

Direkt evaporatív léghűtés alkalmazásának vizsgálata munkaterületekben, a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet alapján

Kostyák Attila¹ – Kostyák Ferenc²

Absztrakt

A munkacsarnokok esetén a munkaterületek hűtése komoly kihívást jelent, különösen azokban az esetekben, amikor a helyiség frisslevegő-igénye technológiai, vagy más okból nagy, illetve a csarnok üzemeltetése miatt a hűtéstechnika szeparáció nem megoldható. Manapság egyre gyakrabban látható, hogy a munkaterületek légkezelése direkt evaporatív hűtéssel valósul meg. Az alábbiakban megvizsgáljuk, hogy az evaporatív léghűtési eljárás hogyan illeszkedik a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM számú, a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló rendeletben megfogalmazott elvárásokhoz.

Direkt evaporatív léghűtés alkalmazásának vizsgálata

A megfelelő komfortszint kialakítása és annak vizsgálata az ipari létesítmények és munkaterületek vonatkozásában hasonlóan fontos, mint például lakóépületek és irodaházak esetén. A legnagyobb különbség, hogy míg az utóbbi esetekben az elsődleges és egyben az egyetlen cél a bent tartózkodók számára optimális komfortszint elérése és fenntartása [1], addig az ipari létesítmények esetén a dolgozók megfelelő munkakörülményeinek biztosítása mellett a technológiai igények kiszolgálása egyenrangú feladat.

A fentiek alapján gyakran előfordul, hogy bizonyos műszaki megoldások főleg a technológia által támasztott elvárások, igények miatt nem, vagy csak magas üzemeltetési és beruházási költségek mellett megvalósíthatóak. Különösen igaz ez az állítás a hűtési rendszerekre. Egy munkatér megfelelő hőviszonyainak fenntartása nyári állapotban hűtési igénnyel párosul. A hűtés mértékét jelentősen befolyásolja a helyiség belső és külső hőterhelése, nedvesség-, valamint szennyeződés-terhelése.

Azokban az esetekben, amikor a szennyeződés-terhelés miatt a szükséges frisslevegő arány magas, vagy más okból a frisslevegő igény jelentős, a munkaterületen többlet hűtési teljesítmény igény keletkezik. Ezekben az esetekben a hagyományosnak tekinthető légkezelési és hűtési megoldások mellett egyre elterjedtebb az adiabatikus, vagy más néven evaporatív léghűtés.

Az evaporatív léghűtők víz közvetlen elpárologtatásával hűtő rendszerek (**1. ábra**). A levegő egy légnedvesítő cellán

keresztül kerül kényszeráramoltatásra. A levegő a cellán áthaladva közel azonos entalpiavonal mentén hül és nedvesedik [2]. Az evaporatív hűtés régóta alkalmazott eljárás technológiai hűtés esetén (pl. evaporatív hűtőtornyok). Az azonos elven működő csarnokszellőztető berendezések segítségével a kültéri friss levegő kerül kezelésre. A kültéri friss, kezelt levegő a csarnoktérbe bejutva, megfelelő légtechnikai méretezés esetén, képes a megfelelő hűtési és frisslevegő igényt egyszerűen teljesíteni.



1. ábra. Direkt evaporatív léghűtő berendezés [3]

A fenti rendszer megoldás több szempontból is vonzó lehet egy üzem számára. Nagymértékű technológiai elszívás, vagy nagy mennyiségű frisslevegő igény esetén vonzó alternatíva a frisslevegő pótlására egy olyan légkezelési rendszer, ami nagy mennyiségben, alacsony energia felhasználással képes friss, hűtött levegő előállítására.

Költségek tekintetében a direkt evaporatív léghűtő berendezések valóban csábítóak a létesítmények számára. Bekerülési költségük alacsonynak tekinthető a zárt hűtőkörös hűtési eljárásokhoz képest. Áramfelvételük alacsony (szellőztető ventilátor, panelnedvesítő szivattyú), vízfogyasztásuk a berendezés adott külső légállapot mellett hűtési teljesítményével arányos.

A direkt evaporatív léghűtés fenti előnyei tagadhatatlanok, azonban érdemes a légkezelési eljárás korlátairól is szót ejteni. Amellett, hogy a berendezés a levegőt hűti, egyúttal nedvesíti is. Ez technológiai hűtés esetén nem okoz problémát, azonban komfortterek kezelése esetén számolnunk kell a kezelt helyiségben kialakuló relatív nedvességtartalom szintjével. Zárt terek esetén a magasabb hőmérséklet és relatív nedvességtartalom mellett a fülledtségérzet könnyen kialakulhat [5].

¹ Debreceni Egyetem
Épületgépész és
Létesítménymérnöki
Tanszék,
tanszéki mérnök



² Okleveles
létesítmény-
mérnök





2. ábra. Evaporatív léghűtő jellemző belső kialakítása [4]

A méretezés további technikai nehézsége, hogy a kültéri levegő állapotának függvényében az előállítható szellőztető levegő állapotjelzői is változnak. Amellett, hogy ez kihívást jelent a tervezésben, olyan területeken, ahol a belső hőmérséklet és a relatív nedvességtartalom kívánt értéke szűk határok között tartandó, a direkt evaporatív hűtési eljárás önmagában nem, vagy csak különleges esetekben alkalmazható (pl. gombatermesztő telepek vagy bőripari alapanyag raktárak páraszint fenntartása esetén – ezekben az esetekben is inkább a technológia követelményeinek és nem az emberi komfortérzet kiszolgálása miatt).

A fentiek alapján látható, hogy a direkt evaporatív hűtő eljárás és annak munkaterék közvetlen kezelésére való használata és tervezése nehéz feladat. Ahhoz, hogy bemutathassuk egy evaporatív hűtési rendszer üzemelési sajátosságait, érdemes a méretezés lépéseit átvinnünk munkaterületek esetén, ahol célunk a vonatkozó egészségvédelmi rendeletek betartása.

Egy csarnok munkaterének szükséges minimális munkavédelmi követelményeiről a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet [6] rendelkezik. A rendelet alapján a zárt térben biztosítandó léghőmérsékletet, illetve korrigált effektív léghőmérsékletet az 1. táblázat mutatja.

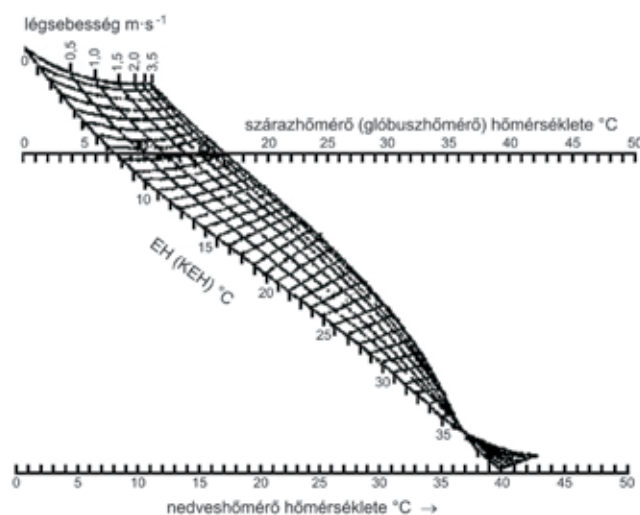
1.	2.	3.	4.	5.
A munka jellege.	Hideg évszakban biztosítandó lég-hőmérséklet, °C	Meleg évszakban biztosítandó lég-hőmérséklet, °C	Meleg évszakban biztosítandó effektív, illetve korrigált effektív hőmérséklet, °C	Maximálisan megengedhető effektív, illetve korrigált effektív hőmérséklet, °C
Szellemi munka.	20 - 22	21 - 24	20	31
Könnyű fizikai munka.	18 - 20	19 - 21	19	31
Közepesen nehéz fizikai munka	14 - 18	17 - 19	15	29
Nehéz fizikai munka	12 - 14	15 - 17	13	27

A táblázat 3. oszlopa alapján látható, hogy a tartós fizikai munkát végzők számára az előírt hőmérséklet alacsonyabb, mint a szellemi dolgozók számára. A tapasztalat azt mutatja, hogy a gyártócsarnokokban a léghőmérsékletre vonatkozó előírások ritkán tarthatók a nyári csúcs hőterhelés idején. A jogalkotó ezért előírja, hogy ebben az esetben 4. oszlopban található korrigált effektív hőmérsékleti korlátokat kell betartani.

Az 5. oszlopban található maximálisan megengedhető korrigált effektív hőmérsékleti értékeket csak akkor vehetjük figyelembe, ha a helyiségben a globális hőmérséklet legalább 5 °C-kal eltér a léghőmérséklettől, vagyis a munkateremben jelentős a sugárzó hőterhelés.

A korrigált effektív hőmérséklet számítása során figyelembe kell venni a dolgozók jellemző ruházatát, a beltéri léghőmérsékletet, a sugárzásos hőterhelést, a relatív légmozgás mértékét, valamint a helyiség egyensúlyi nedvességtartalmát. Ezeket a hőérzetet befolyásoló változókat a rendeletben az egyszerű számíthatóság érdekében egy nomogramon foglalták össze.

Amennyiben a dolgozó normál hőszigetelésű munka-, vagy védőruhát visel, akkor a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet [6] alapján a 3. ábra szerinti nomogram használható.



3. ábra. Korrigált effektív hőérzet számítási nomogram normál hőszigetelésű munkaruha esetén [6]

1. táblázat. Zárt térben biztosítandó léghőmérséklet, illetve korrigált effektív léghőmérséklet

Ahhoz, hogy a korrigált effektív hőmérsékletet számítani tudjuk, ismernünk kell a munkaterületen megengedhető légsebesség határértékeit. A 3/2002 (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet alapján a megengedhető maximális légsebességek a következők:

A munkavégzés megnevezése	Légsebesség
Ülve végzett szellemi, vagy könnyű fizikai munka	0,1 m/s
Helyváltoztatással járó könnyű fizikai munka	0,2 m/s
Melegüzemi zárt munkahelyen, 24 °C KEH feletti hőhatás mellett végzett közepesen nehéz fizikai munka	1,0 m/s
Melegüzemi zárt munkahelyen, 24 °C KEH feletti hőhatás mellett végzett nehéz fizikai munka	1,5 m/s

Amennyiben a rendeletben meghatározott értékeket tekintjük méretezés alapjának, úgy a valós globális hőmérséklet mellett fontos meghatározni a helyiségben kialakuló légállapothoz tartozó nedves hőmérsékletet (egyben a helyiséglevegő relatív nedvességtartalmát), valamint a méretezési állapot esetén megengedhető legnagyobb légmozgást.

A paraméterek meghatározása után ki tudjuk számítani a kiadódó beltéri hőmérséklet mellett kialakuló belső és külső hőterhelést, valamint a nedvességterhelést, így az állapotváltozás irányjelzője meghatározható. Ezután a szellőztető levegő szükséges állapota szintén kiszámítható.

Amennyiben a szellőztető levegőt direkt evaporatív hűtési eljárással kezelik, akkor tudjuk, hogy a kezelt levegő állapotváltozása közel azonos entalpiavonal mentén történik. Tehát a kívánt szellőztető levegő a vele azonos entalpiavonalon és alacsonyabb abszolút nedvességtartalmú külső légállapotok esetén érhető el.

Amennyiben a külső légállapot a méretezés során meghatározott entalpiavonal alatt helyezkedik el a h-x diagramon, a szükséges hűtési teljesítmény a légmennyiség változtatásával előállítható.

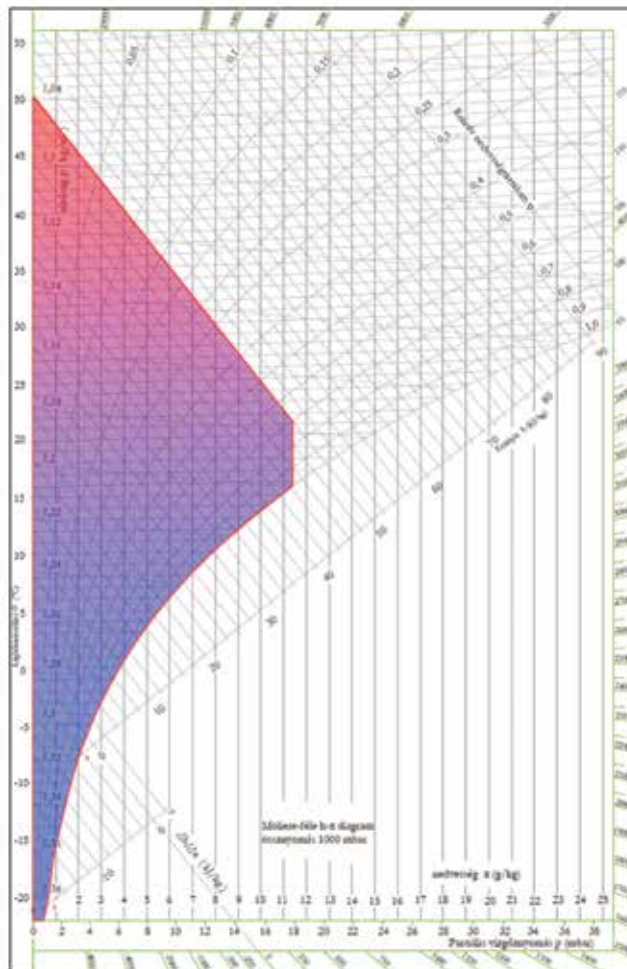
Vizsgáljuk meg, hogy mit jelentenek a fent leírtak a gyakorlatban. Először nézzük meg, hogy egy csarnokban, ahol könnyű fizikai munkát végeznek, milyen alkalmazási relevanciája van a direkt evaporatív léghűtésnek.

Könnnyű fizikai munka esetén a rendelet által meghatározott hőmérséklet 19-21 °C. A szabad paraméterek csökkentése érdekében tegyük fel, hogy a légvezetési rendszerünk és a magas légcsereszám miatt a helyiségben uralkodó légállapot megegyezik a befűjt légállapottal. Ez a gyakorlatban nem elérhető, azonban ahhoz, hogy a konkrét légtechnikai rendszerek hatását a vizsgálatból kiszűrjük, a fenti feltevessel élünk. Tegyük fel, hogy a helyiségben 70 RH%-nál nagyobb légnedvességet nem engedünk meg, a fűledtségérzet elkerülése érdekében.

Ekkor az evaporatív léghűtővel bejutatott levegő maximum 21 °C és 70 RH% állapotú lehet. Ez azt jelenti, hogy abban az esetben tudunk megfelelő légállapotú szellőztető levegőt előállítani, amennyiben a kültéri levegő azonos,

~50 kJ/kg entalpiavonalon vagy az alatt, valamint 11,5 g/kg abszolút nedvességtartalom alatt helyezkedik el a h-x diagramon (4. ábra).

A rendelet szerint, ha a 19-21 °C hőmérséklet tartomány nem tartható, úgy 19 °C KEH hőmérséklet értéket kell figyelembe venni. Amennyiben a 70 RH% belső nedvességtartalmat be kívánjuk tartani, akkor a nomogramon való iteráció után azonos befűvési légállapot adódik ki, így esetünkben a szellőztető levegő állapotjelzői mindkét esetben azonosak.



4. ábra. Az evaporatív léghűtés megfelelő működéséhez tartozó kültéri légállapotok könnyű fizikai munka esetén (a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM alapján)

Nehéz eldönteni, hogy a fentiekben meghatározott szellőztető levegő és annak minősége megfelelő, vagy nem, mivel akár 35 °C és 17 RH% levegő esetén is képesek vagyunk előállítani az esetünkben szükséges 21 °C 70 RH% szellőztető levegőt. Azonban a valóságban a példa szerinti légállapot rendkívül ritkán fordul elő. Az ilyen fajta összehasonlítás könnyen megtévesztő lehet, mivel tudunk mutatni olyan diszkrét pontokat, amelyeknél a rendszer még magas külső hőmérséklet mellett is megfelelően üzemeltethető. Ezért az összehasonlítást a légállapotokhoz tartozó fajlagos entalpia értékek alapján kell elvégezni.

Amennyiben a kültéri levegő entalpiája nagyobb, mint a szellőztető levegő meghatározott minőségéhez tartozó, úgy

nem vagyunk képesek adiabatikus hűtéssel előállítani a szükséges légállapotot. Annak érdekében, hogy képet kapjunk arról, hogy ez egy nyári szezon alkalmával mit jelent, egy debreceni meteorológiai mérőállomás [7] 2012; 2013; május elejétől-szeptember végéig tartó adatait vizsgáltuk meg, hány százalékban nagyobb a kültéri levegő fajlagos entalpiája, mint a kívánt szellőztető levegőé (2. táblázat).

2. táblázat. A kültéri légállapot a vizsgált időszakban mekkora hányadban nem megfelelő az evaporatív lég-hűtéssel való légkezelés számára (könnyű fizikai munka esetén) a 3/2002 (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet alapján

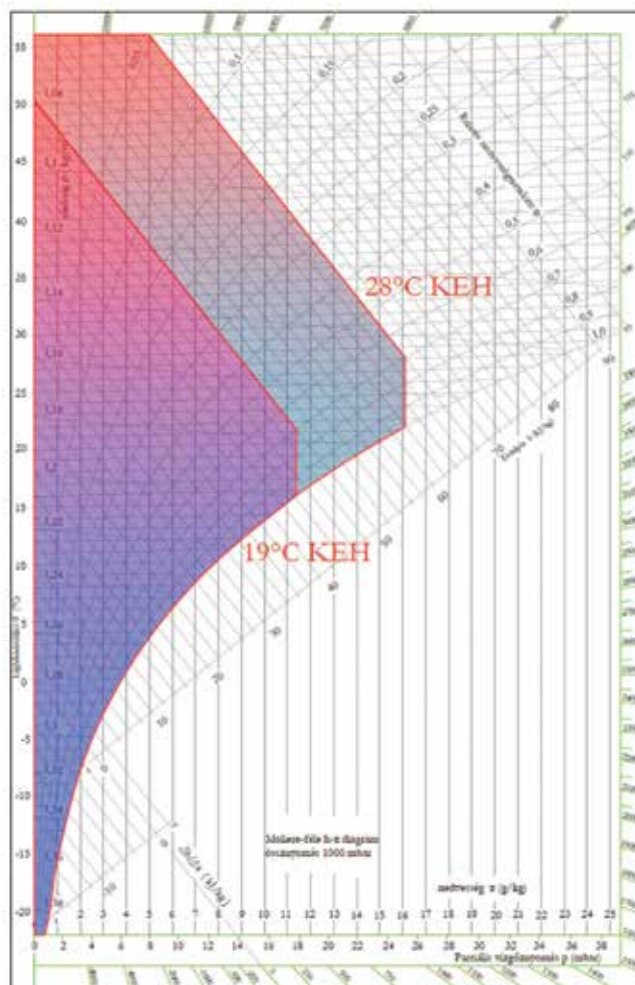
Időszak	A külső levegő fajlagos entalpiája 50 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 21 °C 70 RH%; 19 °C KEH)	A külső levegő fajlagos entalpiája 68 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 27 °C 70 RH%; 28 °C KEH)
2012. május	11,6%	0,0%
2012. június	43,1%	4,7%
2012. július	50,2%	9,3%
2012. augusztus	37,0%	3,1%
2012. szeptember	11,4%	0,0%
2013. május	12,5%	0,0%
2013. június	48,4%	6,3%
2013. július*	33,5%	0,0%
2013. augusztus	27,3%	0,0%
2013. szeptember	1,73%	0,0%

* az adatsor hiányos

A táblázatból kiolvasható, hogy a mérőállomás adatai alapján a kültéri légállapotok jelentős számban túllépték a számunkra megfelelő fajlagos entalpia korlátot. Az eredmények alapján kérdéses a direkt evaporatív lég-hűtés önmagában való alkalmazhatósága olyan munkatermek esetén, ahol könnyű fizikai, vagy ülő munkát végeznek, valamint a sugárzó hőterhelés nem haladja meg az 5 °C-ot. Természetesen általánosítani csak kiterjedtebb vizsgálat alapján lehet. Állításunk az adott vizsgálati ponton tapasztalható körülményekre vonatkozik.

Amennyiben a sugárzó hőterhelés 5 °C fölötti, a 31 °C KEH hőmérséklet megengedhető. A táblázatban példaként méretezett állapotban a beltér légállapota 27 °C 70 RH%. A globális száraz léghőmérséklet ekkor a rendelet előírása alapján legalább 32 °C. Ekkor a korrigált effektív hőérzet 28 °C KEH, 0,2 m/s relatív légsebesség mellett, és a szellőztető levegő a 68 kJ/kg fajlagos entalpia vonalon helyezkedik el (5. ábra).

A táblázat harmadik oszlopában láthatjuk, hogy a megfelelő szellőztető levegő a hűtési szezon jelentős részében előállítható. Mivel a vizsgálatok nem kellő mélységűek, ezért az adatok alapján csak annyi jelenthető ki, hogy könnyű fizikai munka esetén, amennyiben a léghőmérséklet és a globális hőmérséklet között a különbség legalább 5 °C, érdemes megvizsgálni a direkt evaporatív lég-hűtés használhatóságát, mert alternatíva lehet.



5. ábra. Az evaporatív lég-hűtés alkalmazásához megfelelő kültéri légállapotok tartománya, a 2. táblázatban szereplő esetekben (könnyű fizikai munka)

A közepesen nehéz fizikai munka esetén, a korrigált effektív léghőmérséklet számításakor a rendelet alapján megengedhető maximális légsebesség 1,0 m/s. A megengedhető korrigált effektív hőérzet 15 °C KEH. Ekkor a nomogramon elvégzett iteráció alapján a megengedhető legmagasabb beltéri léghőmérséklet (70 RH% tartása mellett) 19 °C.

Ha továbbra is feltesszük, hogy a légvezetési rendszer és a légcsereszám lehetővé teszi, hogy a szellőztető levegő légállapota legyen az uralkodó a tartózkodási zónában, úgy az evaporatív légkezeléssel akkor vagyunk képesek a megfelelő minőségű szellőztető levegőt előállítani, ha a kültéri légállapot a 42 kJ/kg fajlagos entalpiavonalra, vagy az alá esik a h-x diagramon, valamint a levegő abszolút nedvességtartalma nem haladja meg a 10 g/kg-t.

Azt, hogy a kültéri légállapot a vizsgált időszakban mekkora hányadban **nem megfelelő** az evaporatív lég-hűtéssel való légkezelés számára (közepesen nehéz fizikai munka esetén) a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet alapján a következő oldalon látható 3. táblázat mutatja.

A táblázat alapján látható, hogy a vizsgált időszak jelentős hányadában az evaporatív lég-hűtéssel nem tudjuk elérni a kívánt szellőztető levegő légállapotot, a rendelet közepesen nehéz fizikai munkára vonatkozó előírásai alapján.

3. táblázat. A nem megfelelő kültéri légállapot hányada a vizsgált időszakban közepesen nehéz fizikai munka esetén

Időszak	A külső levegő fajlagos entalpiája 42 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 19 °C 70 RH%; 15 °C KEH)	A külső levegő fajlagos entalpiája 70 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 28 °C 70 RH%; 26 °C KEH)
2012. május	30,5%	0,0%
2012. június	66,4%	3,1%
2012. július	66,4%	7,3%
2012. augusztus	55,8%	1,1%
2012. szeptember	34,6%	0,0%
2013. május	39,3%	0,0%
2013. június	74,0%	4,4%
2013. július*	66,1%	0,0%
2013. augusztus	55,0%	0,0%
2013. szeptember	12,4%	0,0%

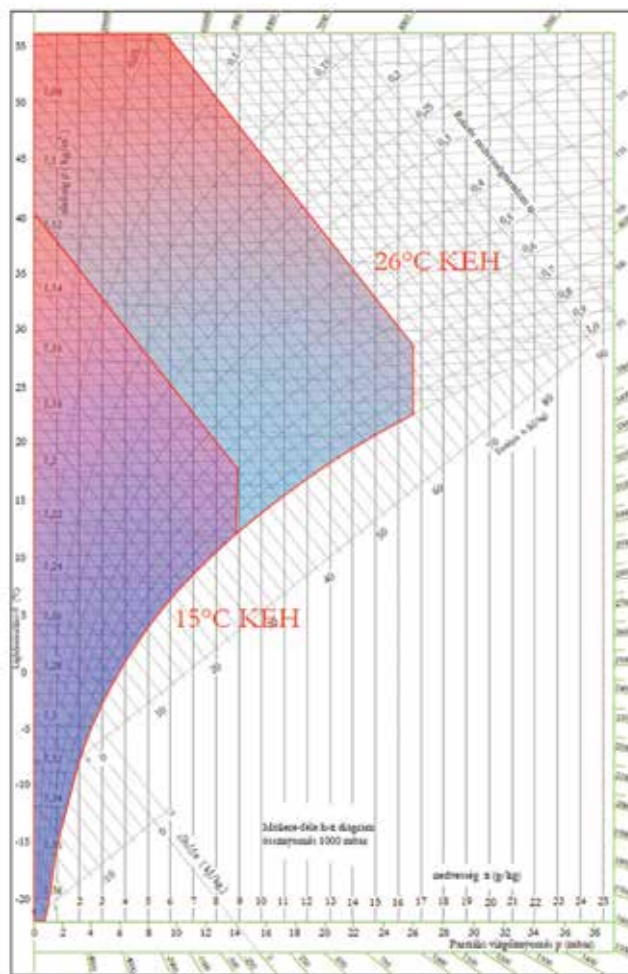
* az adatsor hiányos

A táblázat 3. oszlopában szimulálunk egy olyan esetet, amikor a beltéri léghőmérséklet és a globális hőmérséklet közötti különbség legalább 5 °C. Esetünkben a beltérben 28 °C léghőmérséklet és 33 °C globális hőmérséklet tapasztalható. Ekkor a korábbi megkötések mellett 28 °C 70 RH% szellőztető levegővel az elérhető korrigált effektív hőérzet 26 °C KEH körül alakul (6. ábra). A vizsgált meteorológiai adatok alapján a hűtési szezon jelentős részében az evaporatív hűtési eljárás valós alternatíva lehet a rendeletben előírt körülmények betartására.

Végezetül tekintsük át a nehéz fizikai munkára vonatkozó, a rendelet által meghatározott elvárásokat és azok teljesíthetőségét. A rendelet alapján a meleg évszakokban megengedhető maximális beltéri hőmérséklet 17 °C. Amennyiben ez nem tartható, úgy 13 °C KEH hőmérsékletet kell tartani. A megengedhető maximális légsebesség 1,5 m/s. A korábbi vizsgálati paramétereket megtartva a rendeletben található nomogramon elvégzett iteráció alapján az elfogadható szellőztető levegő 17,5 °C és 70 RH% állapotú. A szellőztető levegő entalpiája 40 kJ/kg.

Azt, hogy a kültéri légállapotot a vizsgált időszakban mekkora hányadban **nem megfelelő** az evaporatív léghűtéssel való légkezelés számára (nehéz fizikai munka esetén) a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelet alapján a következő oldalon látható 4. táblázat mutatja.

A táblázat 2. oszlopa alapján látható, hogy a rendelet elvárásai a vizsgált időszak jelentős részében nem teljesíthetők. A táblázat 3. oszlopában a közepesen nehéz fizikai munkánál használt példát vettük figyelembe, azzal a különbséggel, hogy a tartózkodási zónában tapasztalható korrigált effektív hőérzetet a rendelet alapján megengedhető 1,5 m/s légsebesség érték figyelembevételével határoztuk meg.



6. ábra. Az evaporatív léghűtés alkalmazásához megfelelő kültéri légállapotok tartománya a 3. táblázatban szereplő esetekben (közepesen nehéz fizikai munka)

Ekkor az azonos állapotú csarnok (azonos sugárzó hőterhelést figyelembe véve) és szellőztető levegő esetén 25 °C KEH hőmérséklet alakul ki (7. ábra, lásd a következő oldalon).

A táblázat 3. oszlopában szereplő adatok alapján a direkt evaporatív léghűtés alkalmazása nehéz fizikai munka és magas sugárzó hőterhelés esetén valós alternatíva lehet.

Összefoglalás

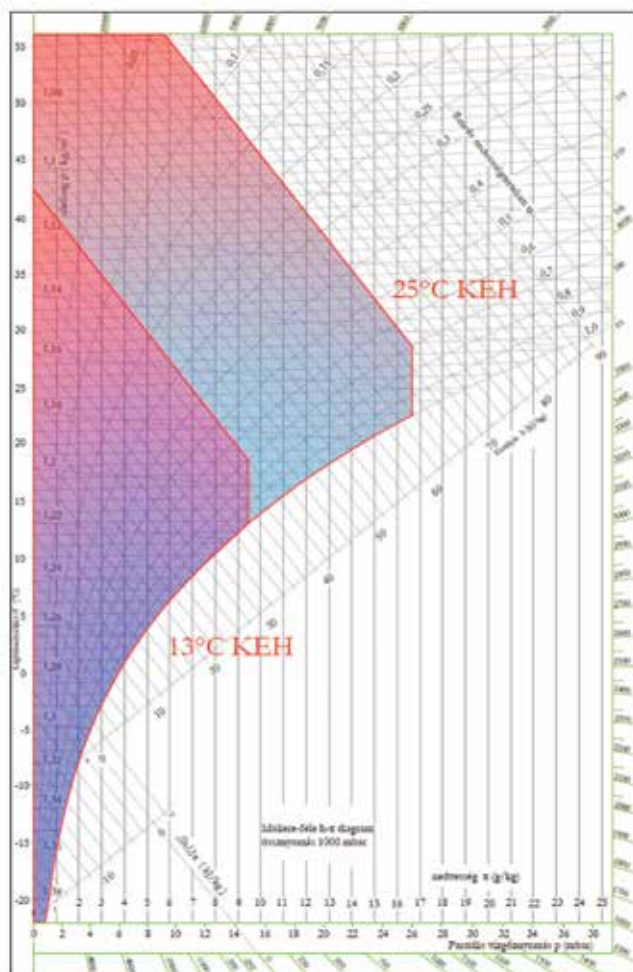
Ahhoz, hogy végső következtetéseket vonhassunk le, további vizsgálatok szükségesek, annyi azonban kijelenthető, hogy a 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet által megfogalmazott elvárások közül az evaporatív hűtési technológia a magasabb globális léghőmérsékletű helyiségek kiszolgálásához jobban illeszthető. Emellett az is látható, hogy a légkezelési eljárás akkor képes a lehető legnagyobb időhányadban megfelelő módon kiszolgálni a munkakörnyezet, ha a befűjt levegő állapota közel azonos a munkakörnyezetével.

Ez csak igen nagy lokális légcsereszám esetén megoldható, ami mikroklíma, elárasztásos valamint kiszorításos légvezetési rendszerek alkalmazását teheti javallottá, helyszíntől függően.

4. táblázat. A nem megfelelő kültéri légállapot hányada a vizsgált időszakban nehéz fizikai munka esetén

Időszak	A külső levegő fajlagos entalpiája 40 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 17,5 °C 70 RH%; 13 °C KEH)	A külső levegő fajlagos entalpiája 70 kJ/kg fölötti (beltéri légállapot: 28 °C 70 RH%; 25 °C KEH)
2012. május	35,3%	0,0%
2012. június	69,3%	3,1%
2012. július	70,7%	7,3%
2012. augusztus	61,4%	1,1%
2012. szeptember	40,0%	0,0%
2013. május	47,9%	0,0%
2013. június	82,3%	4,4%
2013. július*	75,7%	0,0%
2013. augusztus	60,9%	0,0%
2013. szeptember	18,8%	0,0%

* az adatsor hiányos



7. ábra. Az evaporatív léghűtés alkalmazásához megfelelő kültéri légállapotok tartománya a táblázatban szereplő esetekben (nehéz fizikai munka)

A rendelet adatait látva gondolhatjuk, hogy nagyon kevés létesítményben, munkacsarnokban alakítanak ki a rendelet betűit tökéletesen betartó rendszert. Azonban míg a zárt hűtőköri körfolyamat esetében kapacitásnöveléssel és energia ráfordítással a kívánt belső légállapot elérhető, addig az adiabatikus hűtés esetén fizikai korlátokba ütközünk.

A fentiek ellenére az evaporatív hűtési eljárás nem véletlenül terjed. Energetikai szempontokat figyelembe véve a hűtési eljárás rendkívül potens, így üzemeleési körülményeinek vizsgálatával, valamint méretezési gyakorlatának kialakításával foglalkozni szükséges.

Vizsgálatunk alapján azokban az esetekben, amikor az evaporatív hűtési eljárás önmagában nem képes a munkatér kiszolgálására a teljes hűtési szezonban, alkalmazása, kiegészítő hűtési eljárásként elképzelhető. További vizsgálat tárgyát képezheti az indirekt és direkt evaporatív hűtés együttes alkalmazásának elemzése, valamint a léghűtéses kondenzátorok adiabatikus hűtésének hatása.

A 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM rendelettel kapcsolatban több kérdés nem tisztázott. A rendelet nem ad egyértelmű utasítást a légsebesség mérésével kapcsolatban, illetve nem értelmezi és kezeli a sugárzási aszimmetria fogalmát. A rendelet nem került harmonizálásra az EU-ban alkalmazott, belső környezeti paraméterekre vonatkozó szabványokkal (MSZ CR 1752, MSZ EN ISO 7730, MSZ EN 15251) [8]. Mivel azonban egy hatályos rendeletről beszélünk, így elsősorban az annak való megfelelést kell megvizsgálnunk.

Irodalomjegyzék

- [1] *Baumann Mihály*: Épületenergetikai segédlet MMK kiadvány; 2016; ISBN: 978-615-80452-4-7; 7-19. o.
- [2] *Marcsov Sándor*: Légtechnika I. A légtechnika elméleti alapjai; Debreceni Egyetem Műszaki kar; Debrecen, 2010; 13-15. o.
- [3] Univerza-Légtechnika Kft. www.univerza.hu (2020.05.09.)
- [4] Univerza-Légtechnika Kft. www.univerza.hu (2020.05.09.)
- [5] *Dr. Kalmár Ferenc*: A belső környezet minősége TERC Kiadó; Budapest, 2013. ISBN: 978-963-9968-58-5; 147-150. o.
- [6] 3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM együttes rendelet net.jogtar.hu (2020. 05. 09.)
- [7] amsz.hu (2017.10.05.)
- [8] Témavezető: *Nagy Gyula*; készítette: *dr. Kalmár Ferenc*: Épületgépészeti energetika és komfort jogszabályok és szabványok; MMK kiadvány FAP 11-2016; 29-34. o.