



IZS MSS-02/2020

**SMERNICA
VISOKO-ZMOGLJIVE STAVBE,
RAZVLAŽENJE ZRAKA
IN KORONA VIRUS**



IZS MSS-02/2020

SMERNICA VISOKO-ZMOGLJIVE STAVBE, RAZVLAŽENJE ZRAKA IN KORONA VIRUS

Pripravil:

PI Mitja Lenassi, univ.dipl.inž.str., CxA

Oblikovanje:

Mirjam Pezdirc

Izdala:

**Inženirska zbornica Slovenije
Matična sekcija strojnih inženirjev,
Jarška cesta 10/b, Ljubljana**

Oblika izdaje:

Elektronska verzija, dostopno na www.izs.si

Ljubljana, oktober 2020



VISOKO-ZMOGLJIVE STAVBE, RAZVLAŽENJE ZRAKA IN KORONA VIRUS

»Letošnje poletje so zaznamovali pogosti prodori hladnega in vlažnega zraka, ki so prekinjali nekajdnevna vroča obdobja. Zelo neprijetno in obremenjujoče je bilo soparno vreme zadnjih nekaj julijskih dni in prvi dan avgusta. Za občutljive so bile vremenske razmere močno obremenilne ne samo minuli konec tedna, ampak tudi v prvi polovici tega tedna,« je eden od dnevnih časopisov citiral meteorologinjo mag. Tanjo Cegnar. Kakšna so sicer stanja zraka julija v običajnem meteorološkem letu (Typical Meteorological Year – TMY), ki se uporabljajo pri projektiranju z energijo povezanih stavbnih sistemov, in kakšna so bila stanja v letošnjem juliju, je prikazano v diagramih vlažnega zraka v prilogi 1. Razvidno je, da je bil letošnji julij res precej bolj vlažen od običajnega.

Soparno pa letošnjega julija ni bilo samo na prostem, takšen občutek so izpostavljali tudi prenekateri uporabniki poslovnih stavb. Kako je to mogoče, saj so stavbe večinoma hlajene? Odgovor je preprost: Ker razvlaženje zraka med našimi projektanti ne predstavlja pogostega postopka obdelave zraka, ampak ti za poletno obdobje praviloma načrtujejo samo hlajenje. Razvlaženje je zato omejeno zgolj na stranski učinek hlajenja, ki ima v primerih, ko zaradi hladnejših temperatur brez sončnega sevanja hlajenje niti ni potrebno, ali se izvaja njegovo delovanje s precej znižano sposobnostjo, kar ima za posledico neizločitev vlage iz zraka.

Kako težavo s previsoko vlažnostjo rešuje standard za načrtovanje visoko-zmogljivih stavb, kako so te opredeljene, tudi osnovni standard za načrtovanje kakovosti notranjega zraka, kakšen vpliv ima vlažnost na zdravje in storilnost ljudi, kot tudi kako je to povezano s korona virusom, spoznate v nadaljevanju.

Pojem »visoko-zmogljiva stavba« (ang. High-Performance Building; z okrajšavo zapisano kot HPB) obsega več kot »zelena« (ang. Green) ali »trajnostna« (ang. Sustainable; smiselno vzdržna za okolje, naravo). Obsega tudi več kot »skoraj nič-energijska« in/ali »neto nič-energijska« stavba, kateri prvenstveni cilj predstavlja raba energije. Zmanjševanje vpliva na okolje, kot tudi rabe energije, je sestavni del visoko-zmogljive stavbe, vendar mora stavba hkrati zagotavljati zdravo in prijetno notranje okolje, biti mora stroškovno učinkovita, ne samo ob gradnji, temveč v njeni celotni življenjski dobi. Dejavniki, ki jih mora projektant pri tem upoštevati, predstavljajo tudi delovanje, vzdrževanje in trpežnost. Stavba, označena kot visoko-zmogljiva, je uspešna v svojem celotnem življenjskem krogu na naslednjih področjih:

- Zmanjšanju porabe naravnih virov.
- Zmanjšanju izpustov, ki negativno vplivajo na zemljino ozračje in s tem tudi notranje okolje, zlasti tistih, povezanih s kakovostjo zraka v zaprtih prostorih, toplogrednimi plini, globalnim segrevanjem, delci v zraku delci ali kisli dežjem.
- Optimizaciji kakovosti notranjega okolja (IEQ).
- Zmanjšanju izpustov trdnih odpadkov in tekočih odpadnih vod, vključno z gradbenimi in uporabniškimi odpadki, kanalizacijo in meteorno vodo ter pripadajočo infrastrukturo, potrebno za tovrstno odstranjevanje.
- Zmanjšanju negativnih vplivov na okolico.
- Optimizaciji vključitve projekta nove stavbe v celotno grajeno in urbano okolje; resnično visoko-zmogljiva stavba ne bi smela izhajati ali biti obravnavana kot nastajajoča v praznini, temveč z vključitvijo v celotni družbeni kontekst.

Bolj obsežna opredelitev je pomembna, saj obravnava stavbo celovito in ne dopušča morebitna žrtvovanja na drugih področjih, kot v primeru, če se osredotoči samo na posameznega. Če se omeji samo na porabo energije ali ogljikov odtis stavbe, bi se lahko v poletnih mesecih zvišala temperatura prostora, ali bi se odpovedalo razvlaženju, z namenom zmanjšanja potrebne količine hladilne energije. Vendar to posledično pomeni zmanjšano ugodje in v zameno žrtvovanje delovne storilnosti. Visoko-zmogljiva stavba obravnava priložnosti v zvezi z rabo energije, vendar hkrati zagotavlja, da dejavnost stavbe (delovna storilnost uporabnikov, seveda, tudi zdravje), ni ogrožena.

Medsebojno povezanost storilnosti zaposlenih, dojemljivosti za učenje, kot posledico ugodja v prostoru, človeških bolezni zaradi okužb, kot tudi nalezljivost patogenov (med katerimi je korona virus) in relativne vlažnosti zraka, slikovno prikazuje priloga 2. Iz te nedvoumno izhaja, da je za človeško zdravje in delovanje optimalna relativna vlažnost znotraj območja med 40 do 60 %. Zato ciljno stanje prostorskega zraka pri visoko-zmogljivih stavbah predstavlja okvir, ki ga tvorijo sečišča temperatur 21 in 24 °C in relativne vlažnosti 40 in 60 %, kot je to prikazano v diagramu vlažnega zraka v prilogi 3.

Projektiranje visoko-zmogljivih stavb obravnava ANSI/ASHRAE/ICC/USGBC/IES Standard 189.1-2017 Standard for the Design of High-Performance Green Buildings - Except Low Rise Residential Buildings. V njem so za stavbe v podnebnih področjih¹ 3A in 4A, kamor spadajo mesta in kraji na Primorskem in Goriškem, v osrednjem delu tudi Ljubljana, postavljene v točki 8.3.1.6.1 prav posebne zahteve tudi za hladilnik/razvlažilnik zraka.

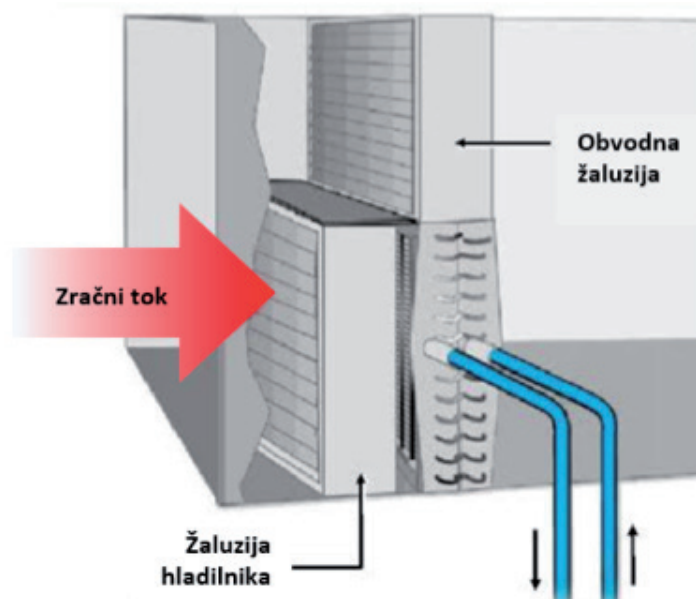
8.3.1.6.1 Hladilnik zraka

HVAC sistemi z zmožnostjo razvlaženja morajo biti zasnovani v podnebnih področjih 0A, 1A, 2A, 3A, 4A in 4C na enega od naslednjih načinov:

- a) Kadar sistemi s kroženjem povratnega zraka brez sredstev za zaznavanje vlažnosti v posameznem HVAC območju, morajo taki sistemi vključevati krmiljenje, zmožno vzdrževanja povprečne izstopne temperature zraka iz hladilnika 12 °C ali nižje, in vključevati naprave in krmiljenje, sposobne vzdrževanja nastavljenih vrednosti temperature v vsakem HVAC območju z enim od naslednjih pristopov:
 - 1 Spreminjanje pretoka dovodnega zraka HVAC območja
 - 2 Spreminjanje pretoka povratnega zraka mimo vsakega hladilnika, namenjenega enemu ali večim HVAC območjem
 - 3 Spremenljivo dogretje dovodnega zraka HVAC z uporabo na mestu ponovno zajete energije ali na mestu zajete sončne energije
- b) Kadar zračni sistemi s 100-odstotnim deležem zunanjskega zraka zagotavljajo pred-pripravljen zunanji zrak za prezračevanje in takšni sistemi ne vključujejo sredstev za zaznavanje vlažnosti v posameznem HVAC območju, mora 100-odstotni zunanji zračni sistem vključevati naprave in krmiljenje, zmožno vzdrževanja povprečne izstopne temperature zraka iz hladilnika 12 °C ali nižje.
- c) Kadar sistemi vključujejo sredstva za zaznavanje relativne vlažnosti v HVAC območju, morajo taki sistemi vključevati naprave in krmiljenje, ki lahko omejijo relativno vlažnost HVAC območja na neprekoračitev 65% relativne vlažnosti za več kot 48 zaporednih ur.

Zapisano pomeni, da mora ob potrebnem razvlaženju in brez nadzora vlažnosti v posameznem HVAC območju izstopna temperatura hladilnika v sistemih z obtočnim zrakom ves ta čas znašati največ 12 °C, krmiljenje temperature HVAC območij pa se potem izvaja na tri možne načine, ali 1) s spreminjanem vtočne količine 12 °C zraka, ali 2) vodenjem dela zraka mimo hladilnika z izstopno temperaturo 12 °C, kar kaže primer na sliki 1, in 3) z dogretjem zraka z na mestu zajeto zavrženo ali sončno energijo.

¹ Obrazložitev meril za določevanje podnebnih področij je mogoče najti v obstoječem (in tudi posodobljenem) prevodu ASHRAE Standarda 90.1, dosegljivem na medmrežni strani IZS



Slika 1: Obvod dela zraka mimo hladilnika z izstopno temperaturo 12 °C

Za primere prezračevalnih sistemov, to je za sisteme s 100% zunanjim zrakom (DOAS – Dedicated Outdoor Air System), kar se pogosto uporablja pri nas, v primeru potrebnega razvlaženja in ob ne nadzirani vlažnosti v posameznem HVAC območju, mora izstopna temperatura hladilnika ves ta čas znašati največ 12 °C.

Za primere, kjer se vlažnost zraka v HVAC območjih nadzira, je potrebno razvlaženje izvajati na način, da vlažnost 65% ni prekoračena za več kot 48 zaporednih ur.

Vezano na zahteve za sisteme prezračevanja, je primerno iz naslova izkoriščenosti energije izpostaviti še posebno zahtevo ANSI/ASHRAE/IES Standarda 90.1-2016 Energy Standard for Buildings - Except Low Rise Residential Buildings², predstavljeno spodaj v okvirju.

6.5.2.6 Krmiljenje gretja zraka za prezračevanje

Naprave, ki dovajajo zrak za *prezračevanje* večim območjem in delujejo v povezavi z območnimi grelnimi in hladilnimi *systemi*, ne smejo uporabljati gretje ali zajemanje toplote za gretje dovodnega zraka preko 16 °C, kadar reprezentativna obremenitev *stavbe* ali temperatura *zunanjega zraka* kažeta na to, da večina območij zahteva hlajenje.

2 Prevod poglavij s področja strojništva »Energijskega standarda za stavbe, razen za nižje stanovanjske«, izdaja 2016, sedaj obsežno dopolnjen še z izrazoslovjem in nekaterimi tehničnimi dodatki, skupaj s posodobljenimi projektnimi podnebnimi projektnimi podatki za slovenska mesta in kraje, je trenutno pri oblikovalcu in bo na razpolago našim članom kmalu.

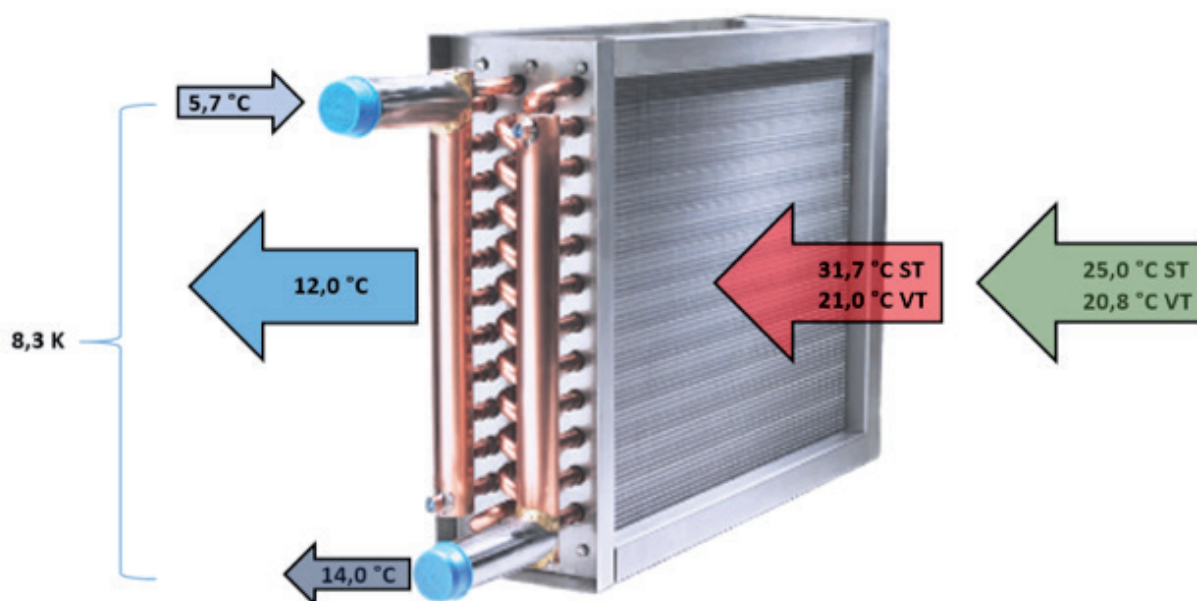
Pomeni, energijski standard zahteva, da se ohlajen in razvlažen zunanji zrak za prezračevanje najprej uporabi še za hlajenje prostorov, kadar ti to zahtevajo, in ne morda z osrednjo napravo dogreje na nevtralno temperaturo, na primer na 21 °C. Te (energijske) težave pri slovenskih prezračevalnih sistemih običajno ni zaznati, ker projektanti sploh ne predvidijo njegove ohladitve na nižje od 18 do 20 °C, tako da do razvlaženja zraka ni oziroma do te skorajda ne pride. (Pre)visoka notranja vlažnost tako predstavlja težavo za človeško zdravje in storilnost, kot to že predstavljeno slikovno v tabeli 2, neredko tudi za samo stavbo in opremo v njej.

Isti energijski standard zahteva za večjo energijsko izkoriščenost pri izboru tekočinskega hladilnika zraka še dvoje, oboje prikazano v okvirju na naslednji strani.

6.5.4.7 Izbor hladilnika zraka s hlajeno vodo

Hladilniki zraka s hlajeno vodo se izberejo tako, da zagotavljajo 8,3 K ali višjo temperaturno razliko med izstopno in vstopno temperaturo vode in najmanj izstopno temperaturo vode 14 °C pri *projektnih pogojih*.

Primer obeh teh zahtev (8,3 K temperaturni razpon in izstopna temperatura najmanj 14 °C) ob uporabi projektnih vrednosti zunanjega stanja za Ljubljano pri izračunu vršnih hladilnih obremenitev (31,7 °C suhi termometer @ 21,0 °C vlažni termometer) oziroma razvlažilnih obremenitev (25,0 °C suhi termometer @ 20,8 °C vlažni termometer) ter za izstopni zrak s temperaturo 12 °C, kaže slika 2.



Slika 2: Projektna stanja hladilnika zraka za Ljubljano z izstopno temperaturo 12 °C in izpolnjeno zahtevo standarda po razponu $\geq 8,3$ K in izstopni temperaturi vode $\geq 14,0$ °C

Izpostavljena zahteva standarda je povsem skladna z zahtevo, postavljeno v drugem odstavku točke 5.2 Hladilne in klimatske naprave v TSG-1-004: 2010, kjer je za sisteme z razvlaženjem zahtevan temperaturni razpon 6/14 °C.

V prilogi 3 sta v diagramu vlažnega zraka prikazana še dva poteka hlajenja, prvi za prezračevalno napravo s projektnim stanjem zunanjega zraka za razvlaženje za Ljubljano, drugi za hladilno napravo z obtočnim zrakom z vstopnim stanjem 26 °C @ 50 % r. v. Ob tem še pojasnili dveh, za izračun in delovanje hladilnika zraka pomembnih tehničnih pojmov, obeh prikazanih tudi v diagramu v prilogi 3.

Točka rosišča naprave (ADP – Apparatus Dew Point): efektivna temperatura površine hladilnika pri razvlaženju; to je temperatura do katere bi se ves dovoden zrak ohladil, če bi ta v 100 % prišel v stik s površino hladilnika. Na diagramu vlažnega zraka je to presečišče premice stanja in krivulje nasičenosti, pri čemer je premica stanja črta, ki gre skozi točko vstopnega zraka z naklonom, opredeljenim z razmerjem občutene toplote ([bruto občutna zmogljivost] / [bruto skupna zmogljivost]).

Dejavnik obvoda (BF – Bypass factor): lahko si ga predstavljamo kot odstotek porazdeljenega zraka, ki ne pride v stik s površino hladilnika; preostali zrak naj bi izstopil iz hladilnika pri povprečni temperaturi njegove površine (točke rosišče naprave).

Zahteva za večji temperaturni razpon in višjo izstopno temperaturo ima za posledico večjo površino hladilnikov zraka, vendar manjše črpalke in cevovode, kar oboje navadno rezultira v nižje začetne stroške. Izpolnitev teh zahtev praviloma izboljša tudi izkoristek hladilnika tekočine (višja vstopna temperatura) in zmanjša energijo črpanja (večji temperaturni razpon), čeprav te prihranke delno zmanjša povečana pogonska energija ventilatorja. Predstavljena zahteva standarda pozna tudi izjeme, na primer za hladilnike z večjim padcem tlaka od 175 Pa pri natočni hitrosti 2,54 m/s in suhih pogojih, za posamezne ventilatorske konvektorje, naprave z nespremenljivim pretokom zraka, pasivne hladilnike zraka...

Predstavljena prva izjema ima osnovo v ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, točka 5.13.2, ki se nanaša na možnost čiščenja lamelnega toplotnega prenosnika zaradi čiščenja.^{3,4} Razumljivo je, da se globlji toplotni prenosniki, to je tisti z več cevni vrstami, in tisti z manjšim lamelnim razkorakom, težje čistijo, pri čemer imajo oboji za posledico večji padec tlaka na zračni strani. Zato so pripravljavci standarda kot nadomestni ukrep uporabili ravno omejitev padca tlaka.

3 Podobno omejitev globine posameznih prenosnikov toplote zaradi možnosti čiščenja pozna v točki 6.5.8.1 tudi nemški standard, ki obravnava prezračevanje zdravstvenih stavb, DIN 1946-4: 2018. Ta omejuje tudi lamelni razkorak na splošno na 2,0 mm, za hladilnike na najmanj 2,5 mm.

4 V zvezi z zahtevami istega ASHRAE standarda glede onesnaževal v zraku velja opozoriti na članek s konca 2016 z naslovom: »Onesnaževala: trdni delci PM10, PM2,5 in ozon; Dolžnosti projektanta sistema prezračevanja«, dosegljivega na medmrežnem naslovu IZS: <http://arhiv.izs.si/file-admin/dokumenti/mss/Clanek-onesnazevala.pdf>

5.13.2 Izbira zračnega lamelnega prenosnika toplote zaradi čiščenja

Posamezni lamelni prenosniki toplote ali več takšnih zaporednih prenosnikov brez vmesnega prostora za dostopanje najmanj 460 mm morajo biti izbrani z največjim padcem tlaka 175 Pa pri natočni hitrosti 2,54 m/s in suhih pogojih.

Vežano na z zagotavljanjem pogojev, povezanih z zdravjem, in vlažnost zraka v prostorih stavb je pomembna tudi spodnja točka istega standarda.

5.10 Najvišja temperatura rosišča v zaprtih prostorih v stavbah z mehanskim hlajenjem

Stavbe ali prostori, opremljeni z opremo za mehansko hlajenje ali z njo oskrbljeni, morajo biti opremljeni z razvlažilnimi sklopi in krmiljenjem, ki omejujejo vlažnost prostora na najvišjo točko rosišča 15 °C, tako v času zasedenosti in nezasedenosti, kadarkoli znaša točka rosišča zunanjega zraka preko 15 °C. Mejna vrednost točke rosišča ne sme biti presežena za primer analize delovanja sistema z zunanjim zrakom pri projektnih pogojih razvlaženja (to je projektni točki rosišča pri povprečni sovpadajoči temperaturi suhega termometra) in ob notranjih prostorskih obremenitvah (tako občutljivih kot skritih) pri projektne vrednosti stanja zraka pri hlajenju in z obremenitvijo sončnega sevanja enako nič.

Izjeme za 5.10:

1. Stavbe ali prostori, ki niso opremljeni z opremo za mehansko hlajenje, niti niso z njo oskrbovani.
2. Stavbe ali prostori, opremljeni z materiali, sklopi, premazi in pohištvo, ki so odporni na mikrobiološko rast in jih stalno visoke točke rosišča zraka v zaprtih prostorih ne poškodujejo.
3. V obdobjih nezasedenosti preko noči, ki ne presega čas 12 ur, mejno vrednost točke rosišča 15 °C ni potrebno uporabiti, če relativna vlažnost v zaprtih prostorih kadar koli v teh urah ne preseže 65 %.

Informativni opombi:

1. Primeri prostorov so pršne kabine, zaprta kopališča, kuhinje, zdraviliške točke ali pol-hlajeni skladišni prostori, ki vsebujejo shranjene vsebine, ki jih ne poškodujejo nenehno visoke točke rosišča zraka ali rast mikrobov.
2. Ta zahteva zmanjšuje tveganje za rast mikrobov v stavbah in njihovih votlih prostorih, ker omejuje maso notranje vodne pare, ki lahko kondenzira ali absorbira v mehansko ohlajene površine. Omejitev točke rosišča je izrecno razširjena na obdobja nezasedenosti zaradi obsežnih javno podanih zabeležb o rasti plesni v šolah, stanovanjih, študentskih domovih in javnih stavbah, ki se hladijo s prekinitvami, ko je rosišče zunanjega zraka nad 15 °C.

V prilogi 3 oranžna črta prikazuje vrednost absolutne vlažnosti 11,0 g/kg, ki se zaključi na točki rosišča pri 15 °C. To je torej vrednost, za katero standard zahteva, da ni prekoračena oziroma časovno omejeno prekoračena. Spodnji izračun kaže primer, za koliko je potrebno zrak v hladilniku še bolj ohladiti in posledično razvlažiti, da ne prihaja do prekoračitve vrednosti rosiščne temperature 15 °C oziroma vrednosti 11,0 g/kg.

Primer poslovne stavbe s 100 osebami, vsi z lahko pisarniško dejavnostjo, pri čemer znaša projektna količina zunanjega zraka 30 m³/h na osebo. Lahka dejavnost povzroča skrite (latentne) obremenitve v višini 40 W na osebo, kar je enako izločanju vlage 60 g/h na osebo. Vlažnost zraka v prostorih se zagotavlja izključno s prezračevalnim sistemom, ker je zaradi energijske izkoriščenosti za hlajenje izbran eden od sistemov brez razvlaževanja – višje temperaturni sistem. Izračun povišanja vlažnosti v stavbi zaradi oseb:

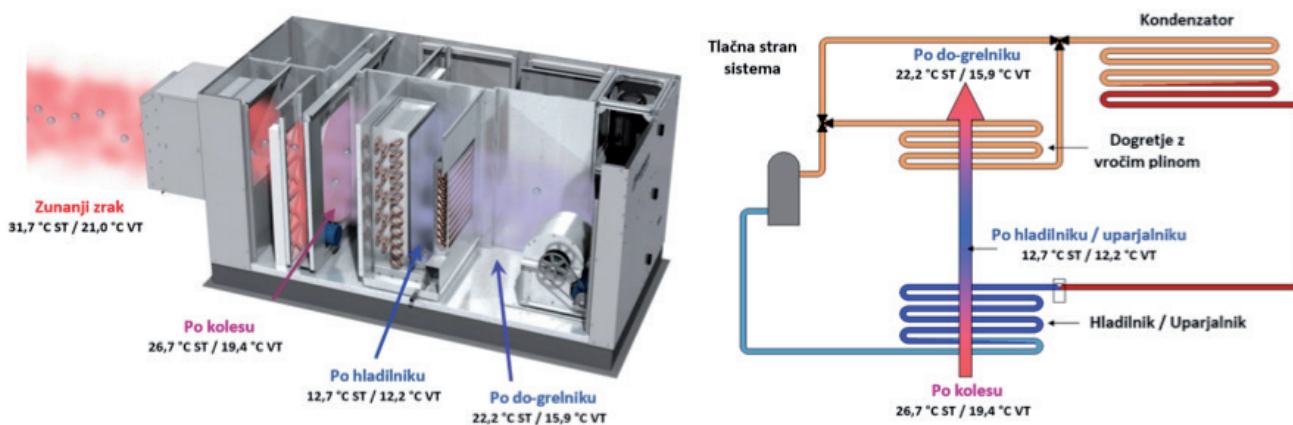
Število oseb	n = 100
Količina zunanjega zraka na osebo	V _{zz,os} = 30 m ³ /h na osebo
Skupna količina zunanjega zraka	V _{zz} = 3000 m ³ /h
Skrita (latentna) obremenitev posameznika	Q _{lat} = 60 g/h na osebo
Skrita (latentna) obremenitev	Q _{lat} = 6000 g/h

$$\mathbf{dx = 6000 \text{ g/h} / (3000 \text{ m}^3/\text{h} * 1,2 \text{ kg/m}^3) = 1,67 \text{ g/kg}}$$

V prilogi 4 je prikazan potek hlajenja in razvlažitve zraka z rezultati izračunov ključnih vrednosti. Iz teh izhaja, da znaša za neprekoračitev vrednosti rosiščne temperature 15 °C (absolutne vlažnosti 11,0 g/kg) potrebna izstopna temperatura iz hladilnika 12,7 °C, kar je dejansko enako tistemu, kar zahteva standard visoko-zmogljivih stavb. Pri tem ne gre spregledati, da je standard 189.1 za visoko-zmogljive stavbe iz leta 2017, izpostavljeni standard za zagotavljanje notranje kakovosti zraka s prezračevanjem pa izpred enega leta. Pomeni, standardi se spreminjajo zelo hitro, in kar je bila še pred nekaj leti izjemna zahteva, zahteva za visoko-zmogljive stavbe, predstavlja danes zahtevo za vsako sodobno stavbo.

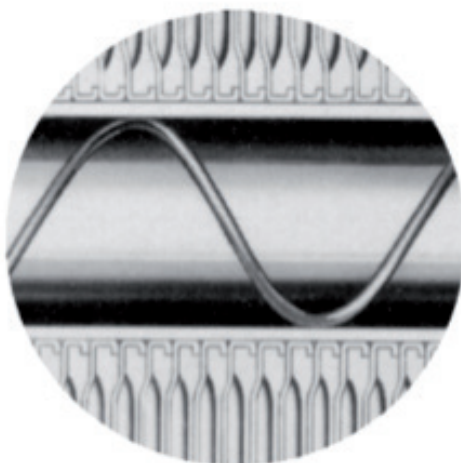
POVZETEK:

- Zaradi zagotavljanja zdravega okolja in visoke storilne sposobnosti, je potrebno v prostorih vlažnost zraka vzdrževati med 40 in 60 %. To območje je najmanj primerno tudi za nalezljivost patogenov, med katere se uvršča Covid-19. Ciljni okvir načrtovanja notranjih stanj zraka predstavlja območje, ki ga tvorijo poteki temperatur 21 in 24 °C in relativne vlažnosti 40 in 60 %.
- Sodobne stavbe morajo biti načrtovane s sposobnostjo razvlaževanja zraka, pri čemer pri projektnih pogojih za razvlažilne obremenitve pri tehnični analizi dokazano ne sme priti do prekoračitve vrednosti rosiščne temperature 15 °C. To načeloma narekuje izbor izstopne temperature iz hladilnika zraka 12 °C.
- Nadzor vlažnosti je v običajnih stavbah najpreprosteje zagotavljati s sistemom prezračevanja, ki mora biti praviloma tako ali tako načrtovan. Tudi zaradi tega ima izdaja energijskega standarda iz 2016 že vzpostavljeno posebno merilo ocenjevanja energijske izkoriščenosti za namenske prezračevalne sisteme (DOAS), ki se izkazuje skozi kazalnik ISMRE (Integrated Seasonal Moisture Removal Efficiency). Slika 3 kaže primer enovite namenske prezračevalne naprave (DOAS) z energijskim kolesom za zajemanje energije zavrženega zraka, DX hladilnikom / razvlaževalnikom in vanjo vključenim do-grelnikom zraka z vročim plinom. Optimiranje delovanja naprave se izvaja s 3-potnim ventilom in preusmerjanjem energije vročih plinov hladiva v odvisnosti od zunanjih temperatur in hladilnih potreb posameznih prostorov.



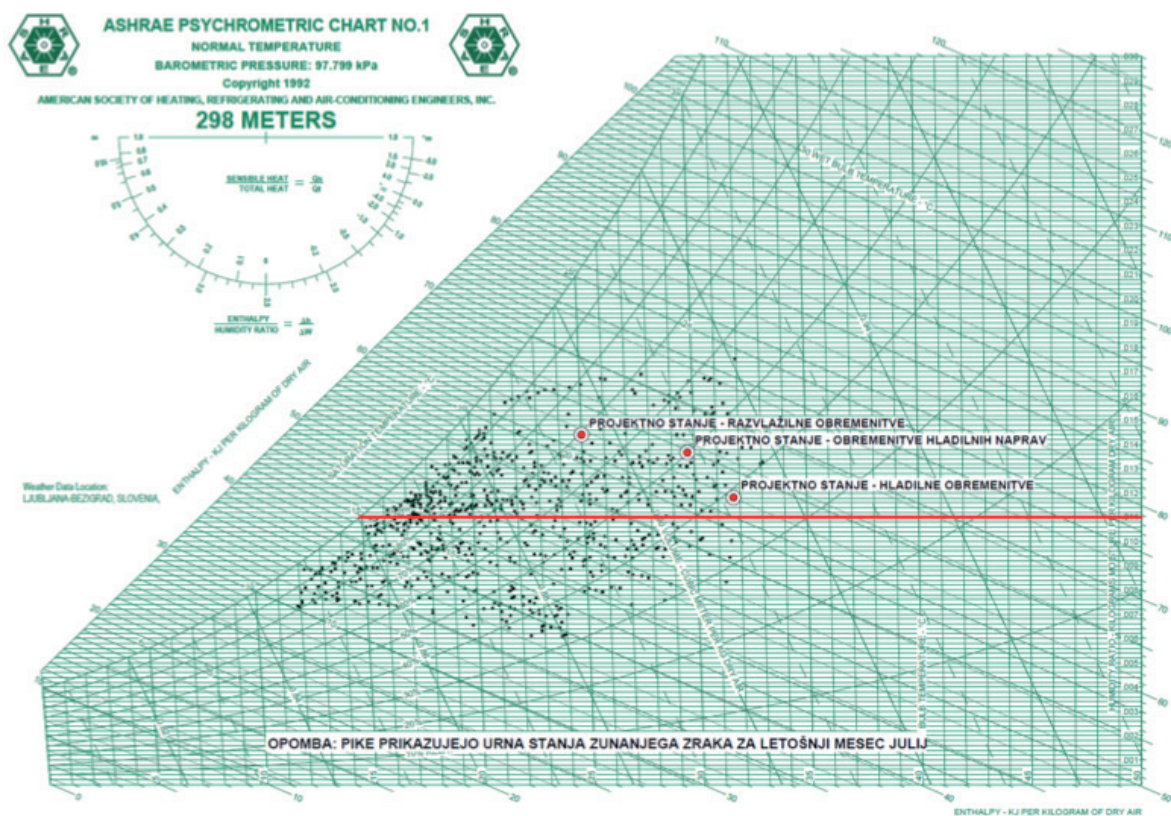
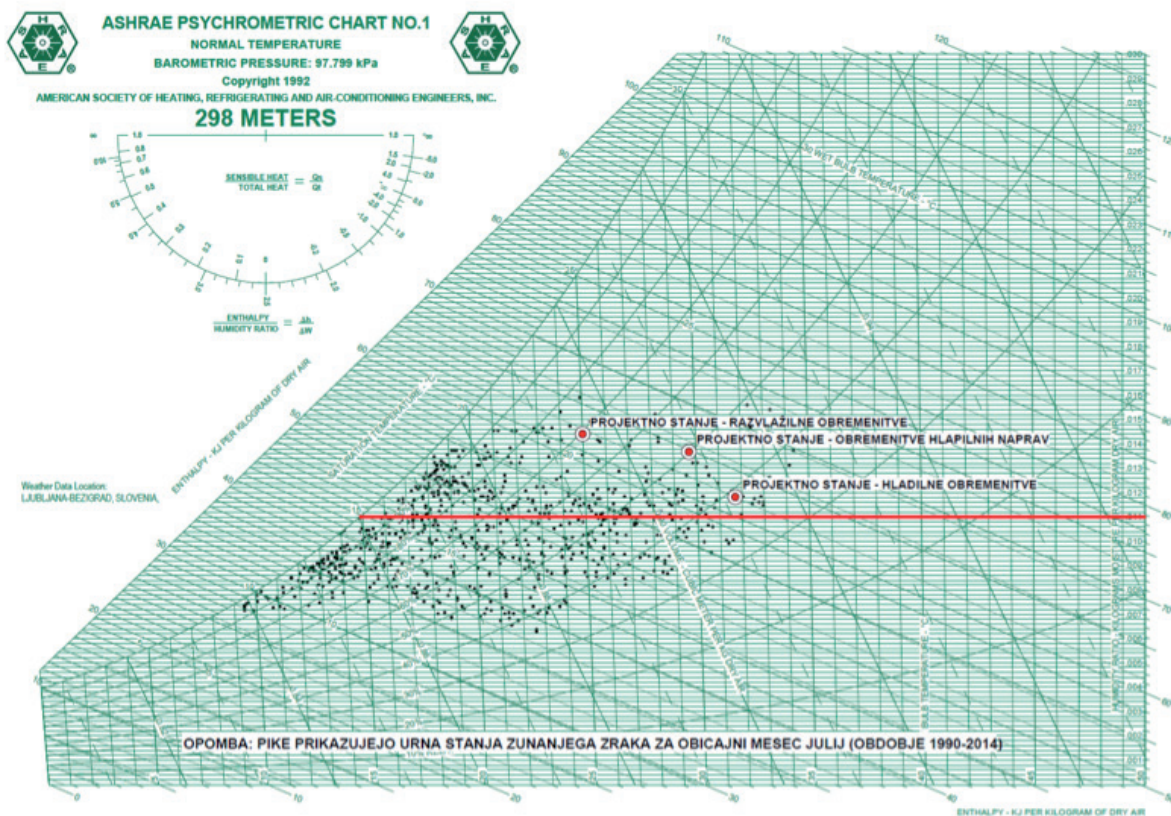
Slika 3: Primer namenske prezračevalne naprave z vgrajenim DX

- V standardih postavljene zahteve, tako iz vidika energije, kot tudi higijene, predstavljajo precejšen izziv tudi proizvajalcem prenosnikov toplote in naprav, saj ima takšen prenosnik najmanj 6 cevni vrst, gostejšo nasaditev lamel, za ustrezno delovanje pri delnih obremenitvah je lahko potrebna tudi vstavitvev cevni turbulatorjev, ki ustvarjajo turbulentni tok znotraj cevi tudi pri znižanem pretoku, kar prikazuje slika 4.

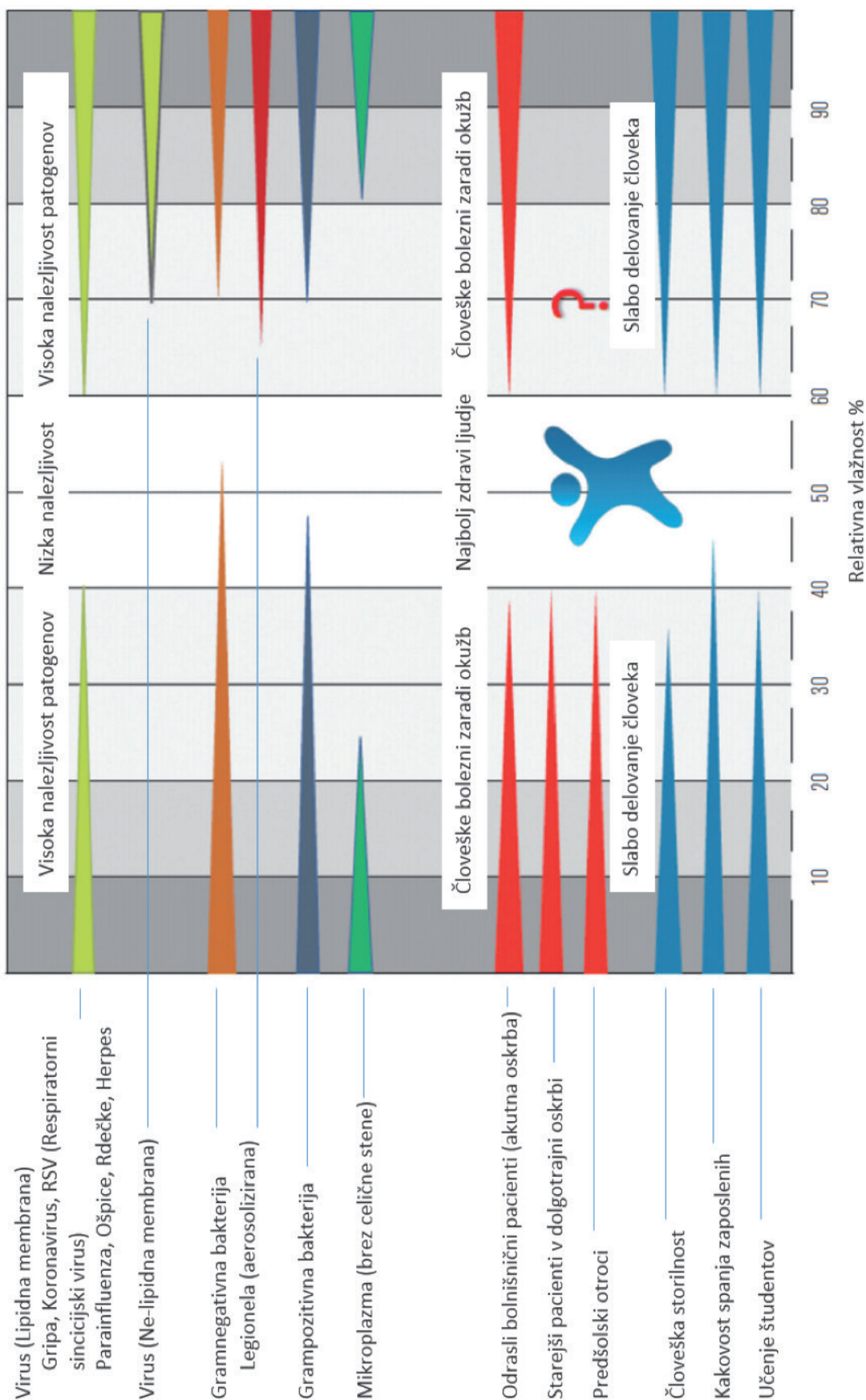


Slika 4: Primer turbulatorja v cevi prenosnika toplote

- Hlajenje / razvlaženje zunanjega zraka je s ciljem iskanja večje energijske izkoriščenosti lahko smiselno izvajati v dveh, zaporedno postavljenih prenosnikih toplote. V prvem se izvaja hlajenje z vodo, z višjim temperaturnim razponom, pripravljeno v osrednjem hranilniku tekočine, v drugem se hlajenje /razvlaženje izvaja z direktno ekspanzijo hladiva (DX) in po potrebi tudi dogretjem z vročim plinom.

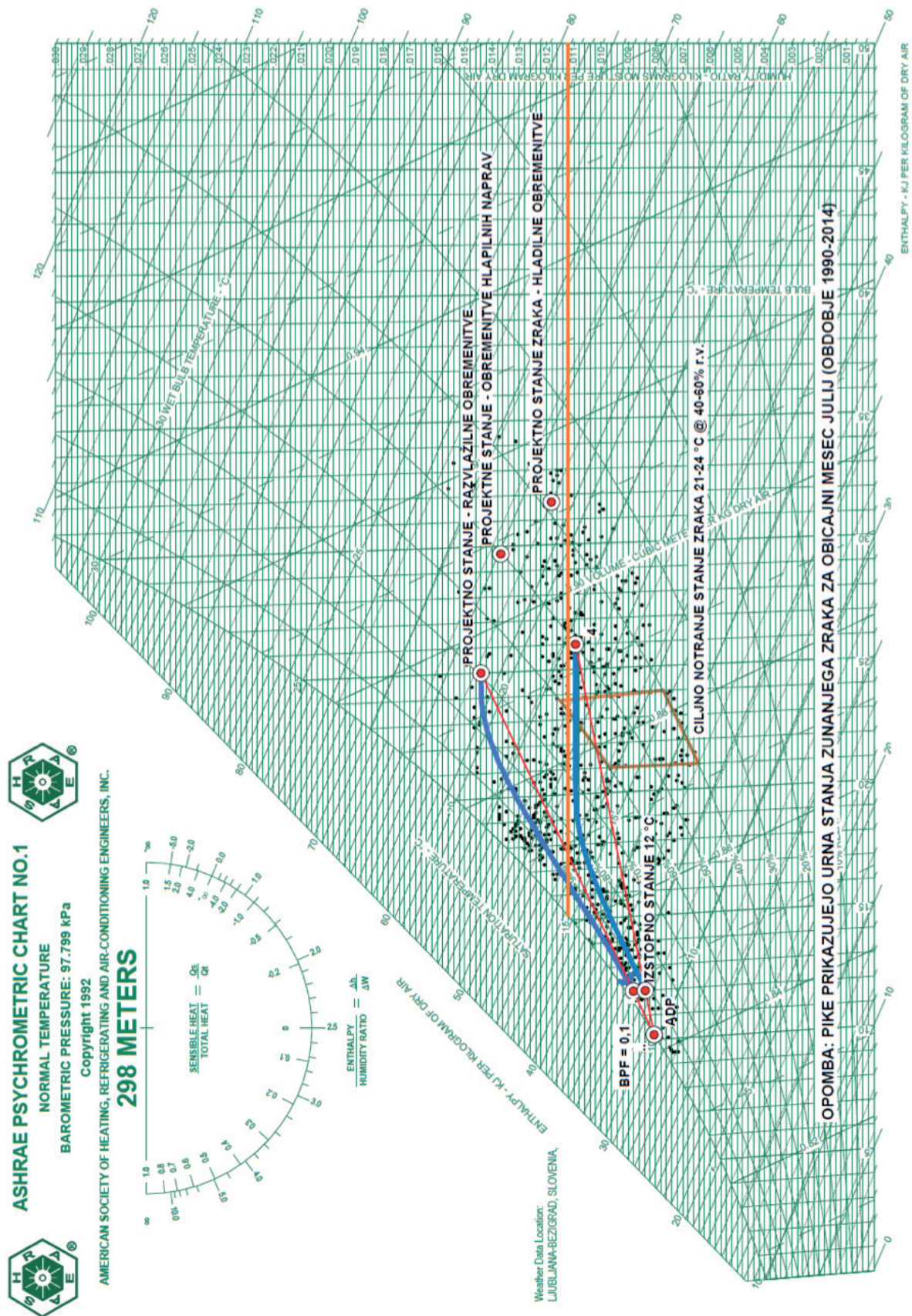


Priloga 1: Primerjava urnih stanj zunanjega zraka za običajni (TMY) mesec julij (zgoraj) in letošnji julij (spodaj) za meteorološko postajo Ljubljana – Bežigrad (WMO#: 140150). Za lažjo primerjavo je kot izhodišče podana rdeča črta, ki označuje vrednost absolutne vlage 11,0 g/kg. Pike nad črto kažejo na višjo vsebnost vlage v zunanjem zraku, pike pod njo nižjo. Tri rdeče točke kažejo poletna projektna stanja zunanjega zraka za Ljubljano.

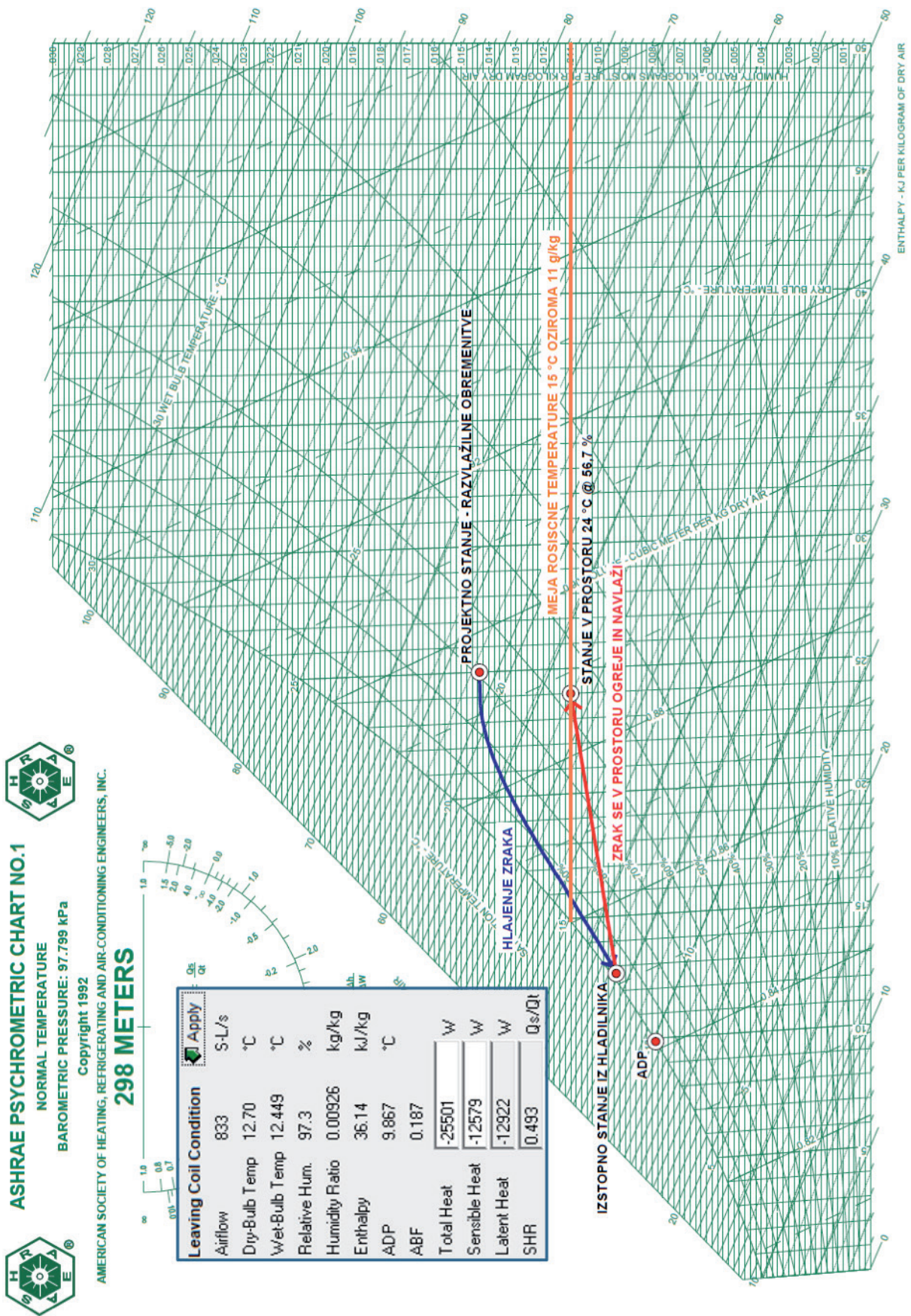


Priloga 2: Relativna vlažnost med 40% in 60% je optimalna za človekovo zdravje.

Prikaz pripravila dr. Stephanie Taylor



Priloga 3: Prikaz poteka hlajenja in razvlaženja zraka s projektnimi stanji zraka za Ljubljano in izstopno temperaturo 12 °C. Oranžna črta prikazuje mejno absolutno vlažnost za dosego ciljnega okvirja notranjega stanja: 21-24 °C @ 40-60%



Priloga 4: Prikaz poteka hlajenja in razvlaženja zraka z rezultati izračuna za prikazan primer pisarniške stavb



Inženirska zbornica Slovenije

Jarška cesta 10/b, 1000 Ljubljana, Slovenija

T: +386 (0)1 547 33 40

E: izs@izs.si / **I:** www.izs.si