. A nagyon illékony komponenseket és a terpének egyes tagjait nagyobb polaritású adszorbensekkel megkötni. A kis molekulatömegű aldehidek és aminok elnyelésére más adszorbens ajánlott.

A szakirodalom számtalan konkrét esetben ad leírást a belső terekben jelen lévő VVOC és VOC meghatározásra, különös tekintettel a műszeres analitikai módszerekre. Ez érthető, hiszen a szennyező szerves vegyületek koncentrációja alacsony és megbízhatóan csak nagyon érzékeny műszerekkel lehet azt megnyugtató pontossággal meghatározni.

KÖNYVÉSZET.

1. J.F.Samet, J.D.Spengler: „Indoor Air Pollution” The Johns Hopkins Univ. Press. Baltimore and London, 1991.
2. G.G Akland: Environmental Sci. Technol. 19, 911, 1985.
3. * * * „Indoor Air Pollution by NO_2 ”, CE Report nr. 3, 1989.
4. J.Johansson, A.Jansson, L.Olander Indoor Air '99, vol.4, p. 61. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999
5. D.L.Lin, W.W.Nazaroff: : Indoor Air '99, vol.4, p. 1055. . Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999
6. L.A.Wallace et all.: „Atmos. Environ.” 21, 385, 1987.
7. S.Muramatsu, T.Matsumura, S.Okamoto, M.Kadono, O.Komai: Indoor Air '99, vol.4, p.400. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999

8. B.Lundgren, L.Rossel, B.Jonsson, B.Ek-Olausson, M.Sundahl, A.Sundvall: Indoor Air '99, vol.1, p.396. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999
9. P.Plieninger, D.Marchl: Indoor Air '99, vol.4, p.171. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
10. J.R.Stabel, P.Wolkoff: Indoor Air '99, vol.4, p.743. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
11. * * * „Indoor Air Pollution by Formaldehyde in EC” EC Report nr.7 1990.
12. * * * Conf. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality. Apr. 1987 Canada.
13. J.C.S.Chang, R.C.Fortmann, N.F.Roache, H.C.Lao: : Indoor Air '99, vol.1, p.442. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
14. D.Ulrich, G.Gleue, S.Weiland, B.Seifert: Indoor Air '99, vol.4, p.89. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
15. Y.Hirokawa, M.Hayashi, T.Matsumura, K.Bongaki, M.Yamashita, H.Yamada: Indoor Air '99, vol.4, p.125. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
16. H.S.Mann, D.R.Crump: Indoor Air '99, vol.4, p.153. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
17. I.Senitkova: Indoor Air '99, vol.2, p.326. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
18. G.Zwiener, G.Wortmann, F.J.Wortmann, R.Sweredjuk, F.Doppelmayer: Indoor Air '99, vol.1, p.414. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
19. M.Meger, I.Meger-Kossien, K.Riedel, G.Scherer: Indoor Air '99, vol.2, p.428. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
20. K.V.Vejrup, P.Wolkoff, J.O.Madsen: Indoor Air '99, vol.4, p.244. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
21. R.Becher, J.K.Hongslo, J.V.Bakke, J.F.Kvendbe, T.Sanner, P.E.Schwarze, E.Dybing: Indoor Air '99, vol.1, p.171. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.

22. C.W.Beyer, C.M.Baxter, V.DeJesus, S.A.Crow, S.Hagen: Indoor Air '99, vol.4, p.1104. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
23. M.S.Black, A.W.Worthan: Indoor Air '99, vol.2, p.454. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
24. M.Saari, I.Laine: Indoor Air '99, vol.1, p.70. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
25. G.Y.Chan, C.Chao, D.C.Lee, S.W.Chan,H.Lau: Indoor Air '99, vol.1, p.48. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
26. * * * : Indoor Quality and its Impact on Man. Environment and Quality of Life. Strategy for Sampling. Chemical Substances in Indoor Air. CE Report nr. 6 dec.1989.
27. E.Osada, T.Matsumura, A.Isozaki: Indoor Air '99, vol.4, p.426. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.
28. R.Lindahl, J.O.Levin, B.Jarvholm: Indoor Air '99, vol.4, p.453. Proc. Of the 8th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate. Edinburgh, Scotland 8-13 Aug. 1999.