

# A nyomdaipari kondicionálás és klimatizálás mai állásának szakirodalmi összefoglalása

BENEDEK RÓBERT

(Nyomdaipari Kísérleti Üzem és Laboratórium) Lektorálta és gyakorlati adatokkal kiegészítette: Pretsch Ernő

A különféle nyomtatási eljárások, különösen a színes nyomtatás fejlődésével egyidőben és szükségszerűen merültek fel a nedves levegő és a nyomdaiparban használatos higroszkópikus anyagok kölcsönhatásával kapcsolatos problémák. A levegőből felvett nedvesség a higroszkópikus anyagok méreteit, fizikai és technológiai tulajdonságait sok esetben oly mértékben változtatják meg, hogy jó minőségű nyomdai termékkel való feldolgozásuk nehézkessé vagy éppen teljesen lehetetlenné válik. Ez nem jelenti azt, hogy a légnedvesség káros az anyagokra, mert sok esetben látni fogjuk, hogy bizonyos határok között levő nedvességtartalom nemhogy káros, hanem egyenesen szükséges feltétele az egyes technológiai folyamatok véghezvitelének. Az e téren felmerülő problémák megoldása tehát főleg abban csúcsosodik ki, hogy a higroszkópikus anyagoknak egyébként elkerülhetetlen nedvességtartalmát az egyes technológiai folyamatok által megkívánt alsó és felső határ közé szorítsuk, azaz hogy ezeket az anyagokat kondicionáljuk és a munkahelyek légtérét klimatizáljuk.

A papirkondicionálás jelentőségét legjobban bizonyítja a következő adat: Hazánkban jelenleg iparunk legszűkebb keresztmetszete a színes offsetnyomtatás, mert ezen a téren volt a múlttal szemben a legnagyobb mértékű a felfutás. A színes offsetnyomtatás teljesítménye a gépi szatinnálás megszűnése esetén becslésünk szerint 20–25%-kal növelhető és a gyártás bérköltsége közel ugyanilyen százalékkal csökkenthető lenne, ha az üzemek megfelelően előkészített papirost kapnának, vagy rendelkezének olyan papirkondicionáló berendezésekkel, melyekkel a papirost házilag előkészíthetnék.

Hazai nyomdaiparunk a kondicionálás és klimatizálás terén — nyilván anyagi eszközök hiányában — mélyen alatta van a külföld átlagos műszaki szintjének. A legegyszerűbb papirkondicionálás módjain és eszközein kívül úgyis szólva sehohsem találkozunk fejlettebb műszaki megoldásokkal, nem is beszélve a teljesen automatizált klímaberendezésekről. Nem kétséges azonban az, hogy iparunk anyagi helyzetének javulásával e téren is a fejlődés vonalára kell térnünk, olyan üzemünk kezdeményezésével, melyek elsősorban hivatottak nyomdaipari termékeink minőségének emelésére.

Az alant következő összefoglalás a kondicionálás és klimatizálás mai állásának tömény kivonata kívánja tární a hazai kondicionálási és klimatizálási kérdésekhez legközelebb álló ipari szakembereink elé, összegyűjtve mindazokat a tudományos és műszaki adatokat, melyek eddig a külföldi szakirodalomban megjelentek. Célja

ezzel egyrészt a tárgy iránt érdeklődők irodalomkutató munkájának megkönnyítése, másrészt javaslatokkal kíván szolgálni — a hazai viszonyok ismeretében — a kondicionálás és klimatizálás fejlesztésének első lépéseire.

Az anyag a következő csoportosításban kerül feldolgozásra:

- I. A nedves levegő fizikája.
- II. A légnedvesség hatása a nyomdaipari higroszkópikus anyagokra.
- III. A levegő és higroszkópikus anyagok nedvességmérésének műszerei és módszerei.
- IV. A papír rektározása és kezelése.
- V. A kondicionálás és klimatizálás módszerei és berendezései.
- VI. A megfelelő kondicionáló berendezés megválasztása.
- VII. Javaslatok a hazai viszonylatban megoldható nyomdaipari kondicionálási problémákhoz.

## I. A nedves levegő fizikája

Amint a bevezetésben is említettük az anyag és légkondicionálás, valamint a munkahelyek klimatizálása lényegében nem egyéb, mint a környező levegő nedvességtartalmának és hőfokának kívánt értékre, illetőleg megengedett határok közé eső értékingadozásra való beállítása és rögzítése. Ennek elméleti módjai:

1. hőközlés a levegővel,
2. hőelvonás a levegőből,
3. a levegő nedvesítése,
4. nedvességelvonás a levegőből.

A kondicionálásnál és klimatizálásnál alkalmazott berendezések hol egyenként, hol csoportosan e négy műveletet végzik. Ezekon kívül mellékfeladatuk még:

1. a levegő cseréje,
2. a levegő tisztítása és portalanítása.

A higrometriából ismeretes, hogy a levegő vízfelvevő képessége és hőfoka szorosan egymás mellé rendelt értékek. Rögzített hőfokon rögzített mennyiségű vízgőzt képes felvenni a levegő. Ha a hőfokhoz tartozó víz, illetőleg vízmennyiség rendelkezésre áll, a levegő minden körülmények között felveszi ezt a gőzmennyiséget, sem többet, sem kevesebbet. *Ebben az állapotban a levegőt a hőfokhoz tartozóan telítettnek mondjuk.*

A levegő hőfokának és telítettségi vízgőztartalmának összetartozó értékeit a különféle vízgőztáblázatok és diagrammok tartalmazzák. Ezekre a továbbiakban még visszatérünk.

A határolt térben levő levegő nem mindig, sőt a legkritikább esetben kerül telítettségi állapotának megfelelő mennyiségű vízzel érintkezésbe. Tehát általában a levegő vízgőztartalma a telítettségen aluli.

1 kg száraz levegőben ténylegesen jelenlevő vízgőz grammokban kifejezett mennyiségét a levegő abszolút páratartalmának nevezzük.

Az irodalomban több helyen a levegő abszolút páratartalmát, mint a levegő 1 m<sup>3</sup>-ében grammokban kifejezett mennyiségét is értelmezik.

A gyakorlatban a levegőnek nem az abszolút, hanem az ún. relatív páratartalmát mérjük.

A levegő relatív páratartalma alatt — a fizika meghatározása szerint — adott hőfok mellett a levegőben ténylegesen létező vízgőz és ugyanazon hőfok melletti telítettségi vízgőz parciális nyomásainak viszonyszámát értjük.

A további fejtegetésben foglalt jelölések jelentése a következő:

- $\varphi$  = a levegő relatív páratartalma (%)
- $x$  = a levegő abszolút páratartalma (kg/kg)
- $t$  = a levegő telítettségi páratartalma (kg/kg)
- $p$  = a nedves levegő nyomása (kg/cm<sup>2</sup>)
- $p_g$  = a levegőben levő telítetlen vízgőz parciális nyomása (kg/cm<sup>2</sup>)
- $p_{gt}$  = a telített vízgőz parciális nyomása
- $p_1$  = a száraz levegő parciális nyomása (kg/cm<sup>2</sup>)
- (1+x) l kg levegő és x kg vízgőz összsúlya (kg)
- $v$  = a nedves levegő térfogata (cm<sup>3</sup>)
- $T$  = a nedves levegő abszolút hőfoka (K<sup>o</sup>)
- $R_1$  = a száraz levegő gázállandója (m/T)
- $R_g$  = a vízgőz gázállandója (m/T)

A fizikai meghatározás szerint a levegő relatív páratartalma

$$\varphi = \frac{p_1}{p_{g1}} \cdot 100\% \dots \dots \dots 1$$

Meghatározásához tehát szükségünk van adott hőfok mellett a levegőben levő tényleges és telítettségi parciális vízgőznyomások ismeretére.

Ezek a következők módon határozhatók meg:

A gáz és gőz elnevezésű légneműek között fizikai értelemben nincs lényegesebb különbség. A gáz elnevezést használjuk azokra a légneműekre, mint például a levegő, hélium, széndioxid stb., melyek gyakorlati értelemben véve túlnyomórészt messze vannak a cseppfolyós állapottól és így a cseppfolyósodás állapotától messzeálló, de elég nagy nyomások és kis fajtérfogatok mellett is jól követik az ideális gázokra vonatkozó általános gáztörvényt. Gőzöknek nevezzük azokat a légneműeket, melyek valamilyen folyadék párolgása vagy forrása következtében keletkeznek, mint például a vízgőz, higanygőz stb., melyek nagy nyomások és kis fajtérfogatok mellett a cseppfolyós állapothoz közeledve, mindinkább eltérnek az általános gáztörvénytől. Azonban az alacsony hőmérsékletek melletti

alacsony nyomások és nagy fajtérfogatok esetében a gőzök éppolyan jól követik az általános gáztörvényt, akár az ideálisnak mondott gázok.

Fentiek alapján a kondicionálási és klimatizálási feladatok megoldásánál számításba jövő alacsony hőmérsékleteknél a nedves levegőre, valamint légnemű alkotóira, a száraz levegőre és vízgőzre egyaránt alkalmazható a „Boyle—Mariotte—Gay—Lussac” általános gáztörvény és ugyanúgy alkalmazható a parciális nyomások eredő nyomására vonatkozó „Dalton” törvény.

Esetünkben az általános gáztörvény szerint fenti jelölések figyelembevételével:

a száraz levegő 1 kg-jára:

$$p_1 v = R_1 T \dots \dots \dots 1$$

a levegőben levő vízgőz x kg-jára:

$$p_g v = x R_g T \dots \dots \dots 2$$

a Dalton törvény szerint a nedves levegő eredő nyomására:

$$p = p_1 + p_g \dots \dots \dots 3$$

Az 1. sz. egyenlet a 2. sz. egyenlettel osztva és a kapott egyenletet x-re megoldva:

$$x = \frac{R_1 p_g}{R_g p_1} \dots \dots \dots 4$$

A 3. sz. egyenlet  $p_g$ -re megoldva értékét a 4. sz. egyenletbe téve és azt  $p_1$ -re megoldva majd a  $R = 29,27$  és  $R_g = 47$  gázállandókat behelyettesítve kapjuk, hogy a nedves levegőben levő vízgőz parciális nyomása

$$p_g = p \frac{x}{x + 0,622} \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots 5$$

A telítetlen vízgőz parciális nyomása tehát független a hőmérséklettől, ha a nedves levegő össznyomását  $p$ -t a 735,5 mm Hg. 0-nak megfelelő 1 kg/cm<sup>2</sup>-rel vesszük számításba, tekintve, hogy a kondicionálási folyamatok általában normális atmoszférikus nyomás alatt mennek végbe.

Amennyiben a számítások valamely klímaközponttra vonatkoznak  $p$ -t természetesen az ott uralkodó nyomás értékével kell számításba venni.

Teljesen hasonló módon számíthatjuk ugyanazon hőfokú nedves levegőben levő telített vízgőz parciális nyomását. A 2. sz. egyenlet helyébe a

$$p_{gt} v = t R_g T \dots \dots \dots 6$$

és a 3. sz. egyenlet helyébe a

$$p = p_g + p_{gt} \dots \dots \dots 7$$

egyenletet téve.

Ekkor eredményül kapjuk, hogy az adott hőfokon a vízgőz lehetséges legnagyobb parciális nyomása

$$p_{st} = p \frac{t}{t + 0,622} \text{ kg/cm}^2 \dots\dots 8$$

A telített vízgőz parciális nyomása már nem független a hőfoktól. A hőfoktól való függés burkoltan benne van a  $t$ -ben, mert a telítettségi páratartalom a hőfoktól függ.

Az 5. és 8. sz. egyenleteket a 1. sz. egyenletbe téve kapjuk, hogy a levegő relatív páratartalma:

$$\varphi = \frac{x(t + 0,622)}{t(x + 0,622)} 100\% \dots\dots 9$$

A fizikai meghatározással szemben a gyakorlatban a relatív páratartalmat

$$\varphi = \frac{x}{t} 100\% \dots\dots 10$$

értékkel fejezzük ki, tehát az abszolút és a telítettségi víztartalom viszonyával. Ennek magyarázata az, hogy alacsony hőfokon, tehát alacsony parciális nyomáson  $x$  és  $t$ , valamint különbségük is kicsi, a 9. sz. egyenletben a zárjeles tört értéke közel 1-nek vehető.

Az elméleti és szakirodalomban  $x$  és  $t$  értékét egyes helyeken a nedves levegő 1 kg-jára, másutt pedig annak 1 m<sup>3</sup>-ére vonatkoztatják. E kétféle értelmezés a relatív páratartalmat kifejező hányados értékén természetesen nem változtat.

A levegő fizikájának itt idézett meghatározásai-ból a kondicionálási és klimatizálási feladatok megoldásához az alábbi hasznos következtetések vonhatók le:

1. rögzített (konstans) abszolút páratartalom mellett a hőfok csökkenésével a relatív páratartalom növekedik és a hőfok emelkedésével csökken. Ennek magyarázata: Magasabb hőfokon levő telítettségi vízgőztartalom ( $t$ ) magasabb,

mint alacsonyabb hőfokon, tehát a relatív páratartalom kifejezésében  $\varphi = \frac{x}{t}$ -ben az  $x$  állandósága mellett  $t$  növekedésével csökken és fordítva.

Az 1. sz. ábra a relatív páratartalom változását szemlélteti a hőfok függvényében 10 g/kg konstans abszolút páratartalom mellett. Ezen látható, hogy kb. 17 C°-on a relatív páratartalom 80%. Ha például az üzemhely technológiai folyamata 65% relatív páratartalmat kíván meg, akkor ezt az üzemhely levegőjének 20 C° fölé való emelésével érhetjük el. Ilyen esetben a kondicionáló berendezést valami fűtőberendezés képezi. Viszont ha valami oknál fogva a relatív páratartalmat 90%-ra kellene emelni, akkor a diagramm szerint az üzemhely hőfokát 15 C°-ra kell lecsökkenteni. Ekkor a kondicionáló berendezésnek léghűtő, szellőző részleget is kell tartalmaznia.

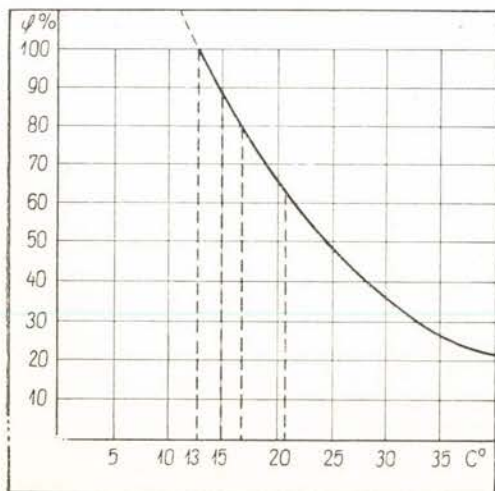
2. Állandó értéken tartott hőfok mellett a növekvő abszolút páratartalommal a relatív páratartalom is növekedik és fordítva.

Ennek magyarázata: Állandó hőfokon a levegő telítettségi páratartalma is állandó ( $t$ ). A relatív páratartalom kifejezését  $t$ -re megoldva

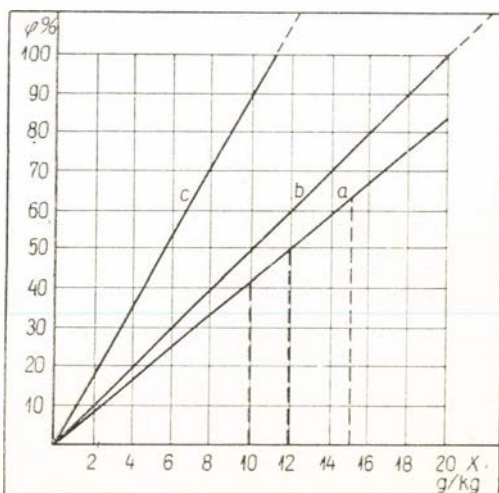
$t = \frac{x}{\varphi}$  kifejezésből nyilvánvaló, hogy  $t$  csak úgy maradhat állandó értéken, ha  $\varphi$  ugyanolyan értelemben változik, mint  $x$ .

A 2. sz. ábra a levegő relatív páratartalmának változását mutatja az abszolút páratartalom változásának függvényében  $a = 27$  C°,  $b = 25$  C°,  $c = 15$  C° konstans hőfokok függvényeiben. A diagrammból is kitűnik, hogy az abszolút és a relatív páratartalom összefüggése konstans hőfokon lineáris.

Az  $a$  egyenes szerint 27 C° konstans hőfokon 12 g/kg abszolút páratartalom mellett a relatív



1. ábra.



2. ábra.

páratartalom kb. 52%. Ha a relatív páratartalmat 65%-ra kellene emelni a hőfok változatlan-sága mellett, akkor az abszolút páratartalmat 14,5 gramm/kg-ra kell emelni, azaz az üzemszél légtérbe kg-ként 2,5 g vizet adagolni. Az ehhez szükséges kondicionáló berendezések a légnedvesítők.

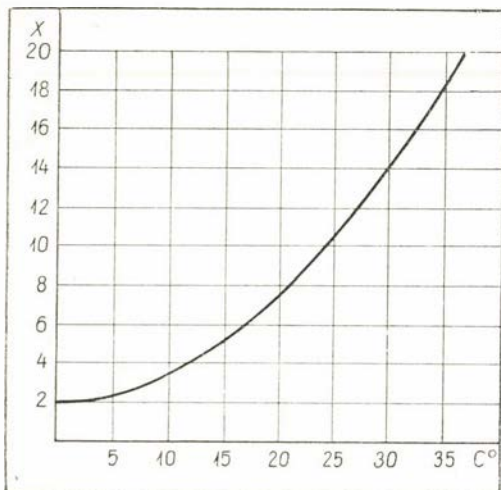
Viszont ha a relatív páratartalmat 42%-ra akarnók lecsökkenteni a hőfok változatlan-sága mellett, akkor az abszolút páratartalmat 10 g/kg-ra kell lecsökkenteni, azaz a levegőből vizet kell elvonni. Ezt a műveletet a nedvesség-elvonó berendezések végzik.

A levegő kondicionálásának ez a két módja elég gyakori, mert a munkahely hőfoka technológiai és egészségügyi szempontból rendszerint kötött. Ilyenkor tehát az aránylag kisebb költségű légnedvesítő és nedvességelvonó készülékek jó szolgálatot tesznek.

3. Állandó értéken tartott relatív páratartalom mellett a levegő hőfokának emelésével emelkedik a levegő abszolút páratartalma is és viszont. Ennek magyarázata: A levegő telítettségi páratartalma ( $t$ ) a hőfokkal növekedik. A relatív páratartalom kifejezésében  $\varphi = \frac{x}{t}$ -ben csak úgy maradhat állandó, ha  $t$ -vel  $x$  is, tehát az abszolút páratartalom is nő.

A 3. sz. ábra a levegő abszolút páratartalmának változását mutatja a hőfok függvényében  $\varphi = 50\%$  konstans relatív páratartalom mellett.

Tegyük fel például, hogy az üzemszél hőmérséklete  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Ekkor a diagram szerint  $50\%$  relatív páratartalom mellett a levegő abszolút páratartalma kb.  $7,4\text{ g/kg}$ . Ha most a hőfokot egyéb üzemi okokból  $25\text{ }^\circ\text{C}$ -ra kellene felemleni, változatlan relatív páratartalom mellett, akkor a levegő abszolút páratartalmát  $7,4$ -ről  $10\text{ g/kg}$ -ra kellene emelni.



3. ábra.

Ellenkezőleg, ha a hőfokot  $15\text{ }^\circ\text{C}$ -ra kellene süllyeszteni, akkor az abszolút páratartalmat  $7,4$ -ről  $5,2\text{ g/kg}$ -ra kellene csökkenteni. Egyik esetben tehát fűtéssel kombinált légnedvesítést, a másik esetben hűtéssel kombinált nedvesség-elvonást kell alkalmazni, hogy a páratartalom változatlan maradjon.

4. Ha a nedves levegőt fokozatosan hűtjük, egy bizonyos alacsonyabb hőmérsékleten, melyet *harmpontnak* nevezünk, telítetté válik. Ennek magyarázata: Az 1. sz. ábra szerint, ha a levegő hőmérséklete  $15\text{ }^\circ\text{C}$ -ról  $13\text{ }^\circ\text{C}$ -ra csökken, a relatív páratartalom  $100\%$  lesz. Ezt a relatív páratartalom kifejezésébe téve kapjuk:  $\varphi =$

$$= \frac{x}{t} = 1, \text{ azaz } x = t, \text{ ami annyit jelent, hogy}$$

ezen a hőfokon a levegő abszolút páratartalma egyenlő a telítettségi páratartalommal. Ha a hűtést továbbfolytatjuk, a levegőből gőz csapódik le, vagyis a levegőben a gőzállapot mellett folyékony víz is lesz. (Az 1. sz. ábrán a pontozott rész.) Ugyanis, ha a konstans hőmérsékleten a levegő abszolút páratartalmát fokozatosan növeljük, szintén telítetté válik, amint a 2. sz. ábra  $c$  és  $b$  egyenesén látható.

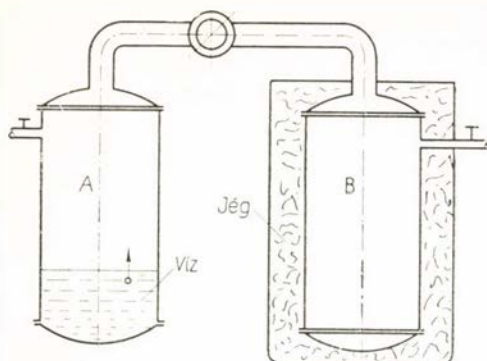
A levegő túlhűtése, illetőleg abszolút páratartalmának telítettségig való fokozása az üzemszél helyekre mindenképpen káros és kerülendő. Technológiai és egészségügyi okokon kívül kőd, vagy cseppek alakjában kicsapódott víz a berendezések és gépek szerkezeti részleteit is megáradhatja.

**Összefoglalva:** A levegő állapotát meghatározó főtenyezők az abszolút páratartalom ( $x$ ), a relatív páratartalom ( $\varphi$ ) és a hőfok ( $c$ ). Ezek között törvényszerű összefüggés van. Megfelelő változtatással az optimális légállapot beállítható. A rendelkezésre álló módok: hőközlés, hőelvonás, nedvesítés és nedvességelvonás, illetőleg ezeknek kombinációja. E műveleteket végzik el a különféle kondicionáló és klimatizáló berendezések.

**Megjegyzés:** Az 1., 2. és 3. sz. ábrán közölt diagrammok a nedves levegő Milloere-féle I-X diagrammjának kivonatai. Tekintve, hogy céljuk pusztán a légnedvesség változásainak szemléltetése, pontos megszerkesztésüket mellőztük és ezért gyakorlati felhasználásra alkalmatlanok.

A továbbiakban a levegő és vízgőz kinematikájának egy jelenségét tárgyaljuk, melynek gyakorlati vonatkozását a géptermekek és papírraktárak klímaviszonyainak tárgyalásánál fogjuk ismertetni:

Ha két azonos nyomású, de különböző koncentrációjú (térfogategységenként különböző súlyú) gázt vagy gőzt közös felületen, pl. csővezeték keresztmetszetén egymással érintkezésbe hozunk, akkor a nyomások egyenlősége miatt egyik gáztérből a másikba nem léphet fel hidrodinamikai áramlás. Dacára ennek a két gáz nem marad nyugalmi egyensúlyban egymással szemben, mert a diffúzióknak nevezett molekuláris-kinetikai jelenség lép fel, melynek folytán a két gáz keveredik mindaddig, míg a gázkeverék



4. ábra.

koncentrációja mindenütt azonos nem lesz, illetőleg az alkotók parciális nyomása ki nem egyenlítődik. Így pl. a 4. sz. ábrán látható *A* edénybe 1 at nyomású oxigént, a *B* edénybe szintén 1 at nyomású hidrogént helyezünk, majd a két edényt összekötő csapot kinyitjuk, akkor a hidrogénnél lényegesen nagyobb koncentrációjú oxigén diffúziója megindul az *A* edényből a *B* edénybe. Az *A* edényben ezáltal csökken az oxigén koncentrációja, míg a *B* edényben az oxigén és hidrogén keverék koncentrációja növekszik, a tiszta hidrogén koncentrációjával szemben. Ennek következtében csere-diffúzió következik be, mely addig tart, míg az oxigén-hidrogén keverék koncentrációja a két edényben azonos nem lesz és ugyanakkor a két edényben az alkotó gázok parciális nyomása  $1/2 - 1/2$  at-ra csökken. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az 1 at nyomás  $1/2$ -re csökkent, mert a Dalton törvény szerint a két parciális nyomás összege 1 at marad.

Azonos jelenség következik be, ha második kísérletként mindkét edénybe atmoszferikus  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ú levegőt vezetünk és az *A* edénybe ezenkívül még vizet is öntünk. Ekkor kis idő múlva az összekötőcsapot kinyitva megkezdődik a *B* edénybe levő nagyobb koncentrációjú száraz levegő és az *A* edényben levő kisebb koncentrációjú telítetett páratartalmú levegő diffúziója, mely addig tart, míg mindkét edényben a levegő és vízgőz parciális nyomása ki nem egyenlítődik. ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ -on vízgőzre  $0,0238$  at levegőre  $1 - 0,0238 = 0,9762$  at.) A telítés folytán mindkét edényben a relatív páratartalom  $100\%$  lesz.

Hardmadik kísérletként, az előző kísérlet folytatásaként burkoljuk körül *B* edényt jéggel, azaz létesítsünk benne  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -ú hőmérsékletet. Ekkor a *B* edényben pára lecsapódása mellett a  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -ú hőmérsékletnek megfelelő telített gőz keletkezik, melynek parciális nyomása csak  $0,0062$  at lesz, *A* edényben levő  $20\text{ }^\circ\text{C}$ -ú telített gőz  $0,0238$  at. parciális nyomásával szemben. E parciális nyomáskülönbség következtében vízgőz áramlás indul az *A* edényből a *B* edénybe, ahol a  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -nak megfelelő felesleges pára lecsapódik. Ily módon tehát az *A* edényben levő

víz párolgás és lecsapódás útján teljes egészében átvándorol a *B* edénybe. Az ezt követő nyomáskiegyenlítődés folytán az *A* edényben levő pára parciális nyomása is  $0,0062$  at-ra süllyed  $20\text{ }^\circ\text{C}$  mellett. Ugyanakkor a relatív páratartalom is az előző  $100\%$ -ról  $26\%$ -ra csökken, míg a *B* edényben  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -on  $100\%$  marad.

Ez utóbbi jelenség lép fel a géptermek és papírraktárak klimaviszonyainál.

Az üzemi kondicionálási és klimatizálási feladatok számításánál a nedves levegő jellemzőinek meghatározásához nélkülözhetetlen segédeszköz a telített vízgőz adat táblázata, valamint a nedves levegő Molliere-féle I-X diagrammja. Fontosságukra való tekintettel ismertetjük ezeket és néhány számítási példán keresztül bemutatjuk használati módjukat:

A szöveg között nyomtatott táblázat a telített vízgőz adatait tartalmazza  $0\text{ }^\circ\text{C}$ -tól  $50\text{ }^\circ\text{C}$ -ig. A táblázat olvasásához felesleges külön magyarázat; közvetlenül leolvasható minden hőfokhoz tartozó legnagyobb parciális vízgőznyomás Hg. mm o.-ban és vele egyenértékű atmoszférában.

Az 5. sz. ábrán a nedves levegő I-X diagrammja látható. A diagramm felépítése a következő:

a) A diagramm abszcisszája a levegő abszolút páratartalmának g/kg értékei vannak felmérve. Esetünkben  $0 - 30$  g-ig. (Természetesen a diagramm használati céljának megfelelő szűkebb, illetőleg tágabb határokig is megszerkeszthető.)

A vízszintes tengely pontjaiból húzott függőlegesek a konstans abszolút páratartalom vonalait.

b) A diagramm jobboldali ordinátájára a levegőben levő vízgőz parciális nyomásának értékei vannak felmérve Hg. mm o.-ban.

Látható, hogy az abszolút nedvességtartalom és a parciális nyomás összetartozó értékei közel egyenes vonalat ábrázolnak. Valamely nedvességi fokhoz tartozó parciális nyomást úgy kapjuk, ha a páratartalom függőlegesének és a ferde egyenes metszéspontját vízszintesen átvetítjük a parciális párányomás skálájára.

A parciális párányomás és nedvességtartalom helyes összefüggése az 5. sz. képlet szerint

$$P_k = P \frac{x}{x + 0,622} \text{ kg/cm}^2$$

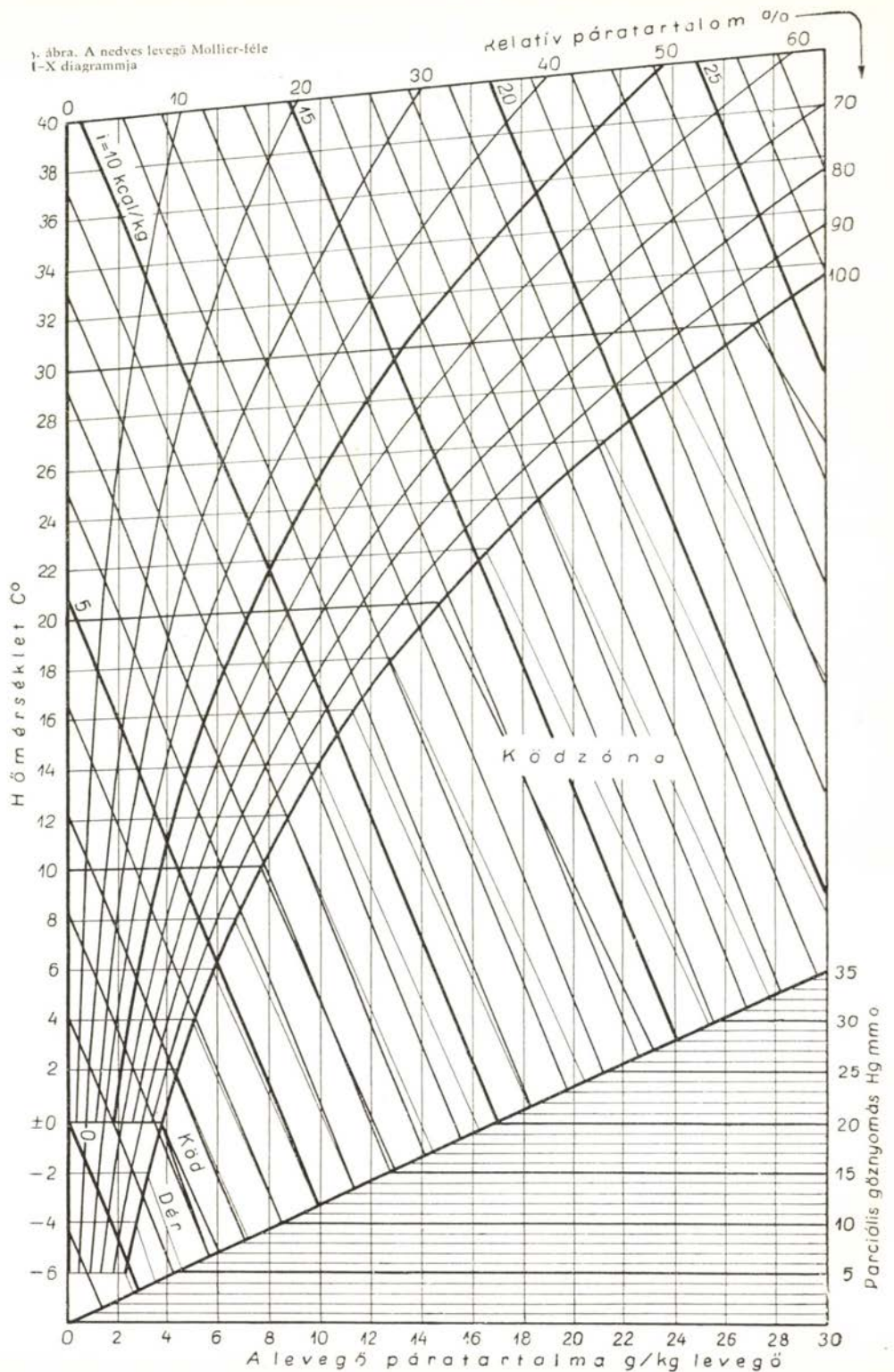
Ez a függvény nem egyenest ábrázol, hogy a diagrammon a függvény mégis lineárisnak van véve, annak magyarázata az, hogy alacsony páratartalomnál  $x$ -nek kg-ban kifejezett értéke a nevezőben  $0,622$  mellett elhanyagolható és így a nyomásgörbe jelentéktelen hibával a

$$P_k = P \frac{x}{0,662}$$

alapján egyenessel helyettesíthető.

1. sz. példa: Határozzuk meg  $13$  g/kg abszolút páratartalmú és  $24\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű levegő relatív páratartalmát:

3. ábra. A nedves levegő Mollier-féle t-X diagrammja



A telített vízgőz adatai 0°-tól 50°-ig.

C°	nyomás		fajtérfogat v' m <sup>3</sup> /kg	fajsúly 1000γ'' g/m <sup>3</sup>	C°	nyomás		fajtérfogat v' m <sup>3</sup> /kg	fajsúly 1000γ'' g/m <sup>3</sup>
	Hg mm.	at.				Hg mm.	at.		
0	4,579	0,00622	205	4,88	26	25,2	0,0343	40,9	24,4
1	4,926	0,00668	191,4	5,22	27	26,7	0,0363	38,7	25,8
2	5,294	0,00717	178,7	5,61	28	28,3	0,0386	36,7	27,2
3	5,685	0,00771	167,1	5,99	29	30,0	0,0408	34,7	28,7
4	6,101	0,00815	156,3	6,38	30	31,8	0,0432	32,9	30,4
5	6,543	0,00886	146,3	6,83	31	33,7	0,0458	31,2	32,0
6	7,013	0,00915	137,0	7,30	32	35,7	0,0486	29,5	33,8
7	7,513	0,0102	128,3	7,79	33	37,7	0,0513	28,0	35,7
8	8,045	0,0109	120,3	8,31	34	39,9	0,0543	26,6	37,6
9	8,609	0,0117	112,8	8,86	35	42,2	0,0573	25,2	39,6
10	9,209	0,0125	105,9	9,42	36	44,6	0,0606	23,9	41,8
11	9,84	0,0134	99,4	10,06	37	47,1	0,0641	22,7	44,0
12	10,52	0,0143	93,4	10,71	38	49,7	0,0676	21,6	46,3
13	11,23	0,0153	87,8	11,39	39	52,4	0,0715	20,5	48,8
14	11,99	0,0163	82,55	12,11	40	55,3	0,0752	19,5	51,2
15	12,79	0,0174	77,7	12,87	41	58,3	0,0795	18,6	53,8
16	13,64	0,0186	73,1	13,68	42	61,5	0,0836	17,7	56,5
17	14,5	0,0197	68,85	14,51	43	64,8	0,0882	16,8	59,5
18	15,5	0,0211	64,9	15,40	44	68,3	0,0930	16,0	62,5
19	16,5	0,0224	61,15	16,32	45	71,9	0,0978	15,3	65,5
20	17,5	0,0238	57,7	17,30	46	75,7	0,103	14,6	68,5
21	18,6	0,0254	54,4	18,4	47	79,6	0,108	13,9	71,9
22	19,8	0,0270	51,3	19,5	48	83,7	0,114	13,2	75,8
23	21,1	0,0287	48,5	20,6	49	88,0	0,120	12,6	79,4
24	22,4	0,0305	45,8	21,8	50	92,5	0,126	12,0	83,2
25	23,8	0,0324	43,3	23,1					

A diagrammon  $x = 13$  g/kg páratartalomnak  $p_g = 15$  Hg. mm o. parciális pányomás felel meg. A gőztáblázaton a telített gőz nyomása 24 C°-on  $p_{gt} = 22,4$  Hg. mm o.

I. sz. képlet alapján

$$\varphi = \frac{p_g}{p_{gt}} 100\% = \frac{15}{22,4} 100\% \cong 67\%$$

2. sz. példa: Határozzuk meg  $\varphi = 40\%$  relatív páratartalmú 20 C°-ú levegő abszolút páratartalmát:

A gőztáblázat szerint 20 C°-ú telített gőz  $p_{gt} = 17,5$  Hg. mm o. nyomású.

Az I. sz. képletből a telítetlen parciális nyomás

$$p_g = \varphi \cdot p_{gt} = 0,40 \times 17,5 = 7 \text{ Hg. mm o}$$

A diagrammon ennek cca 6 g/kg abszolút páratartalom felel meg.

c) A I-X diagramm baloldali ordinátájára a nedves levegő hőfok skálája van felmérve -7 C°-tól +40 C°-ig. A skála pontjaiból kiinduló közel vízszintes egyenesek a konstans hőmérséklet vonalai. (Minden pontjukon a hőfok azonos.)

A konstans hőfok vonalainak megszerkesztése az

$i = 0,24 C + 0,46 C x$  egyenlet alapján történik, ahol

$i$  = a nedves levegő érzékelhető (rejtett hő nélküli) hője kal/kg,  
 $0,24$  = a száraz levegő fajhője kal/kg,  
 $0,46$  = a telített gőz fajhője kal/kg,  
 $C$  = a hőfok,  
 $x$  = az abszolút páratartalom.

Az egyenlet olyan egyenest jellemez, melynek a vízszintes tengellyel bezárt szöge:

$$\alpha = \arctg 0,46 C$$

A konstans hőfok vonalai tehát nem párhuzamosak, hanem a hőfok növekedésével mindinkább eltérnek az egyenestől.

d) A diagrammon látható görbevonalak a konstans relatív páratartalom görbéi. (Egy görbe összes pontjain a relatív páratartalom azonos.) A relatív páratartalom százalékos értéke a diagramm felső kerületén a görbék végéhez van írva.

Megszerkesztjük a  $\varphi = 100\%$  relatív páratartalomnak megfelelő határgörbéből történik. Ez utóbbi vizont a b) alatt ismertetett parciális nyomások egyenesével és a telített vízgőztáblázat segítségével pontról-pontra megszerkeszthető.

3. sz. feladat: Meghatározandó  $C = 22\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérsékletű  $x = 6\text{ g/kg}$  páratartalmú levegő relatív páratartalma.

A diagrammon megkeressük a  $6\text{ g}$  páratartalom függvényesének és a  $22\text{ }^\circ\text{C}$  konstans vonalának metszéspontját. A metszésponton áthaladó görbe nincs megszerkesztve a diagrammon. Ezért becsléshez kell folyamodni. A metszéspontot közrefogó  $20\%$ -os és  $30\%$ -os relatív páratartalmat jelző görbékéből megbecsülhetjük, hogy a kérdéses relatív páratartalom  $37\%$ .

4. sz. feladat: Az előző feladatban mennyi nedvességet kellene a levegőbe vinni, hogy a relatív páratartalom  $50\%$ -ra emelkedjen?

Megkeressük az  $50\%$  relatív páratartalmat jelző görbének és a  $22\text{ }^\circ\text{C}$  konstans egyenesnek metszéspontját. Ez levetítve a páratartalom vonalára leolvasható, hogy a beviendő páramennyiség  $x \cong 8,2\text{ g/kg}$ .

5. sz. feladat: Az előző feladatban mennyire kellene csökkenteni a hőmérsékletet, hogy azonos páratartalom mellett, a relatív páratartalom  $60\%$ -ra emelkedjék?

Megkeressük a  $8,2\text{ g/kg}$  páratartalom függvényesének és a  $60\%$  relatív páratartalom görbéjének metszéspontját. Ismét becsléssel megállapíthatjuk, hogy ez a hőfokskálán  $18$  és  $20\text{ }^\circ\text{C}$  között kb.  $19\text{ }^\circ\text{C}$ -nak felel meg.

6. sz. feladat: Mi történik, ha a gépterem  $60\%$  relatív páratartalmú és  $24\text{ }^\circ\text{C}$ -ú levegőjét reggelre  $10\text{ }^\circ\text{C}$ -ra hagyjuk lehűlni?

Ismét megkeressük a megfelelő hőfokvonal és relatív páratartalom görbéjének metszéspontját és azt levetítjük a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  konstans vonalára. A metszéspont a diagrammon a ködzóna terébe esik. Ez azt jelenti, hogy miközben a levegő lehül cca  $16\text{ }^\circ\text{C}$ -on, ahol a vetítő vonal a  $100\%$ -os relatív páratartalomnak megfelelő görbét metszi, a harmatpontra jutott és innen lefelé  $10\text{ }^\circ\text{C}$ -ig ködszerű páralecsapódás következik, azaz a

levegőben vízgőz mellett még folyékony víz is lesz.

7. sz. feladat: Állapítsuk meg, hogy az előző feladatban mennyi lesz a lecsapódott pára?

A  $60\%$  relatív páratartalom görbe és a  $24\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérséklet vonalának metszéspontjából vetített függőleges alul a nedvességtartalom vonalán cca  $11\text{ g/kg}$  abszolút páratartalmat mutat. A  $10\text{ }^\circ\text{C}$ -ra lehűlt levegő telítési páratartalmát megkapjuk, ha a  $100\%$  relatív nedvességet jelző görbének és a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  hőmérséklet vonalának metszéspontját levetítjük a páratartalom vonalára. Ez cca  $7,7\text{ g/kg}$  páratartalmat jelez. Ezen a hőfokon több pára nem lehet a levegőben, tehát a lecsapódott páratartalom  $11 - 7,7 = 3,3\text{ g/kg}$ .

Pontosabb eredményt kapunk, ha a fenti feladatokat pusztán számításal végezzük el. Így pl. a 7. sz. feladat megoldása: A gőztáblázat szerint  $24\text{ }^\circ\text{C}$ -ú gőznek parciális nyomása  $0,0305\text{ at}$ .

I. sz. egyenlet szerint

$$p_g = \varphi \cdot p_{gt} = 0,6 \cdot 0,0305 = 0,0183\text{ at.}$$

Az 5. sz. egyenlet szerint a nevezőben a páratartalom elhanyagolásával

$$x_1 = \frac{0,622 p_g}{p} = 0,622 \cdot 0,0183 = 0,0113\text{ kg}$$

A gőztáblázat szerint  $10\text{ }^\circ\text{C}$ -ú telített gőz parciális nyomása  $0,0125\text{ at}$ .

Az I. táblázat szerint

$$p_g = p = 1 \cdot 0,0125 \quad (\varphi = 100\%)$$

Az 5. sz. egyenlet szerint

$$x_2 = \frac{0,622 p_{gt}}{p} = 0,622 \cdot 0,0125 = 0,0077\text{ kg}$$

Tehát a lecsapódott pára:

$$x_1 - x_2 = 0,0113 - 0,0077 = 0,0036\text{ kg/kg} = 3,6\text{ g/kg}$$

Látható, hogy a két eredmény közötti eltérés gyakorlatilag jelentéktelen.

e) Az I-X diagrammon látható ferde párhuzamos egyenesek a nedves levegő hőtartalmát jelzik kal/kg-ban. Egy-egy ferde egyenes minden pontjához tartozó légállapotban a levegő hőtartalma konstans és értéke a diagramm belső kerületén a ferde egyenesek végéhez van írva. Diagrammunkon a hőtartalom egyenesei  $1\text{ kal/kg}$  sűrűséggel vannak meghúzva. A közbeeső értékeket tehát interpolációval kell meghatározni.

Megszerkesztjük az

$$i = 0,24 C + 0,46 Cx + 595 x$$

egyenlet alapján történik, ahol:

$i$  = az  $(1+x)$  kg nedves levegő összes hőtartalma (kal/kg),

$0,24 C$  = a  $C$  hőfokú száraz levegő hőtartalma (kal/kg),



$0,46 Cx = a \times x$  kg vízgőz érezhető melege (kal/kg),

$595 x = x$  kg vízgőz rejtett melege (kal/kg).

8. sz. feladat:  $18^\circ\text{C}$ -ú, 60% relatív páratartalmú levegő hőfokát  $30^\circ\text{C}$ -ra kell emelni, a relatív páratartalom változatlansága mellett. Mennyi a levegő kg-jával közlendő meleg?

Megkeressük a kezdeti állapot  $C$  és  $\varphi$  vonalának metszéspontját. Ezen áthaladó  $i$  konstans egyenes jelzi, hogy a kezdeti állapotban a levegő melegtartalma 9 kal/kg. Ezután megkeressük a végállapotnak megfelelő  $C$  és  $\varphi$  vonalak metszéspontját. Ezen áthaladó  $i$  vonal mutatja, hogy a végállapotban a levegőnek 17 kal/kg meleget kell tartalmaznia. A közlendő meleg tehát a kezdeti és végállapot melegtartalmának különbsége  $17 - 9 = 8$  kal/kg.

Ugyanakkor láthatjuk, hogy a levegő páratartalmának is változnia kell.

A páratartalom változása a kezdeti és végállapot

pot pontjaiból a páratartalom vonalára vetített függőleges által jelzett értékek különbsége. Esetünkben  $16 - 8 = 8$  g/kg. A hőközlésen kívül tehát 8 g/kg nedvességet is kell a légtérbe vezetni.

*Összefoglalva:* Az I-X diagramm területének minden pontja meghatározott légállapotot jelez a ponton áthaladó, vagy interpolált  $x$ ,  $C$ ,  $\varphi$  és  $i$  vonalak által. Valamely más légállapotba való áttéréshez szükséges változtatásokat az új légállapot pontján áthaladó, vagy interpolált állapotjelző vonalak mutatják. E változtatások a páratartalom, hőfok, relatív páratartalom és melegtartalom csökkentése, illetőleg növelése által érhetők el.

A bemutatott néhány példából látható, hogy a gőztáblázat és I-X diagramm használata gyakorlatilag kielégítő pontosságú eredményt ad a számításhoz viszonyítva, amellet rendkívül gyors és egyszerű. (Folytatása következik)

## HAZAI HIREK

*Munkavédelmi értekezlet.* Múlt hó 26-án *Csaplár István* elvtárs szakszervezetünkben nagyarányú munkavédelmi értekezletet tartott a nyomdaipari főmérnökök és szakszervezeti biztonsgági megbizottak részvételével. Az előadóc az alkalommal részletesen számolt be a Szovjetunióban e tárgykörben szerzett gazdag tapasztalatairól és mintaképpül állította a hallgatóság elé az ottani ilyen irányú érdekvédelmi intézkedéseket munkavédelmi rendszereket és óvórendszabályokat. Az értékes beszámolót nagyszámú hozzászólás követte.

*Ülést tartott a Nyomda- és Papíripari dolgozók Szakszervezetének központi vezetősége.* Szeptember 26-án délután ülést tartott a Nyomda- és Papíripari

dolgozók Szakszervezetének központi vezetősége. Megvitatták a szakszervezet tavaly szeptemberi ülése óta végzett munkáját és néhány időszerű feladatról tárgyaltak. Az ülésen részt vett és felszólalt *Somogyi Miklós* elvtárs, az MSZMP Politikai Bizottságának tagja, a Szaktanács elnöke. A központi vezetőség 19 új taggal egészítette ki sorait és újjáválasztotta a szakszervezet elnökségét. Ismét az elnökség tagja a törvénytelenül leváltott *Galló Ernő* és beavaszították *Brumiller Lászlót*, a szakszervezet régi tagját. A központi vezetőség *Terényi Lászlót* főtítkárrá, helyettesévé *Miseje Tivadart* választotta.

*Feldolgozzák a borsodi nyomdaipar történetét.* Borsod megye

történelmi múltjához tartozik a több évszázados nyomdaipar is. Számos ősnymotatvány készült a XVI. században a sárospataki nyomdában. Egy kis Borsod megyei községben, Vizsolyban nyomtatta ki Károli Gáspár az első magyar nyelvű bibliát. A borsodi nyomdászok a szervezett munkások harcában is elől jártak. 1919-ben a Tanácsköztársaság idején fegyverrel a kézben harcoltak az intervenciók ellen. A borsodi nyomdaipar történetének feldolgozására a Miskolcon levő II. Rákóczi Ferenc megyei könyvtárban most tudományos munkaközösség alakult, amely a nyomdászok múltját és munkásságát dolgozza fel. A kiadásra kerülő műben a miskolci és borsodi ősnymotatványok fakszimiléit is közli majd.