

KLIMATSKA ISPITIVANJA U TEHNICI PREMA IEC

SY350 • 8. novembar 2008.

Goran Kostić

Svrha klimatskih ispitivanja je dobijanje reproduktivnih rezultata merenja i testiranja koji opisuju kako na izvestan primerak utiče tretiranje temperaturom, pritiskom, vlažnošću, različitim mehaničkim opterećenjima ili drugim klimatskim uslovima i njihovom kombinacijom. Pomenuti rezultati ispitivanja potrebni su da bi se procenjivale mogućnosti primerka, ili serije koju predstavlja primerak (ili primerci):

- da rade u izvesnim klimatskim uslovima,
- da izdrže određene klimatske uslove bez degradiranja (na primer pri transportu, ili pri skladištenju), ili
- da rade bez otkaza u nekom vremenskom periodu.

Reproduktivnost i uporedljivost rezultata iz različitih laboratorija, obezbeđuje se poštovanjem standarda za uslove i način klimatskih ispitivanja.

U narednom tekstu je dat sažet pregled publikacija za važnija klimatska ispitivanja Međunarodnog elektrotehničkog komiteta (IEC), sa zahtevima koji se postavljaju za temperaturu vlažnosti i pritisak.

- **Klimatskim ispitivanjem** se naziva sledeći niz sekvenci:

- pre-tretiranje
- prethodan pregled i merenja
- tretiranje
- oporavak
- završan pregled i merenja.

Merenja se mogu obavljati i u toku tretiranja, ili u toku oporavka. /IEC 68-1, odeljak 4.1.1/*

- Pre-tretiranje primerka obavlja se u svrhu otklanjanja ili delimičnog poništavanja učinaka prethodnih dejstava. Relevantnim specifikacijama može se zahtevati da pre-tretiranje obezbedi stabilizovanje svojstava primerka zbog narednih merenja i ispitivanja. /IEC 68-1, pododeljak 4.1.1./
- Prethodan pregled i merenja obuhvataju pregled i proveru električnih i mehaničkih svojstava primerka, i to prema zahtevima iz relevantnih specifikacija. /IEC 68-2-1, IEC 68-2-2, IEC 68-2-3... IEC 68-2-30... IEC 68-2-56.../
- Tretiranje podrazumeva izlaganje primerka određenim uslovima okoline. Razlog je određivanje učinaka pomenutih uslova. /IEC 68-1, pododeljak 4.1.2./
- Oporavak podrazumeva podvrgavanje primerka određenim uslovima. Razlog je stabilizovanje svojstava primerka zbog narednih merenja. /IEC 68-1, pododeljak 4.1.3./
- Završan pregled i merenja obuhvataju pregled i proveru električnih i mehaničkih svojstava primerka, i to prema zahtevima iz relevantnih specifikacija. /IEC 68-2-1, IEC 68-2-2, IEC 68-2-3... IEC 68-2-30... IEC 68-2-56.../

* Podaci u zagradi između kosih crta, upućuju na reference. Podaci o referencama odnose se na deo teksta između podataka u zagradi u kojoj su dati, i njima najbliže prethodne crtice na levoj margini.

1 Publikacija IEC 68-1 "Opšte i vodič"

- U publikaciji IEC 68-1 pod **relevantnim specifikacijama** podrazumeva se skup zahteva koje treba da zadovolji primerak, i metoda potrebnih za određivanje zadovoljavanja datih zahteva. /IEC 68-1, odeljak 4.5/

Relevantne specifikacije propisuje na primer sam proizvođač, odnosno njegova služba kontrole kvaliteta.

- Relevantne specifikacije pored ostalog sadrže i određenja za:

- publikacije prema kojima se vrši ispitivanje
- pre-tretiranje
- prethodan pregled i merenja
- detalje o montiranju ili držačima primerka
- stanje primerka uključujući i opterećenje, hlađenje...
- uslove tretiranja uključujući i temperaturu, trajanje...
- merenja u toku tretiranja
- oporavak ako nije prema izabranoj publikaciji
- završan pregled i merenja.

/IEC 68-2-1, IEC 68-2-2, IEC 68-2-3... IEC 68-2-30... IEC 68-2-56.../

- Terminom **primerak koji disipuje toplotu** označava se primerak na čijoj je površini najtoplija tačka za više od 5 °C toplija od temperature okoline; mereno u uslovima slobodnog vazduha i vazdušnog pritiska propisanog standardnim opsegom atmosferskih uslova, i to posle postizanja termičke stabilnosti. /IEC 68-1, odeljak 4.3/

- Analogno prethodnom, terminom **primerak koji ne disipuje toplotu** označava se primerak sa razlikom temperatura manjom ili jednakom 5 °C (i u slučaju primerka koji "radi" ili je pod opterećenjem). /npr. IEC 68-2-1, odeljak 7.3, Note/

- Pod **temperaturom ambijenta** u slučaju primerka koji ne disipuje toplotu podrazumeva se temperatura vazduha koji okružuje primerak. /IEC 68-1, odeljak 4.6, pododeljak 4.6.1/

- Pod **temperaturom ambijenta** u slučaju primerka koji disipuje toplotu podrazumeva se temperatura okolnog vazduha na rastojanju od primerka na kome je učinak disipacije zanemarljiv. U praksi, temperatura ambijenta se određuje kao prosečna vrednost temperatura izmerenih u nekoliko tačaka u horizontalnoj ravni od 0 do 50 mm ispod primerka, i to na manjem rastojanju od sledeća dva:

- polovina rastojanja između primerka i zida komore za ispitivanje
- 1 m rastojanja od primerka.

Pri merenjima treba izbeći učinke toplotnog zračenja koji utiču na rezultate merenja. /IEC 68-1, pododeljak 4.6.2/

- Pod **termičkom stabilnošću** podrazumeva se stanje pri kome se temperature svakog od delova primerka razlikuju za manje od 3 °C od svoje konačne vrednosti. Relevantnim specifikacijama se može propisati i razlika temperature drugačija od prethodne. /IEC 68-1, odeljak 4.8/

- Za **standardan opseg atmosferskih uslova** za obavljanje merenja i ispitivanja propisuje se: temperatura 15..35 °C **, relativna vlažnost 25..75 %, vazdušni pritisak 86..106 kPa. Ako je dopušteno relevantnim specifikacijama ovaj opseg se pod određenim uslovima može proširiti na 10..40 °C; pa i više. /IEC 68-1, odeljak 5.3/

- Za **standardnu referentnu atmosferu** propisuje se ambijent temperature 20 °C, i pritiska 101,3 kPa.

Kada je poznata zavisnost merenog parametra od temperature i pritiska, vrednosti izmerene u standardnom opsegu atmosferskih uslova preračunavaju se na standardnu referentnu atmosferu. /IEC 68-1, odeljak 5.1/

- Kada nije poznata zavisnost merenog parametra od temperature, pritiska i vlažnosti **referee merenja** se obavljaju pod jednom grupom atmosferskih parametara, slobodno izabranom od sledećih: Izabranu grupu je potrebno navesti uz rezultate merenja ili ispitivanja. Šira tolerancija (opseg) mogu se koristiti samo kada je to dopušteno relevantnim specifikacijama. Relativna vlažnost može biti različita od navedene kada to nema uticaj na rezultate ispitivanja. /IEC 68-1, odeljak 5.2/

** Sa A..B obeležen je opseg neke vrednosti od A do B uključujući A i B.

Temperatura [°C]			Relativna vlažnost [%]		Vazdušni pritisak [kPa]
nazivna	uža tolerancija	šira tolerancija	uži opseg	širi opseg	
20	± 1	± 2	63..67	60..70	86..106
23			48..52	45..55	
25			63..67	60..70	
27			63..67	60..70	

- Ako nije drugačije zahtevano relevantnim specifikacijama, ili odgovarajućom publikacijom iz IEC grupe 68-2-, primerak se u toku 10 minuta od tretiranja određenim atmosferskim uslovima, ili u svrhu pre-tretiranja, stavlja u **kontrolisane uslove za oporavak** (može biti u komoru za oporavak). Kontrolisani uslovi za oporavak su sledećih parametara:

- Temperatura atmosfere se ne razlikuje za više od 1 °C od temperature laboratorije (da primerak ne bi apsorbovao ili izgubio vlagu). Temperatura laboratorije je u opsegu od +15..+35 °C.
- Relativna vlažnost 73..77 %.
- Vazdušni pritisak 86..106 kPa.

Dužina oporavka primerka propisana je publikacijom iz IEC grupe 68-2-, ili je prema relevantnim specifikacijama. Ako su u specifičnim slučajevima potrebni uslovi ili trajanje oporavka različiti od propisanih u IEC standardima grupe 68-2-, potrebno je da se navedu uz rezultate merenja.

Posle oporavka, na primerku se vrše merenja u laboratoriji (čija je temperatura u odnosu na temperaturu za oporavak kao što je prethodno pomenuto). Ako relevantne specifikacije propisuju merenja neposredno posle oporavka, merenje se mora obaviti u toku 30 minuta od završetka oporavka. /IEC 68-1, odeljak 5.4/

- Ako se drugačije ne zahteva relevantnim specifikacijama, a zahteva se potpomognuto sušenje pre počinjanja merenja, onda se u toku 6 časova primerak stavlja u standardne uslove za potpomognuto sušenje sledećih parametara: temperatura 55 °C ± 2 °C, relativna vlažnost ≤ 20 %, vazdušni pritisak 86..106 kPa.

Ako se tretiranje vrši nižom temperaturom od temperature standardnih uslova za sušenje, sušenje se može obaviti pri toj nižoj temperaturi. /IEC 68-1, odeljak 5.5; Corrigendum, october 1988./

U slučaju kada se ispituju primerci koji ne disipuju toplotu, veličina komore za ispitivanje treba da bude dovoljno velika da se u njoj, u okolini primerka, može obezbediti zahtevana jednoličnost parametara atmosfere. Pored jednoličnosti IEC propisi za ispitivanja ne postavljaju nikakva druga ograničenja, uključujući i brzinu prinudnog kruženja vazduha.

Pri ispitivanju primeraka koji disipuju toplotu, IEC propisi daju prednost metodu bez prinudnog kruženja vazduha (ali određuju i metod sa prinudnim kruženjem). Odnos dimenzija primerka i komore propisuje se u okviru postupka za ispitivanje (na primer IEC 68-2-1, pododeljak 25.1.2, ili IEC 68-2-2, pododeljak 36.1.3 i Appendix A). Zahtevi u vezi sa dimenzijama komore su takvi da se dobro simuliraju uslovi slobodnog vazduha, uzimajući u obzir dimenzije primerka i njegovu disipaciju toplote.

- Voda koja se koristi za održavanje vlažnosti u komori treba da ima otpornost ne manju od 500 Ω m. /IEC 68-2-30, odeljak 3.5; IEC 68-2-56, odeljak 3.1/

2 Publikacija IEC 68-2-1 "Ispitivanja A: niska temperatura"

- Svrha ispitivanja je da se odredi mogućnost komponenata, uređaja, ili drugih proizvoda, da se koriste ili skladište na niskim temperaturama (ali ne pri promenama temperature). (Ispitivanja pri promenama temperature propisuje publikacija IEC 68-2-14.)

Ispitivanja na niskim temperaturama podeljena su prema sledećem:

Za primerke koji ne disipuju toplotu.

- Sa brzom promenom temperature, oznaka Aa.
- Sa postepenom promenom temperature, oznaka Ab.

Za primerke koji disipuju toplotu.

- Sa postepenom promenom temperature, oznake Ad. /IEC 68-2-1, tema 1./

- U ispitivanju sa brzom promenom temperature, oznaka Aa, primerak čija je temperatura jednaka sobnoj unosi se u komoru u kojoj vlada temperatura određena za ispitivanje. Smatra se da je takvo ispitivanje pogodno i da se njime štedi vreme. Međutim, može se koristiti samo kada je poznato da nagla promena temperature ne šteti ispitivanom primerku. /IEC 68-2-1, tema 3./
- U ispitivanju primeraka koji disipuju toplotu, oznake Ad, prednost se daje metodi sa komorom bez prinudnog kruženja vazduha (ali se predviđa i mogućnost prinudnog kruženja). /IEC 68-2-1, tema 4./
- Varijanta metoda Ad, bez prinudnog kruženja vazduha, sa zapreminom komore ne manjom od petostruke zapremine primerka, i takvim dimenzijama komore da su unutrašnje stranice komore udaljene najmanje 15 cm od svake površine primerka /IEC 68-2-1, pododeljak 25.1.2/, slična je metodi Ab.

2.1 Ispitivanje postepenom promenom temperature primeraka koji ne disipuju toplotu, oznaka Ab

2.1.1 Tretiranje

- U komori je dozvoljeno prinudno kruženje vazduha. /IEC 68-2-1, odeljak 14.1/
- Pre unošenja primerka, komora za ispitivanje treba da bude na temperaturi laboratorije. Primerak koji se unosi u komoru takođe treba da bude na temperaturi laboratorije, u stanju određenom relevantnim specifikacijama (zapakovan, ili isključen, ili spreman za upotrebu... u položaju za normalnu upotrebu).
Kada je primerak u komori, treba snižavati temperaturu do vrednosti zahtevane relevantnim specifikacijama, ali jedne od sledećih: $-65 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $-55 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $-40 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $-25 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $-10 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $-5 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, $+5 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$. Brzina snižavanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.
Primerak treba da bude izložen zahtevanoj temperaturi u trajanju određenom relevantnim specifikacijama, ali jednom od sledećih: 2 h, 16 h, 72 h, 96 h. Merenje trajanja se počinje prema zahtevu u relevantnim specifikacijama, ali od trenutka kada se stabilizuje temperatura primerka (videti "termička stabilnost"), ili od trenutka kada se stabilizuje temperatura komore.
U slučaju kada se ispituje samo mogućnost rada primerka na niskim temperaturama, izlaganje niskoj temperaturi treba da traje najmanje do postizanja termičke stabilnosti primerka, ali ne treba da bude kraće od 30 minuta.
Po završetku izlaganja niskoj temperaturi, primerak treba da ostane u komori, a temperatura treba da se postepeno povišava do dospevanja u granice standardnog opsega atmosferskih uslova. Brzina povišavanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.
U slučaju da je primerak bio u "radu", ili da je bio opterećen u toku izlaganja niskoj temperaturi, pre početka povišavanja temperature treba ga isključiti ili rasteretiti. /IEC 68-2-1, tema 18., odeljci 15.1 i 15.2/

2.1.1.1 Merenja u toku tretiranja ili oporavka

- Relevantnim specifikacijama se mogu zahtevati opterećivanje ili merenja u toku, ili posle, tretiranja, dok je primerak još u komori. U tom slučaju primerak ne treba vaditi iz komore. /IEC 68-2-1, tema 19./

2.1.2 Oporavak

- Kapljice vode sa primerka mogu se ukloniti protresanjem rukama, ili oduvavanjem vazduhom na temperaturi laboratorije.

Zatim primerak treba izložiti kontrolisanim uslovima za oporavak u trajanju dovoljnom da se postigne termička stabilnost, ali ne kraćem od 1 h.

U slučaju da prethodno navedeni uslovi ne odgovaraju ispitivanom primerku, relevantnim specifikacijama se može zahtevati drugačije. /IEC 68-2-1, tema 20./

3 Publikacija IEC 68-2-2 "Ispitivanja B: mala vlažnost i visoka temperatura"

- Svrha ispitivanja je da se odredi mogućnost komponenata, uređaja, ili drugih proizvoda, da se koriste ili skladište na visokim temperaturama (ali ne pri promenama temperature). (Ispitivanja pri promenama temperature propisuje publikacija IEC 68-2-14.)

Ispitivanja pri maloj vlažnosti i visokim temperaturama podeljena su na sledeća:

Za primerke koji ne disipuju toplotu.

- Sa brзом promenom temperature, oznaka Ba.
- Sa postepenom promenom temperature, oznaka Bb.

Za primerke koji disipuju toplotu.

- Sa brзom promenom temperature, oznake Bc.
- Sa postepenom promenom temperature, oznaka Bd. /IEC 68-2-2, tema 1./

- U ispitivanjima sa brзom promenom temperature, oznake Ba i Bc, primerak sobne temperature unosi se u komoru u kojoj vlada temperatura određena za ispitivanje. Smatra se da je takvo ispitivanje pogodno i da se njime štedi vreme. Međutim, može se koristiti samo kada je poznato da nagla promena temperature ne šteti ispitivanom primerku. /IEC 68-2-2, tema 3./

- U ispitivanjima primeraka koji disipuju toplotu, oznake Bc i Bd, prednost se daje metodi sa komorom bez prinudnog kruženja vazduha (ali se predviđa i mogućnost prinudnog kruženja). /IEC 68-2-2, tema 4./

- Zahtevi u vezi sa dimenzijama komore za ispitivanja Bc i Bd, za varijante bez prinudnog kruženja vazduha, postavljaju se u zavisnosti od zapremine primerka i njegove disipacije toplote. /IEC 68-2-2, pododeljci 25.1.2 i 36.1.2, Appendix A/

- Na primer, u slučaju da je zapremina primerka $\leq 1 \text{ dm}^3$, dimenzije komore treba da budu takve da unutrašnje stranice komore budu udaljene od gabarita primerka $\geq 10 \text{ cm}$, ako primerak disipuje toplotu $\leq 50 \text{ W}$; $a \geq 20 \text{ cm}$, ako primerak disipuje toplotu $> 50 \text{ W}$ i $\leq 100 \text{ W}$. U slučaju primerka koji ima zapreminu $> 1 \text{ dm}^3$, publikacija propisuje dimenzije komore zavisne od snage disipacije po jediničnoj površini primerka, uz dodatan uslov da zapremina komore ne bude manja od petostruke zapremine primerka. /IEC 68-2-2, Appendix A/

- U slučaju da veličina komore odgovara zahtevima, ali da se ne može održavati temperatura komore bez prinudnog kruženja vazduha, dozvoljava se varijanta sa prinudnim kruženjem, ali uz određivanje brzine vazduha eksperimentom. Eksperiment se sastoji u registrovanju temperatura na specifičnim mestima primerka, pri isključenom grejanju i isključenom ventilatoru komore; zatim pri isključenom grejanju i uključenom ventilatoru. Posle ovih registrovanja, određuje se razlika temperatura (u slučaju sa isključenim i u slučaju sa uključenim ventilatorom) za svako od specifičnih mesta. Kada nije drugačije određeno relevantnim specifikacijama, ako je neka od razlika veća od $5 \text{ }^\circ\text{C}$, brzinu vazduha treba smanjivati sve do postizanja razlike temperatura $\leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kada se tako odredi brzina vazduha, obavlja se ispitivanje prema zahtevanom postupku.

U slučaju da je zapremina komore suviše mala, tako da se ne mogu zadovoljiti uslovi iz publikacije, takođe se dozvoljava varijanta ispitivanja sa prinudnim kruženjem vazduha.

U osnovi ove varijante ispitivanja je sledeće. Prvo se u uslovima rada primerka u laboratoriji (van komore), utvrdi razlika temperature najtoplijeg mesta primerka i temperature ambijenta laboratorije. Zatim se vrši ispitivanje prema zahtevanom postupku, ali u komori u kojoj je temperatura takva da je pomenuto najtoplije mesto primerka na temperaturi koja je viša od temperature zahtevane za ispitivanje, i to za iznos jednak prethodno izmerenoj razlici između temperature najtoplijeg mesta primerka i temperature ambijenta laboratorije. Ova varijanta je primenljiva ako je razlika temperatura do $80 \text{ }^\circ\text{C}$, a promena temperature ambijenta primerka do $65 \text{ }^\circ\text{C}$. /IEC 68-2-2, pododeljak 40.1.2.1/

3.1 Ispitivanje postepenom promenom temperature primeraka koji ne disipuju toplotu, oznaka Bb

3.1.1 Tretiranje

- U komori za ispitivanje dozvoljeno je prinudno kruženje vazduha. /IEC 68-2-2, odeljak 3.1/
- U komori treba da bude manje od 20 g vodene pare po kubnom metru vazduha, izuzev u slučaju kada se ispitivanje vrši na temperaturi nižoj od 35 °C, kada relativna vlažnost ne treba da pređe 50 %. /IEC 68-2-2, odeljak 3.3/

- Pre unošenja primerka, komora za ispitivanje treba da bude na temperaturi laboratorije.

Primerak koji se unosi u komoru takođe treba da bude na temperaturi laboratorije, u stanju određenom relevantnim specifikacijama (zapakovan, ili isključen, ili spreman za upotrebu... u položaju za normalnu upotrebu).

Kada je primerak u komori, treba povišavati temperaturu do vrednosti zahtevane relevantnim specifikacijama, ali jedne od sledećih: $+30 \pm 2$ °C, $+40 \pm 2$ °C, $+55 \pm 2$ °C, $+70 \pm 2$ °C, $+85 \pm 2$ °C, $+100 \pm 2$ °C, $+125 \pm 2$ °C, $+155 \pm 2$ °C, $+175 \pm 2$ °C, $+200 \pm 2$ °C, $+250$ °C ± 2 %, $+315$ °C ± 2 %, $+400$ °C ± 2 %... Brzina povišavanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.

Primerak treba da bude izložen zahtevanoj temperaturi u trajanju određenom relevantnim specifikacijama, ali jednom od sledećih: 2 h, 16 h, 72 h, 96 h. Merenje trajanja se počinje prema zahtevu u relevantnim specifikacijama, ali od trenutka kada se stabilizuje temperatura primerka, ili od trenutka kada se stabilizuje temperatura komore.

U slučaju kada se ispituje samo mogućnost rada primerka na visokim temperaturama, izlaganje visokoj temperaturi treba da traje najmanje do postizanja termičke stabilnosti primerka.

Po završetku izlaganja visokoj temperaturi, primerak treba da ostane u komori, a temperatura treba da se postepeno snižava do dospevanja u granice standardnog opsega atmosferskih uslova. Brzina snižavanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.

U slučaju da je primerak bio u "radu", ili da je bio opterećen u toku izlaganja visokoj temperaturi, pre početka snižavanja temperature treba ga isključiti ili rasteretiti. /IEC 68-2-2, tema 18., odeljci 15.1 i 15.2, amendment 1 1993./

3.1.1.1 Merenja u toku tretiranja ili oporavka

- Relevantnim specifikacijama se mogu zahtevati opterećivanje ili merenja u toku, ili posle, tretiranja, dok je primerak još u komori. U tom slučaju primerak ne treba vaditi iz komore. /IEC 68-2-2, tema 19./

3.1.2 Oporavak

- Posle tretiranja primerak treba izložiti kontrolisanim uslovima za oporavak u trajanju dovoljnom da se postigne termička stabilnost, ali ne kraćem od 1 h.

U slučaju da prethodno navedeni uslovi ne odgovaraju ispitivanom primerku, relevantnim specifikacijama se može zahtevati drugačije. /IEC 68-2-2, tema 20./

4 Publikacija IEC 68-2-3 "Ispitivanje Ca: velika vlažnost i visoka temperatura, stacionarno"

- Svrha ispitivanja je da se odredi mogućnost komponenata, uređaja, ili drugih proizvoda, da se koriste i skladište u uslovima velike relativne vlažnosti. /IEC 68-2-3, tema 1./

4.1 Pre-tretiranje

- Da se na početku tretiranja ne bi formirale kapljice vode, primerak pre tretiranja zagrejati na temperaturu propisanu za tretiranje. /IEC 68-2-3, pododeljak 3.2.1/

4.2 Tretiranje

- U komori za tretiranje treba da bude temperatura $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, i relativna vlažnost 93 % sa odstupanjem -3 do +2 %. /IEC 68-2-3, pododeljak 2.1/
- U ambijent komore, sa prethodno navedenim parametrima, uneti primerak zagrejan u pre-tretiranju. /IEC 68-2-3, pododeljak 3.2.1/
- Trajanje tretiranja treba da bude prema relevantnim specifikacijama, ali jedno od sledećih: 4; 10; 21 ili 56 dana. /IEC 68-2-3, pododeljak 3.2.2/

4.3 Oporavak

- Posle tretiranja primerak podvrgnuti kontrolisanim uslovima za oporavak u trajanju od 1..2 h. Primerak se može podvrgnuti kontrolisanim uslovima za oporavak u posebnoj komori. Pri tome vreme prebacivanja primerka ne sme biti duže od 5 minuta. Takođe, primerak se može podvrgnuti kontrolisanim uslovima za oporavak u komori u kojoj je vršeno tretiranje. Tada potreban nivo relativne vlažnosti (73..77 %) treba postići za ne više od 0,5 h, posle čega treba dostići i potrebnu temperaturu (temperatura laboratorije $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$), takođe za ne više od 0,5 h. Ako prethodni standardni uslovi nisu pogodni, oporavak se može vršiti u uslovima navedenim u relevantnim specifikacijama. /IEC 68-2-3, tema 4./

4.4 Završan pregled i merenja

- Ako drugačije ne zahtevaju relevantne specifikacije, merenja treba obaviti u toku 30 minuta neposredno od perioda oporavka. /IEC 68-2-3, tema 5./

5 Publikacija IEC 68-2-14 "Ispitivanje N: promena temperature"

- Svrha ispitivanja je da se za primerak odrede učinci promene temperature ili niza promena temperature.
 - Učinke pomenutih ispitivanja određuju:
 - niža i viša temperatura ispitivanja;
 - trajanje izlaganja primerka nižoj odnosno višoj temperaturi;
 - brzina promene temperature;
 - broj sekvenci promena temperature;
 - količina prenešene toplote u, ili iz, primerka. /IEC 68-2-14, Introduction/
- Ispitivanja pri promenama temperature podeljena su na sledeća:
 - Ispitivanje sa brzom promenom temperature, sa prebacivanjem primerka iz jedne komore u drugu za određeno vreme (manje od 10 s do 3 min.), i sa atmosferom vazduha ili inertnog gasa, oznaka Na.
 - Ispitivanje uz određenu brzinu promene temperature, u atmosferi vazduha, oznaka Nb.
 - Ispitivanje sa brzom promenom temperature, sa prebacivanjem iz jednog kupatila sa tečnošću na 0 °C, u drugo kupatilo sa tečnošću na 100 °C, oznaka Nc. /IEC 68-2-14, odeljci 1.2, 2.2, 3.2.../

5.1 Ispitivanje uz određenu brzinu promene temperature, oznaka Nb

5.1.1 Tretiranje

- U komori za ispitivanje, u blizini primerka, potrebno je prinudno kruženje vazduha brzinom ne manjom od 2 m/s. /IEC 68-2-14, pododeljak 2.3.1.4/
- U komori treba da bude manje od 20 g vodene pare po kubnom metru vazduha. /IEC 68-2-14, pododeljak 2.3.1.2/

- Komora za ispitivanje treba da bude na temperaturi laboratorije.

Primerak koji se unosi u komoru takođe treba da bude na temperaturi laboratorije, u stanju određenom relevantnim specifikacijama (zapakovan, ili isključen, ili spreman za upotrebu...).

Kada je primerak u komori, treba snižavati temperaturu do vrednosti zahtevane relevantnim specifikacijama, ali jedne od temperatura za ispitivanja A. Brzina snižavanja temperature treba da bude prema zahtevu iz relevantnih specifikacija, ali jedna od sledećih, u proseku za interval ne duži od 5 minuta: $1 \pm 0,2$ K na minut, $3 \pm 0,6$ K na minut ili 5 ± 1 K na minut.

U zavisnosti od toplotnog kapaciteta primerka, primerak treba da bude izložen zahtevanoj temperaturi u trajanju određenom relevantnim specifikacijama, ali jednom od sledećih: 3 h, 2 h, 1 h, 30 min ili 10 min. Ako se vreme izlaganja ne navodi u relevantnim specifikacijama, podrazumeva se da je ono 3 h. Merenje trajanja izlaganja počinje se od trenutka kada je temperatura komore stalna.

Po završetku izlaganja niskoj temperaturi, treba povišavati temperaturu do vrednosti zahtevane relevantnim specifikacijama, ali jedne od temperatura za ispitivanja B. Brzina povišavanja temperature treba da bude prema zahtevu iz relevantnih specifikacija, ali jedna od sledećih, u proseku za interval ne duži od 5 minuta: $1 \pm 0,2$ K na minut, $3 \pm 0,6$ K na minut ili 5 ± 1 K na minut.

Primerak treba da bude izložen višoj temperaturi u trajanju jednakom prethodno izabranom za nižu temperaturu. Trajanje izlaganja meri se takođe od trenutka kada je temperatura komore stalna.

Po završetku izlaganja visokoj temperaturi, treba snižavati temperaturu do temperature laboratorije. Brzina snižavanja temperature treba da bude jednaka prethodno izabranoj, takođe za snižavanje temperature.

Prethodan niz intervala čini jednu sekvencu.

Ako se drugačije ne zahteva relevantnim specifikacijama, primerak treba izložiti dvema sekvencama.

Relevantnim specifikacijama treba odrediti:

- proveru električnih i mehaničkih svojstava primerka koja se obavlja u toku tretiranja;
- interval, ili intervale posle kojih se obavlja provera.

Primerak treba izneti iz komore posle njegovog postizanja termičke stabilnosti. /IEC 68-2-14, tema 2/

6 Publikacija IEC 68-2-30 "Ispitivanje Db i vodič velika vlažnost i visoka temperatura, periodično (period od 12 h + 12 h)"

- Svrha ispitivanja je da odredi mogućnost komponenata, uređaja, ili drugih proizvoda, da se koriste i skladište u uslovima velike vlažnosti kombinovane sa periodičnim promenama temperature. Dakle u uslovima koji proizvode kondenzaciju vlage na površini primerka. /IEC 68-2-30, tema 1./
- Ispitivanje sadrži jednu ili više sekvenci. U sekvenci se održava velika relativna vlažnost. Temperatura u sekvenci menja se od niže do više vrednosti. Vrednosti i promene vlažnosti i temperature propisane su ovom publikacijom.
Publikacija daje dve varijante sekvence za ispitivanje koje su identične izuzev u intervalu opadanja temperature. "Druga varijanta" dopušta veće tolerancije relativne vlažnosti i brzine opadanja temperature. /IEC 68-2-30, tema 2./
- Za "drugu varijantu", temperatura, vlažnost, i njihove promene mogu se videti sa dijagrama na slikama 1, 2 i 3. /IEC 68-2-30/
- Druga varijanta daje zadovoljavajuću reproduktivnost za sve primerke izuzev onih sa šupljinama u kojima može doći do kondenzacije. /IEC 68-2-30, Appendix A/

6.1 Tretiranje

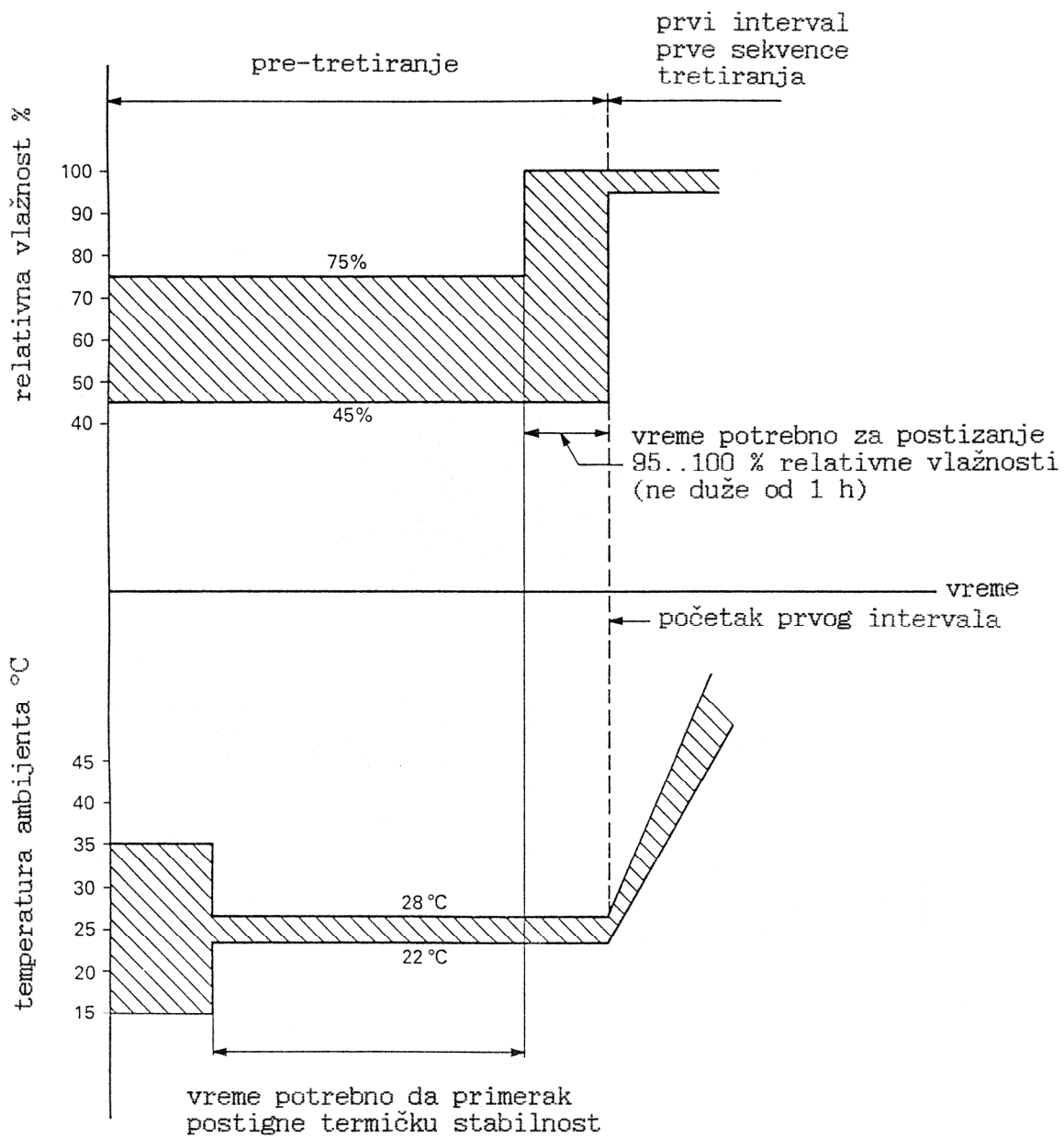
- U komori je potrebno prinudno kruženje vazduha. /IEC 68-2-30, odeljak 3.3/
- U komoru se unosi primerak u stanju određenom relevantnim specifikacijama (zapakovan, ili isključen, ili spreman za upotrebu...).
- Ako se drugačije ne zahteva relevantnim specifikacijama, termička provodnost držača primerka treba da bude mala. /IEC 68-2-30, odeljak 6.1/
- Tretiranje se obavlja u više sekvenci. Prva sekvenca tretiranja je interval za stabilizaciju na 25 ± 3 °C. Sledi jedna ili više sekvenci ispitivanja od kojih svaka traje 24 h. Ova publikacija za sekvencu od 24 h daje mogućnost slobodnog izbora jedne od dve grupe različitih parametara za višu temperaturu i broj sekvenci:
 - Viša temperatura 40 °C; broj sekvenci 2, 6, 12, 21, 56.
 - Viša temperatura 55 °C; broj sekvenci 1, 2, 6.Temperatura, vlažnost, i njihove promene, za pomenutu drugu varijantu sekvence od 24 h, mogu se videti sa dijagrama na slikama 1 i 2. /IEC 68-2-30, teme 4. i 6./

6.2 Oporavak

- Oporavak primerka se izvodi prema relevantnim specifikacijama, ali u standardnom opsegu atmosferskih uslova za obavljanje merenja i ispitivanja, ili u kontrolisanim uslovima za oporavak. U slučaju da se zahtevaju kontrolisani uslovi za oporavak, i da se oni održavaju u komori u kojoj je obavljeno tretiranje, ova publikacija određuje vlažnost i temperaturu dijagramom na slici 3. /IEC 68-2-30, tema 8./

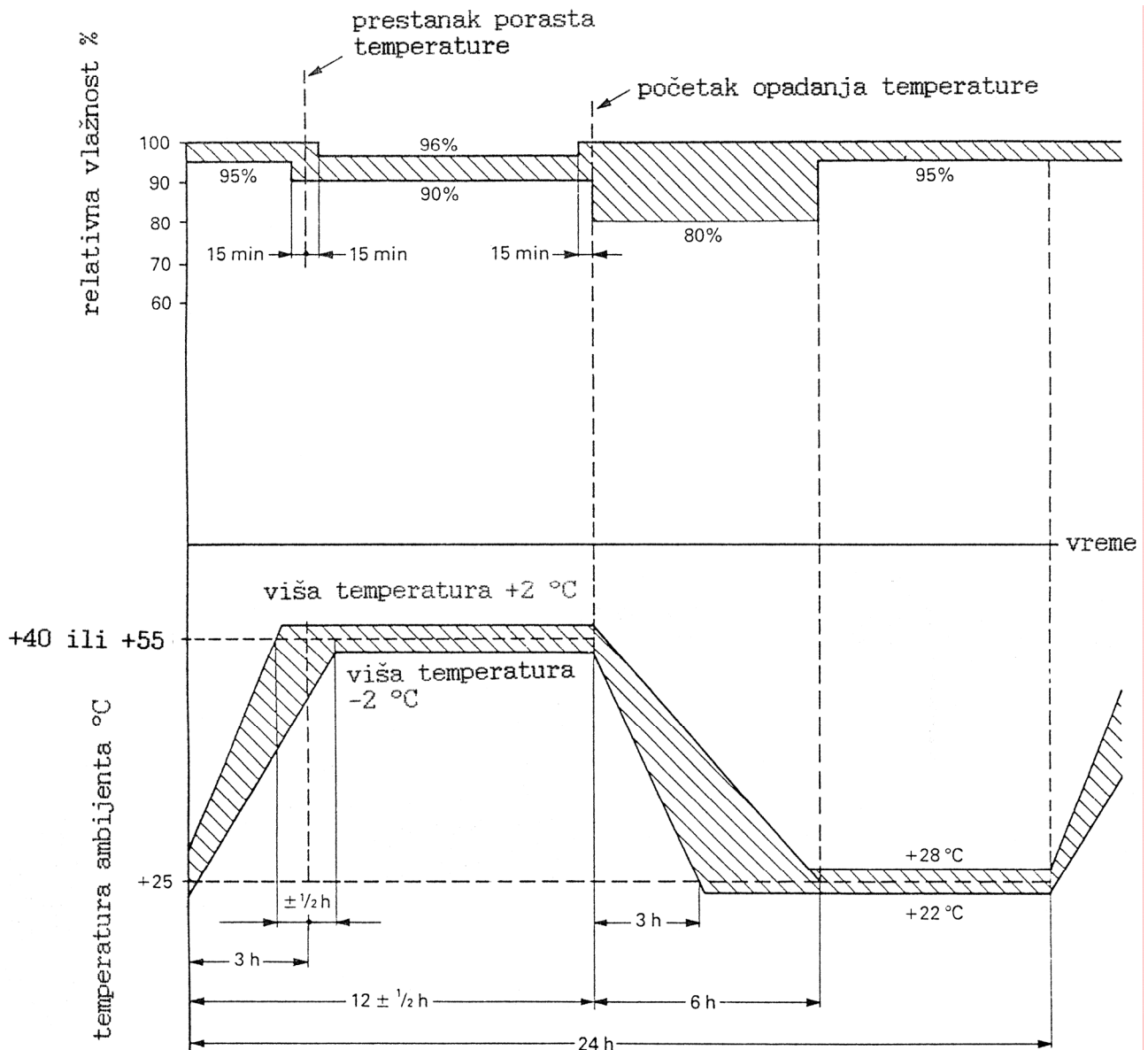
6.3 Završan pregled i merenja

- Ako relevantne specifikacije ne zahtevaju drugačije, merenja treba obaviti u toku 30 minuta neposredno posle perioda oporavka. Pri tome prvo treba meriti parametre koji su najviše osetljivi na promene relativne vlažnosti. /IEC 68-2-30, tema 9./



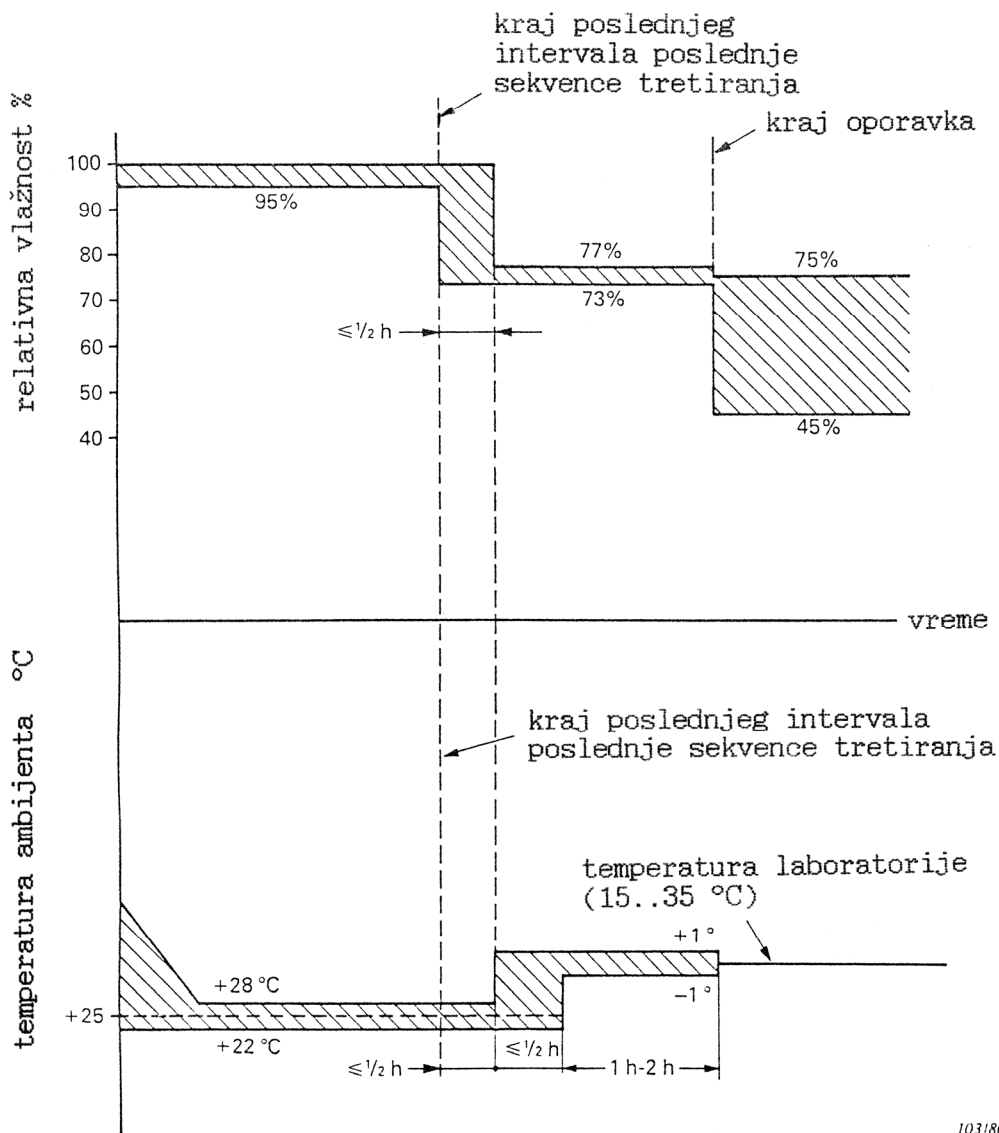
100/80

Slika 1. Ispitivanje Db. Pre-tretiranje.



102180

Slika 2. Ispitivanje Db. Sekvenca tretiranja - druga varijanta.



103/80

Slika 3. Ispitivanje Db. Oporavak u kontrolisanim uslovima.

7 Publikacija IEC 68-2-56 "Ispitivanje Cb: velika vlažnost visoka temperatura, stacionarno, prvenstveno za opremu"

- Svrha ispitivanja je da se odredi mogućnost elektrotehničkih proizvoda, prvenstveno opreme, da se koriste ili skladište pri velikoj vlažnosti, stalnoj temperaturi i bez kondenzacije vlage. Ispitivanje je primenljivo na primerke koji disipuju i na primerke koji ne disipuju toplotu. /IEC 68-2-56, tema 1./
- Postupci u ovom ispitivanju su takvi da na ispitivanom primerku ne može doći do kondenzacije vlage. /IEC 68-2-56, tema 2./

7.1 Tretiranje

- U slučaju primerka koji disipuje toplotu, prinudno kruženje vazduha u komori ne treba da pređe 1 m/s. /IEC 68-2-56, odeljak 3.2/
- Pri ispitivanju, držač ili nosač primerka treba da simulira uslove normalne upotrebe što je moguće bolje. Ako normalni uslovi nisu određeni, držač ili nosač treba da imaju najmanji moguć uticaj na prenošenje toplote i vlažnosti između primerka i okoline. /IEC 68-2-56, odeljak 3.3/
- Pre unošenja primerka, komora za ispitivanje treba da bude na temperaturi laboratorije. Primerak koji se unosi u komoru takođe treba da bude na temperaturi laboratorije, u stanju određenom relevantnim specifikacijama (zapakovan, ili isključen, ili spreman za upotrebu... u položaju za normalnu upotrebu).
 - Kada je primerak u komori, treba postići temperaturu ambijenta primerka zahtevanu relevantnim specifikacijama, ali jednu od sledeće dve: $+30 \pm 2$ °C, $+40 \pm 2$ °C. Brzina postizanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.
 - Po dostizanju zahtevane temperature ambijenta, treba dopustiti da primerak postigne termičku stabilnost.
 - Do postizanja termičke stabilnosti primerka, na primerku ne sme doći do kondenzacije vlage. Kondenzacija se onemogućava tako što se tada ne povećava vlažnost.
 - Po postizanju termičke stabilnosti primerka, treba postepeno povećavati vlažnost ambijenta, i to tako da se vlažnost zahtevana relevantnim specifikacijama postigne za najviše 2 h. Specifikacijama može da se zahteva relativna vlažnost od (85 ± 2) % ili (93 ± 2) %.
 - Primerak treba da bude izložen zahtevanim uslovima u trajanju određenom relevantnim specifikacijama, ali jednom od sledećih: 2, 4, 10 ili 21 dan. Merenje trajanja se počinje od dostizanja zahtevane vlažnosti.
 - Po završetku izlaganja velikoj vlažnosti i traženoj temperaturi, primerak treba da ostane u komori, a zatim prvo treba smanjiti vlažnost, pa onda postići temperaturu unutar granica standardnog opsega atmosferskih uslova.
 - Smanjivanje vlažnosti treba da traje najduže 2 h.
 - Brzina postizanja temperature ne treba da pređe 1 K na minut, u proseku za interval ne duži od 5 minuta.
 - Relevantnim specifikacijama se može zahtevati da je u toku tretiranja primerak uključen ili da je u funkciji, i to pri određenim ostalim uslovima. /IEC 68-2-56, tema 6./

7.2 Merenja u toku tretiranja ili oporavka

- Relevantnim specifikacijama se mogu zahtevati opterećivanje ili merenja u toku, ili posle, tretiranja, dok je primerak još u komori. U tom slučaju primerak ne treba vaditi iz komore. /IEC 68-2-56, tema 7./

7.3 Oporavak

- Oporavak primerka se izvodi prema relevantnim specifikacijama, ali u standardnom opsegu atmosferskih uslova za obavljanje merenja i ispitivanja, ili u kontrolisanim uslovima za oporavak.

Ako relevantne specifikacije zahtevaju oporavak u kontrolisanim uslovima za oporavak, može se koristiti posebna komora za oporavak, kao i komora u kojoj je vršeno tretiranje.

Ako se koristi posebna komora, prebacivanje primerka treba da bude što je moguće brže.

Ako se koristi komora u kojoj je vršeno tretiranje, potreban nivo relativne vlažnosti (73..77 %) treba postići za najviše 0,5 h, posle čega treba dostići i potrebnu temperaturu (temperatura laboratorije ± 1 °C), takođe za najviše 0,5 h. Za veće primerke relevantnim specifikacijama se može dopustiti duži prelazni period.

Trajanje oporavka je 1..2 h, a meri se od trenutka postizanja uslova oporavka. Za primerke sa većom vremenskom konstantom, relevantnim specifikacijama se može dopustiti vreme oporavka dovoljno za postizanja termičke stabilnosti primerka. /IEC 68-2-56, tema 8./

8 Reference

IEC Publication 68-1; General and guidance; Sixth edition 1988., Corrigendum October 1988.

IEC Publication 68-2-1; Tests A: Cold; Fifth edition 1990-04.

IEC Publication 68-2-2; Tests B: Dry heat; Fourth edition 1974., Amendment 1 1993-01.

IEC Publication 68-2-3; Test Ca: Damp heat, steady state; Third edition 1969., Amendment 1 1984.

IEC Publication 68-2-14; Test N: Change of temperature; Fifth edition 1984., Amendment 1 1986.

IEC Publication 68-2-30; Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle); Second edition 1980., Amendment 1 1985.

IEC Publication 68-2-56; Test Cb: Damp heat, steady state, primarily for equipment; First edition 1988.

IEC Publication 260; Test enclosures of non-injection type for constant relative humidity; First edition 1968.

GK 15. 2. 1994. ... 17. 5. 1994., 8. 11. 2008.

Pregled parametara važnijih klimatskih ispitivanja prema IEC

Ispitivanje i oznaka		Uslovi tretiranja						
		Temperatura vazduha i ukupna greška	Brzina promene temperature	Vlažnost	Brzina promene relativne vlažnosti	Strujanje vazduha	Mereni intervali vremena	
Niska temperatura	Aa	$-65 \pm 3..+5 \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\pm\infty \text{ K/min}$	-		dozvoljeno	1 h..96 h	
	Ab		$\pm 0.. \pm 1 \text{ K/min}$				poželjno bez prinudnog; dozvoljeno prinudno određeno eksperimentom	0,5 h.. 96 h
	Ad							
Mala vlažnost i visoka temperatura	Ba	$+30 \pm 2..+200 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\pm 0.. \pm \infty \text{ K/min}$	$\leq 20 \text{ g/m}^3 \text{ @ } \geq 40 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\pm \infty \text{ \%RH/h}$	dozvoljeno	1 h.. 96 h	
	Bb		$\pm 0.. \pm 1 \text{ K/min}$					
	Bc	$+250 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ \%}..$	$\leq 50 \text{ \% RH @ } 30 \text{ } ^\circ\text{C}$	poželjno bez prinudnog; dozvoljeno prinudno, poželjno $\leq 0,5 \text{ m/s}$				
	Bd	$+1000 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ \%}$						$\pm 0.. \pm 1 \text{ K/min}$
Velika vlažnost i visoka temperatura	Ca	$+40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	0 K/min	93 (+2, -3) %RH	$+\infty;$ $-36..-\infty \text{ \%RH/h}$	-	1 h.. 56 dana	
Promena temperature	Na	$-65 \pm 3..+5 \pm 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $+30 \pm 2..+1000 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ \%}$	videti IEC 68-2-14	$\leq 20 \text{ g/m}^3$	$\pm \infty \text{ \%RH/h}$	$\geq 2 \text{ m/s}$	30 s.. 3 h	
	Nb		$\pm(1 \pm 0,2) \text{ K/min}$, ili $\pm(3 \pm 0,6) \text{ K/min}$, ili $\pm(5 \pm 1) \text{ K/min}$					
	Nc		tečnosti: 0 (+2, -0) i 100 (+0, -5) $^\circ\text{C}$					videti IEC 68-2-14
Velika vlažnost i visoka temperatura periodično	Db	40 ± 2 ili $55 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	$+3,5..+13 \text{ K/h}$ $-5..-10 \text{ K/h}$	93 (± 3) %RH...	pretretiranje: $\geq +15 \text{ \%RH/h}$ tretiranje: 0 %RH	potrebno	15 min.. 24 h	
Velika vlažnost i visoka temperatura, prvenstveno oprema	Cb	30 ± 2 ili $40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\pm 0.. \pm 1 \text{ K/min}$	(85 ± 2) %RH ili (93 ± 2) %RH	$+5..+\infty \text{ \%RH/h}$ $-5..-\infty \text{ \%RH/h}$ oporavak: $-20..-40 \text{ \%RH/h}$	$\leq 1 \text{ m/s}$ u slučaju primerka koji disipuje toplotu zahteva se	0,5 h.. 21 dan	
Publikacija IEC 260		pominje se: $+10 \pm 2..+60 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$	-	pominje se 11..100 % RH	-	zahteva se	-	