



TECHNICKÁ LEGISLATIVA HARMONIZACE NOREM SE STÁTY EVROPSKÉ UNIE

**Vydala: Česká energetická agentura
Vinohradská 8, 120 00 Praha 2**

Vypracoval: March Consulting s.r.o.

**Tato publikace je určena pro poradenskou činnost a byla zpracována
v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití
obnovitelných zdrojů energie**

Úvod

Ve zprávě jsou zpracovány podklady z oblasti technické legislativy v oborech

- a)stavební tepelná technika,
- b)tepelně izolační materiály,
- c)vzduchotechnika,
- d)vnitřní prostředí –

se zaměřením na tepelné a energetické vlastnosti, s přihlédnutím k požadavkům na tepelný stav vnitřního prostředí v budovách. Její součástí je také problematika vzduchotechniky, pokud se bezprostředně dotýká uvedeného problému.

Uspořádání obsahu: nejprve se uvádějí české normy (ČSN), pak následují evropské normy už převzaté do soustavy českých norem (ČSN EN, popř. ČSN EN ISO) a nakonec jsou uvedeny evropské normy (EN), které zatím ještě nejsou v ČR platné, ale u nichž se to v blízké budoucnosti předpokládá.

Každá norma je stručně charakterizována, a to tak, aby byl zřejmý její obsah zejména z hlediska, které bylo uvedeno vpředu. V některých případech je obsah normy popsán širěji, zvláště u výpočtových norem, se snahou o úplnost určitého způsobu výpočtu.

Uživatelé produktu budou tak mít podklady, které jim umožní snadněji se orientovat v záplavě norem a usnadní jim práci při rozhodování o nutnosti použít tu či onu normu.

I. STAVEBNÍ TEPELNÁ TECHNIKA

1. ČSN 73 0540 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV – Část 1

- Část 2

- Část 3

- Část 4

Část 1 – Termíny, definice a veličiny pro navrhování a ověřování - obsahuje předmět normy, písmenné značky veličin a indexy, termíny a definice veličin a veličiny pro navrhování.

Část 2 – Funkční požadavky - obsahuje předmět normy, všeobecně, problematiku šíření tepla konstrukcí, šíření vlhkosti konstrukcí, šíření vzduchu konstrukcí, tepelnou stabilitu místností, energetické požadavky na budovy a informativní přílohu A, ve které jsou pokyny pro navrhování.

Část 3 – Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování - obsahuje předmět normy, výpočtové hodnoty veličin stavebních materiálů a konstrukcí, výpočtové hodnoty veličin vnitřního a vnějšího prostředí, výpočtové hodnoty fyzikálních veličin vzduchu.

Přílohu A (normativní), která obsahuje normové a charakteristické hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů a konstrukcí (příloha je rozdělena na A. 1 až A. 6).

Přílohu B (normativní) obsahující hodnoty součinitelů podmínek působení (je rozdělena na B. 1 až B. 3).

Přílohu C (normativní), ve které jsou normové a výpočtové hodnoty fyzikálních okenních a dveřních konstrukcí (je rozdělena na C. 1 a C. 2).

Přílohu D (normativní) obsahující výpočtové hodnoty tepelného odporu uzavřených vzduchových vrstev (je rozdělena na D. 1 až D. 3).

Přílohu E (normativní), ve které jsou výpočtové hodnoty vnitřního a vnějšího prostředí (je rozdělena na E. 1 až E. 6).

Přílohu F (normativní) – jsou zde výpočtové hodnoty fyzikálních vlastností vzduchu (je rozdělena na F. 1 až F4).

Přílohu G (normativní), která uvádí hranice teplotních oblastí v letním období.

Přílohu H (informativní), ve které jsou vyjmenovány podmínky stanovení fyzikálních vlastností stavebních materiálů a konstrukcí.

Přílohu J (informativní), ve které se uvádějí výpočtové vztahy mezi součinitelem difuze vodní páry a faktorem difuzního odporu.

Část 4 – Výpočtové metody pro navrhování a ověřování - obsahuje předmět, všeobecně a výpočtové metody pro navrhování a ověřování z hlediska šíření tepla konstrukcí, šíření vlhkosti konstrukcí, tepelné stability místností a energetických požadavků na budovy.

- Přílohu A (normativní) - Teplota uvnitř konstrukce.
- Přílohu B (normativní) - Teplotní pole konstrukce.
- Přílohu C (normativní) - Součinitel prostupu tepla.
- Přílohu D (normativní) - Teplotní útlum konstrukce.
- Přílohu E (normativní) - Tepelná jímavost podlahy.
- Přílohu F (normativní) - Částečný tlak vodní páry uvnitř konstrukce.
- Přílohu G (normativní) - Difuzní odpor konstrukce.
- Přílohu H (normativní) - Zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce.
- Přílohu I (normativní) - Zkondenzované množství vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce.
- Přílohu J (normativní) - Kondenzace vodní páry v otevřené vzduchové vrstvě.
- Přílohu K (normativní) - Vlhkostní bilance vnitřního vzduchu.
- Přílohu L (normativní) - Teplota vnitřního vzduchu chladnoucí místnosti.
- Přílohu M (normativní) - Ekvivalentní tepelná stabilita místnosti.
- Přílohu N (normativní) - Přípustná propustnost slunečního záření.
- Přílohu P (normativní) - Snížení tepelné charakteristiky budovy.

Dále se uvádí podrobnější obsah jednotlivých částí:

Část 1: Termíny, definice a veličiny pro navrhování

Tato norma stanovuje veličiny pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov, písmenné značky těchto veličin včetně indexů z oboru tepelné ochrany budov.

Veličiny pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov

1. Šíření tepla v ustáleném tepelném stavu

- výpočtová teplota vnitřního vzduchu t_a
- výpočtová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i
- výpočtová venkovní teplota t_e
- výpočtová teplota zeminy přilehlé ke stavební konstrukci t_{gr}
- odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce R_i, R_e

2. Šíření tepla v neustáleném tepelném stavu

- počáteční povrchová teplota chodidla (uvažuje se $t_{si}(0) = 33^\circ\text{C}$)
- vnitřní povrchová teplota stavební konstrukce (uvažuje se hodnota $t_{si} = 17^\circ\text{C}$)
- doba dotyku chodidla a podlahové konstrukce (uvažuje se $\tau = 600\text{ s}$)

3. Šíření vlhkosti

- výpočtová teplota vnitřního vzduchu t_a
- výpočtová relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i
- výpočtová venkovní teplota t_e
- odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce R_i, R_e
- ekvivalentní teplota vnějšího vzduchu $t_{e, eq}$
- celková doba výskytu teplot vnějšího vzduchu τ_c
- relativní vlhkost vnějšího vzduchu φ_e
- doba výskytu teplot vnějšího vzduchu při jasné obloze τ_j a zatažené obloze τ_z

- rychlost větru v_e
- pohltivost slunečního záření S_p
- roční střední intenzita globálního slunečního záření J_m
- odpory při přestupu vodní páry na vnitřní a vnější straně konstrukce R_{id} a R_{ed}

4. Tepelný stav vnitřního prostředí

Tepelný stav vnitřního prostředí budov (místností) se hodnotí z hlediska stability tepelného stavu vnitřního prostředí, na základě podmínek neustáleného stavu, definovaného výpočtovými hodnotami těchto veličin:

a) v zimním období

- počáteční teplotou vnitřního vzduchu t_a
- výpočtovou venkovní teplotou t_e (po celou dobu chladnutí konstantní)
- výpočtovou teplotou zeminy přilehlé ke stavební konstrukci t_{gr}
- odpory při přestupu tepla na vnitřní a na vnější straně konstrukce R_i , R_e v zimním období
- počáteční teplotou vnitřního povrchu symetricky chladnoucích konstrukcí $t_{si}(0)$, pro vnitřní konstrukce obvykle stanovenou ve výši výpočtové teploty vnitřního vzduchu t_a
- počáteční teplotou vnitřního povrchu nesymetricky chladnoucích konstrukcí $t_{se}(0)$, pro vnitřní konstrukce obvykle stanovenou ve výši výpočtové teploty vnitřního vzduchu t_a
- dobou chladnutí místnosti τ , stanovenou při přerušovaném vytápění jako dobu otopné přestávky, obvykle $\tau = 28\,800$ s (tj. 8 h)
- intenzitou výměny vzduchu v místnosti n , stanovenou podle ČSN 06 0210

b) v letním období

- průměrnou denní teplotou vnějšího vzduchu t_{em}
- výslednou teplotní amplitudou vnějšího prostředí A_e
- amplitudou intenzity globálního slunečního záření A_J
- střední intenzitou globálního slunečního záření J_{mp}
- odpory při přestupu tepla na vnitřní a na vnější straně stavební konstrukce R_i , R_e v letním období
- intenzitou výměny vzduchu n , stanovenou podle ČSN 06 0210
- tepelnými zisky z vnitřních zdrojů tepla stanovenými podle ČSN 73 0548

5. Veličiny pro stanovení tepelné charakteristiky budovy

- výpočtová teplota vnitřního vzduchu t_a
- výpočtová venkovní teplota t_e
- odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce R_i , R_e
- intenzita výměny vzduchu n , stanovená podle ČSN 06 0210

Část 2 – Funkční požadavky

V této části normy jsou uvedeny funkční požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným tepelným stavem vnitřního prostředí. Neplatí pro chladírny a mrazírny. Pro budovy památkově chráněné nebo budovy uvnitř památkových rezervací, platí pouze přiměřeně.

Upozornění: Články 3. 1, 3. 2, 4. 1, 7. 1 této normy jsou, podle § 3 zákona 142/1991 Sb. o československých státních normách ve znění zákona č. 632/1992 Sb., závazné, v rozsahu působnosti Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky, na základě jeho požadavku.

Požadavky se týkají:

- a) Nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce.
- b) Součinitele prostupu tepla a tepelného odporu konstrukce.
- c) Poklesu dotykové teploty.
- d) Zkondenzovaného množství vodní páry uvnitř konstrukce.
- e) Součinitele spárové průvzdušnosti.
- f) Intenzity výměny vzduchu v místnosti.
- g) Poklesu výsledné teploty v místnosti v zimním období.
- h) Nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období.

Ad a) Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce se stanovuje tak, že se k teplotě rosného bodu přidávají dvě bezpečnostní přírážky. Jedna zohledňuje způsob vytápění a druhá tepelnou akumulaci konstrukce. Např. pro nepřetržité vytápění se požaduje, podle tabulky 1 v normě, hodnota přírážky 0, 2 (°C).

Přírážka na tepelnou akumulaci se neuvažuje u vnitřních a vnějších konstrukcí, mají-li plošnou hmotnost vrstev, od vnitřního líce k tepelně izolační vrstvě včetně, vyšší než 180 kg/m², nebo které mají součinitele prostupu tepla menší než $k < 0, 55 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$. V ostatních případech se postupuje podle čl. 3. 1. 1 normy.

Ad b) Požadované hodnoty tepelného odporu konstrukce pro obytné a občanské budovy s převážně dlouhodobým pobytem lidí jsou v tab. 2 v normě. Rozlišují se požadované, doporučené a přípustné hodnoty (přičemž tyto poslední platí pro rekonstrukce).

Např. požadovaný tepelný odpor střechy ploché se sklonem do 5° včetně, strop pod nevytápěným prostorem, podlaha nad nevytápěným prostorem je $R_N = 3, 0 \text{ m}^2\text{K/W}$, pro šikmou střechu se sklonem od 5° do 45° včetně, se požaduje $R_N = 2, 5 \text{ m}^2\text{K/W}$ a pro strmou střechu nad 45° a pro vnější stěnu $R_N = 2, 0 \text{ m}^2\text{K/W}$.

U vnitřních konstrukcí se požadavek na tepelný odpor řídí rozdílem teplot, které na ně působí, přičemž se ještě rozlišuje režim regulace vytápění.

U oken (výplní otvorů) se požaduje nejvýše přípustná hodnota součinitele prostupu tepla rovněž v závislosti na rozdílu vnitřní a vnější teploty. Jestliže se počítá s rozdílem těchto teplot do 35°C, pak je požadovaná hodnota $k_{ok, N} = 2, 9 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$.

Ad c) Pro hodnocení tepelné jímavosti podlahové konstrukce je kritériem pokles dotykové teploty Δt_{10} (°C).

Podlahy se rozdělují do čtyř kategorií:

- I – velmi teplé: $\Delta t_{10, N}$ do 3, 8 včetně (°C),
- II – teplé: $\Delta t_{10, N}$ od 3, 8 do 5, 5 včetně (°C),
- III – méně teplé: $\Delta t_{10, N}$ od 5, 5 do 6, 9 včetně (°C),
- IV - studené: $\Delta t_{10, N}$ od 6, 9 (°C).

Velmi teplé podlahy se požadují v místnostech s vysokými nároky na stav vnitřního prostředí - jako jsou dětské pokoje, školky, pokoje s intenzivní péčí apod. Studené podlahy jsou přípustné jen v místnostech nebo budovách bez požadavků na tepelný stav vnitřního prostředí.

Ad d) Kritéria pro hodnocení zkondenzovaného množství vodní páry uvnitř konstrukce jsou stejná jako v předcházející normě, tj. nulová kondenzace a kladná roční bilance. Navíc se však ještě přidává požadavek:

- u jednoplášťových střech nesmí být množství zkondenzované vodní páry za rok větší než

$$G_k \leq 0,1 \text{ kg/m}^2 \text{ rok}$$

- u ostatních konstrukcí

$$G_k \leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \text{ rok}$$

Ad e) Součinitele spárové průvzdušnosti - výplně otvorů oddělující schodiště a zádveří od vnějšího prostředí a výplně otvorů oddělující byty od společných nevytápěných prostorů, jako jsou chodby a schodiště, musí splňovat požadavek:

$$i_{LV} \cdot 10^4 \leq 0,5,$$

kde i_{LV} je součinitel spárové průvzdušnosti výplní otvorů ($\text{m}^2/\text{s Pa}^{0,67}$).

Ad f) Intenzita výměny vzduchu v místnosti. Požadovaná intenzita výměny vzduchu v obytných místnostech obytných budov je $n_N = 0,5 \text{ h}^{-1}$ a pro ostatní místnosti obytných budov a pro občanské budovy $n_N = 0,35 \text{ h}^{-1}$.

Ad g) Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období je kritériem pro hodnocení tepelné stability místnosti v zimním období uplatňované u budov s přerušovaným vytápěním. Pokles výsledné teploty Δt_r nesmí být větší než udává tab. 5 v normě.

Ad h) Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období je kritériem pro hodnocení tepelné stability místnosti v letním období uplatňované u budov bez klimatizačního zařízení. Požadované hodnoty $\Delta t_{ai, \max}$ jsou v tab. 6 v normě.

Jako energetické kritérium pro hodnocení spotřeby tepla – pro obytné a občanské budovy - se používá tepelná charakteristika jednak jako celková, jednak jako redukováná. Hodnoty tepelné charakteristiky se uvádějí ve třech úrovních: požadované, doporučené a přípustné.

Redukovaná tepelná charakteristika platí pro budovy s dynamickou regulací otopného systému a jeho částí, takže se může počítat se zmenšením spotřeby tepla v důsledku využití slunečního záření a tepla z vnitřních zdrojů.

Celková tepelná charakteristika $q_{c, N}$, $\text{W}/(\text{m}^3 \text{K})$ je v tab. 7 a redukováná $q_{\text{red}, N}$, $\text{W}/(\text{m}^3 \text{K})$ v tabulce 8 v normě. Normové hodnoty jsou udány v závislosti na geometrické charakteristice budovy, kterou se rozumí podíl ochlazovaných ploch budovy A_n (m^2) a obestavěného prostoru budovy V_n (m^3), tj. (A_n/V_n) .

Pro hodnoty $(A_n/V_n) = 0,2$ až $1,0$ je požadovaná celková tepelná charakteristika od $0,35$ až do $0,79 \text{ W}/(\text{m}^3 \text{K})$, zatímco pro redukovánou, pro stejný rozsah (A_n/V_n) , je to od $0,23$ do $0,66 \text{ W}/(\text{m}^3 \text{K})$.

Část 3 – Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování

Tato norma stanoví výpočtové číselné hodnoty fyzikálních veličin stavebních materiálů a konstrukcí, výpočtové hodnoty veličin vnějšího prostředí, vnitřního prostředí a vzduchu pro navrhování a ověřování stavebních konstrukcí a budov, podle ČSN 73 0540-4, pro výpočty tepelných ztrát budov podle ČSN 06 0210, pro výpočty tepelné zátěže klimatizovaných prostorů, podle ČSN 73 0548, pro navrhování tepelných izolací chladíren a mrazíren.

1. Výpočtové hodnoty veličin stavebních materiálů a konstrukcí

1. 1 Veličiny pro tepelně technické výpočty funkčních a užitných parametrů stavebních konstrukcí a budov jsou charakterizovány těmito výpočtovými (praktickými) hodnotami:

a) veličiny charakterizující vlastnosti materiálů: objemová hmotnost ρ_P , součinitel tepelné vodivosti λ_P , měrná tepelná kapacita c_P , faktor difuzního odporu μ_P , pohltivost a odrazivost slunečního záření S_P, P_P ,

b) veličiny charakterizující vlastnosti nehomogenních vrstev (jednovrstvých konstrukcí): objemová hmotnost ρ_P , ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{eq, P}$, ekvivalentní měrná tepelná kapacita $c_{eq, P}$, faktor difuzního odporu $\mu_{eq, P}$,

c) veličiny charakterizující vlastnosti okenních konstrukcí: součinitel prostupu tepla $k_{ok, p}$, součinitel spárové provzdušnosti i_{LV} .

Podmínky, za kterých jsou tepelné vlastnosti stavebních materiálů a jednovrstvých staveních konstrukcí charakterizovány uvedenými veličinami, uvádí informativní příloha H.

Výpočtové hodnoty veličin se stanoví výpočtem na základě normových charakteristických hodnot, koeficientů, přírážek, hodnot souvisejících veličin a určujících vlastností, popř. přímo z tabulek.

Normové a charakteristické hodnoty veličin stavebních výrobků a jednovrstvých stavebních konstrukcí se stanoví

- z tabulek fyzikálních vlastností materiálů a nehomogenních vrstev uvedených v této normě
- na základě certifikace.

Určujícím parametrem pro stanovení výpočtových hodnot veličin je praktická vlhkost. Není-li známa, je v normě uveden postup jejího stanovování.

Za výpočtovou hodnotu **objemové hmotnosti** materiálu se může považovat hodnota objemové hmotnosti v suchém stavu.

Součinitel tepelné vodivosti – výpočtová hodnota se stanovuje mj. se zřetelem ke stavu vnitřního prostředí; rozhodující je přitom částečný tlak vodní páry ve vnitřním vzduchu; jestliže je $p_{pi} \leq 1402$ Pa, stanovuje se přímo z příslušných tabulek uvedených v normě; v opačném případě se počítá ze vzorce (7) uvedeným v normě.

Měrná tepelná kapacita – za výpočtovou hodnotu se může považovat hodnota v suchém stavu.

Faktor difuzního odporu – normová hodnota se stanoví z příslušných tabulek uvedených v normě. Totéž se týká **pohltivosti, odrazivosti a propustnosti slunečního záření, součinitele spárové průvzdušnosti a součinitele vřazených odporů.**

Součinitel prostupu tepla – jeho výpočtová hodnota u vnějších oken a dveří se stanovuje ze vztahu:

$$k_{ok, p} = 1,15 \cdot k_{ok, n}$$

kde $k_{ok, n}$ je naměřená hodnota součinitele prostupu tepla oken či dveří (tzn. že jejich naměřená hodnota se musí zvětšit o 15%, má-li být považována za výpočtovou hodnotu).

Tepelný odpor uzavřených vzduchových vrstev – stanoví se z příslušné tabulky uvedené v normě. Důležité je upozornění, že uvedené hodnoty tepelného odporu uzavřených vzduchových vrstev platí jen za předpokladu, že podíl šířky a tloušťky vrstvy je nejméně 3:1.

2. Výpočtové hodnoty veličin vnitřního a vnějšího prostředí

a) Vnitřní prostředí

Patří k nim: vnitřní teplota t_i (je to výsledná teplota místnosti – přibližně: poloviční součet teploty vnitřního vzduchu t_{ai} a průměrné teploty vnitřních ploch ohraničujících místnost t_{sm}), teplota vnitřního vzduchu t_{ai} a relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i . Výpočtové hodnoty se stanoví podle ČSN 060210, popř. podle provozních a technologických požadavků nebo požadavků investora.

b) Vnější prostředí

Je charakterizováno: teplotou vnějšího vzduchu (zimní období), teplotou zeminy přilehlé ke svislým nebo vodorovným stavebním konstrukcím, průměrnou letní denní teplotou vnějšího vzduchu, relativní vlhkostí vnějšího vzduchu, součinitelem přestupu tepla na vnější straně konstrukce v zimním a letním období, výpočtovou celkovou dobou trvání teploty vnějšího vzduchu, výpočtovou hodnotou střední intenzity globálního slunečního záření, výpočtovou hodnotou výsledné teplotní amplitudy vnějšího prostředí v letním období a doba jejího maxima, ekvivalentní teplotou vnějšího vzduchu pro výpočet celoroční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v konstrukcích a výpočtová rychlost větru pro výpočet rychlosti proudění vzduchu v otevřené vzduchové vrstvě.

Pro území České republiky byly stanoveny pro potřeby této normy, z hlediska zimního období, dvě základní výpočtové teploty vnějšího vzduchu:

$t_e = -15^\circ\text{C}$ v I. teplotní oblasti,

$t_e = -18^\circ\text{C}$ v II. teplotní oblasti.

Tyto hodnoty se uplatňují v závislosti na zeměpisné poloze posuzovaného objektu. Geografické vymezení teplotních oblastí podle této normy je provedeno v návaznosti na ČSN 06 0210.

Je však třeba upozornit, že pro potřeby výpočtu tepelných ztrát budov podle ČSN 06 0210 se uvažuje také **výpočtová teplota vnějšího vzduchu s teplotou -12°C .**

Všechny vyjmenované veličiny a jejich výpočtové hodnoty jsou uvedeny v příslušných tabulkách normy.

3. Výpočtové hodnoty fyzikálních veličin vzduchu

Fyzikální vlastnosti suchého vzduchu, tj. hustota, tepelná vodivost, měrná tepelná kapacita, kinematická vazkost a Prandtlovo číslo a faktor difuzního odporu jsou, v závislosti na teplotě, uvedeny v příslušné tabulce normy.

V normě jsou také uvedeny rovnice pro výpočet teploty rosného bodu a částečného tlaku vodní páry.

Část 4 – Výpočtové metody pro navrhování a ověřování

Tato norma stanovuje výpočtové metody pro navrhování a ověřování tepelné ochrany budov podle funkčních požadavků uvedených v ČSN 73 0540-2.

Jde o metody výpočtu následujících veličin:

- a) nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce,
- b) součinitel prostupu tepla a tepelný odpor konstrukce,
- c) pokles dotykové teploty,
- d) zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce,
- e) pokles výsledné teploty v místnosti,
- f) nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období,
- g) celková tepelná charakteristika budovy,
- h) redukováná tepelná charakteristika budovy.

Ad a) Stanoví se ze vztahu – za předpokladu, že lze počítat s jednorozměrným šířením tepla:

$$t_{sim} = t_{ap} - k \cdot R_i \cdot (t_{ap} - t_e)$$

kde t_{sim} - nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce,

t_{ap} - výpočtová teplota vnitřního vzduchu,

k - součinitele prostupu tepla konstrukce,

R_i - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce,

t_e - výpočtová venkovní teplota.

Pro stanovení nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce nebo její části, u které nelze počítat s jednorozměrným šířením tepla, se stanovuje tato veličina na základě řešení trojrozměrného, popř. dvourozměrného teplotního pole. V normě jsou však uvedeny i přibližné metody pro řešení těchto situací. Pro kouty místností jsou uvedeny dokonce grafy pro zjištění t_{sim} .

Ad b) Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor konstrukce

Součinitel prostupu tepla k (W/m^2K) je dán vztahem:

$$k = 1 / (R_i + R + R_e)$$

a tepelný odpor R ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$), je-li konstrukce jednovrstvá:

$$R = d/\lambda ,$$

je-li konstrukce vícevrstvá s vrstvami za sebou:

$$R = \sum d_j/\lambda_j ,$$

kde d_j je tloušťka j -té vrstvy konstrukce (m),

λ_j – tepelná vodivost j -té vrstvy konstrukce (W/mK).

Tepelný odpor konstrukcí s různými vrstvami za sebou i vedle sebe se stanovuje na základě dvou- a trojrozměrných teplotních polí, popř. přibližnými metodami – viz ČSN 73 0540-4.

Ad c) Pokles dotykové teploty

Pokles dotykové teploty se hodnotí na základě tepelné jímavosti podlahy B ($\text{W s}^{1/2}/\text{m}^2\text{K}$). Pro jednovrstvou podlahovou konstrukci se stanoví ze vztahu:

$$B = (\lambda \cdot c \cdot \rho)^{1/2}$$

kde λ je tepelná vodivost (W/mK),

c - měrná tepelná kapacita (J/kgK),

ρ - objemová hmotnost (kg/m^3).

V normě je uveden také postup stanovení tepelné jímavosti vícevrstvé podlahy.

Ad d) zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce

Princip stanovení množství zkondenzované (vypařené) vodní páry uvnitř konstrukce v celoroční bilanci je založen na stanovení dílčího množství, a to ze vztahu:

$$G_{d,j} = (g_{dA,j} - g_{dB,j}) \cdot \tau_{e,j} ,$$

kde $G_{d,j}$ je dílčí množství zkondenzované (vypařené) vodní páry (kg/m^2),

$g_{dA,j}$ - hustota difuzního toku vodní páry, která proudí konstrukcí od vnitřního povrchu k hranici A oblasti kondenzace (kg/m^2),

$g_{dB,j}$ - hustota difuzního toku vodní páry, která proudí konstrukcí od hranice B oblasti kondenzace k vnějšímu povrchu konstrukce (kg/m^2),

$\tau_{e,j}$ - celková doba trvání vnějšího vzduchu $t_{ae,j}$ podle ČSN 73 0540-3 pro j -tý interval v rozmezí teploty vnějšího vzduchu od -21 do 25°C , podle

teplotní oblasti v zimním období.

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v konstrukci se počítá rovněž s uvažováním slunečního záření, které působí na konstrukci – podrobněji viz ČSN 73 0540-4.

Ad e) pokles výsledné teploty v místnosti

Pokles výsledné teploty v místnosti (vnitřního prostoru) Δt_r v době chladnutí τ , se stanoví ze vztahu:

$$\Delta t_r(\tau) = t_i - t_r(\tau)$$

kde t_i je výpočtová vnitřní teplota (výsledná teplota) na počátku chladnutí v době $\tau = 0$ ($^{\circ}\text{C}$),

$t_r(\tau)$ – výsledná teplota v ověřovací době chladnutí τ ($^{\circ}\text{C}$).

Výsledná teplota $t_r(\tau)$ se stanoví ze vztahů uvedených v citované normě. Vedle početního postupu je možno také použít nomogramů.

Ad f) nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období

Nejvyšší denní vzestup teploty vzduchu v místnosti v letním období $\Delta t_{a, \max}$ se stanoví ze vztahu:

$$\Delta t_{a, \max} = 24 \cdot (1 - 1/\exp(Q_z \cdot \tau / \Sigma W))$$

kde Q_z je trvalý tepelný zisk (W),

$\tau = 86\,400$ s – doba denní periody,

ΣW – akumulovaná tepelná energie v neosluněných konstrukcích ohraničujících místnost (J).

Potřebné veličiny pro výpočet nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti v letním období se stanoví postupy popsány v citované normě.

Ad g) celková tepelná charakteristika budovy

Celková tepelná charakteristika budovy se stanovuje pro jednotnou úroveň vnějších klimatických podmínek, a to pro výpočtovou teplotu vnějšího vzduchu $t_e = -15^{\circ}\text{C}$ v zimním období a pro charakteristické číslo budovy $B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$ – viz ČSN 06 0210.

Celková tepelná charakteristika budovy q_c ($\text{W}/\text{m}^3\text{K}$) se stanoví ze vztahu:

$$q_c = q_{cd} + q_{cv},$$

kde q_{cd} je tepelná charakteristika budovy prostupem tepla,

q_{cv} - tepelná charakteristika budovy větráním.

Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla q_{cd} (W/m^3K) se stanoví ze vztahu:

$$q_{cd} = q_b \cdot (1,15 + p_2)$$

kde q_b je základní tepelná charakteristika budovy stanovená pro vnější konstrukce chránící obestavěný prostor budovy (W/m^3K),

p_2 - přírážka na urychlení zátopy, stanovená podle ČSN 06 0210.

Základní tepelná charakteristika budovy se stanoví ze vztahu

$$q_b = k_{em} \cdot (A_n/V_n)$$

kde A_n je plocha vnějších konstrukcí chránících obestavěný prostor proti vnějšímu prostředí (m^2), stanoví se ze vztahu

$$A_n = A_e + A_{pz}$$

A_e – plocha vnějších konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru proti vnějšímu prostředí (m^2)

A_{pz} – plocha konstrukcí na rozhraní obestavěného prostoru a přilehlé zeminy (m^2),

V_n - základní obestavěný prostor spodní a vrchní části budovy (m^3),

k_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla vnějších konstrukcí budovy (W/m^2K), stanoví se podle vztahu (6. 5) uvedeným v normě.

Tepelná charakteristika budovy větráním q_{cv} (W/m^3K) se stanoví ze vztahu

$$q_{cv} = 0,361 \cdot n_m$$

kde n_m je průměrná intenzita výměny vzduchu větráním v budově (h^{-1}).

Celková tepelná charakteristika budovy q_c (W/m^3K) se stanoví ze vztahu

$$q_c = \frac{Q_b}{V_n (t_{im} + 15)}$$

kde Q_b je celková tepelná ztráta budovy (W), stanovuje se podle jednotných podmínek uvedených na počátku této kapitoly.

V normě je uveden také vztah pro výpočet redukované tepelné charakteristiky budovy.

2. ČSN 73 0548 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ

Tato norma platí pro výpočet tepelné zátěže a tepelných zisků prostorů se stálou vnitřní teplotou. Výsledky výpočtu slouží jako podklad pro dimenzování klimatických zařízení. Norma je použitelná pro prostory, v nichž se nepředpokládá větší rozdíl teplot vzduchu ve dvou místech než 2 K.

Pro účely této normy se používá následující názvosloví a značky:

1. Rovnocenná sluneční teplota vzduchu – teplota vzduchu, při níž je přestup tepla konvekcí mezi vzduchem a stěnou stejný, jako je konvekcí při skutečné teplotě vzduchu a sluneční radiaci dohromady.
2. Sluneční (solární) konstanta – intenzita sluneční radiace na hranici zemské atmosféry. V normě se počítá s hodnotou 1350 W/m².
3. Sluneční radiace – sluneční záření v rozsahu celého spektra. Přímá sluneční radiace je působena přímým zářením slunce, nepřímá (difuzní) sluneční radiace vzniká rozptylem a odrazem přímé radiace od prachových částic ve vzduchu, od větších molekul a od osluněných povrchů.
4. Součinitel současnosti – součinitel, udávající současnost jednotlivých tepelných zisků.
5. Součinitel znečištění atmosféry – součinitel, udávající kolikrát by musela být čistá atmosféra hmotnější, aby měla stejnou propustnost pro sluneční radiaci, jako má atmosféra znečištěná.
6. Stínící součinitel – bezrozměrná veličina, určená poměrem tepelného toku sledovanou průhlednou nebo průsvitnou plochou a tepelného toku standardním oknem za stejných podmínek.
7. Tepelná zátěž – celkový tepelný tok do klimatizovaného prostoru, který musí být kompenzován chladicím výkonem klimatizačního zařízení. V tepelné zátěži je zahrnuto i teplo, obsažené ve větracím vzduchu a teplo produkované klimatizačním zařízením.
8. Tepelné zisky – tepelný tok do klimatizovaného prostoru. Do tepelných zisků se nezahrnuje zisky tepla, vyplývající z přívodu venkovního vzduchu do klimatizačního zařízení. Nežádoucí vnikání teplého vzduchu do místnosti (např. otíráním dveří) se však do tepelných zisků zahrnuje.
9. Tepelné ztráty – tepelný tok z místnosti do okolních prostorů s nižší teplotou.
10. Teplo citelné – teplo, působící změnu entalpie vzduchu při jeho stálé měrné vlhkosti.
11. Teplo vázané – teplo, působící změnu entalpie vzduchu bez změny teploty (měrná vlhkost se mění) .
12. Vodní zisky – hmotnostní tok vodní páry, vnikající do vzduchu v klimatizovaném prostoru.

V normě se uvádějí vztahy umožňující stanovit polohu slunce, intenzitu sluneční radiace jednak pro svislé, jednak vodorovné stěny i vztah pro stanovení znečištění atmosféry. Pro všechny výše vyjmenované veličiny jsou uvedeny v normě potřebné hodnoty.

Druhy zdrojů tepla:

K vnitřním zdrojům tepla patří produkce tepla lidí, svítidel, strojů, prostup tepla ze sousedních místností, případně technologií. Tyto zdroje tepla mohou vést k nutnosti použití klimatizace i v objektech bez tepelných zisků z vnějšího prostředí.

K tepelným ziskům je třeba připočítat teplo, kterým se vzduch ohřeje během své cesty mezi chladičem a klimatizovanou místností (ohřátí ventilátoru, prostupem tepla stěnami potrubí).

Od tepelných zisků je třeba odečíst teplo, potřebné na adiabatické odpařovací vody v klimatizovaných prostorách (z mokrých povrchů).

Produkce tepla lidí:

Do této produkce se zahrnuje pouze teplo citelné. Závisí na tělesné práci, teplotě vzduchu a složení skupiny lidí. Jako základ se uvažuje produkce citelného tepla muže 62 W při mírně aktivní práci u stolu a při teplotě vzduchu 26°C. V normě se uvádí vztah pro přepočítání tepla při jiné teplotě vzduchu.

Produkce tepla žen se uvažuje 85% produkce mužů, dětí 75%. Při různorodém složení skupiny se provede přepočítání na ekvivalentní počet:

$$i_1 = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m$$

kde i_z , i_d , i_m je počet žen, dětí a mužů.

Produkce citelného tepla, vázaného tepla a vodní páry mužů jsou uvedeny pro různé teploty a pro různé činnosti normě.

Tepelná zátěž od svítidel se počítá podle vztahu:

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2$$

kde P je celkový příkon svítidel včetně ztráty v předřadníku (W)

c_1 - součinitel současnosti používání svítidel (-),

c_2 - zbytkový součinitel.

Zbytkový součinitel $c_2 = 1$, jestliže je místnost dobře provětrávaná (zejména při vyšších výměnách vzduchu) nebo jsou-li odsávací otvory u podlahy. Jak postupovat při volbě jiné hodnoty c_2 než je uvedeno, to se ukazuje v normě.

V normě jsou uvedeny postupy ke stanovení produkce technologického tepla, elektronických zařízení, kuchyňských zařízení, v jídelnách, produkce tepla ventilátorů a produkce tepla vznikající ohřátím ve vzduchovodech.

Tepelné zisky z vnějšího prostředí:

K tomuto druhu tepelných zisků se v normě připomíná, že mají rozhodující vliv zejména u lehkých staveb s velkými zasklenými plochami při jejich oslunění. Okna, jejich orientace a stínění mají podstatný vliv na tepelnou pohodu v objektu, na hospodárny chod i dimenzování klimatizačních zařízení.

Tepelná zátěž okny:

Má dvě složky - vznikající prostupem tepla konvekcí a prostupem tepla sluneční radiací.

Prostup tepla konvekcí oknem se počítá podle:

$$Q = k_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i)$$

kde k_o je součinitel prostupu tepla okna (W/m^2K),
 S_o - plocha okna včetně rámu (m),
 $(t_e - t_i)$ - rozdíl teplot na obou stranách okna (K).

Prostup tepla okny sluneční radiací.

Celková poměrná propustnost přímé sluneční radiace T_D standardním jednoduchým sklem závisí na úhlu dopadu slunečních paprsků podle vztahu:

$$T_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5$$

kde θ je úhel mezi normálou k oknu a slunečními paprsky ($^\circ$).

Celková propustnost difuzní sluneční radiace T_D standardního skla je stálá, nezávislá na poloze slunce, $T_D = 0,85$.

Intenzity sluneční radiace I_o (součet přímé a difuzní), procházející standardním zasklením, jsou obsaženy pro jednotlivé denní a roční doby (vždy k 21. každého měsíce) v tabulce 10 v normě. Hodnoty platí pro středně čistou atmosféru – viz tabulku 1.

Tabulka 1 – Součinitel znečištění z pro jednotlivé měsíce m

M	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Z	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,0

Pro venkovskou oblast se hodnoty v tabulce 1 násobí korekčním součinitelem $c_o = 1,15$; pro průmyslovou oblast $c_o = 0,85$.

Tepelné zisky sluneční radiací oknem Q_{or} se počítají podle vztahu:

$$Q_{or} = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{o, dif}] \cdot s$$

kde S_{os} je osluněný povrch okna (m^2),

I_o - celková intenzita sluneční radiace, procházející standardním jednoduchým oknem (W/m^2),

$I_{o, dif}$ – intenzita difuzní sluneční radiace, procházející standardním jednoduchým oknem (W/m^2),

c_o - korekce na čistotu atmosféry,

s - stínící součinitel.

Stínící součinitel s vyjadřuje, jaká část radiace prochází sledovaným oknem vzhledem ke standardnímu jednoduchému oknu.

Tyto hodnoty pro běžné prostředky, omezující sluneční radiaci vnikající oknem do místnosti, jsou v tabulce 11 v normě.

Tabulka 2 – Hodnoty stínících součinitelů s pro různá provedení oken a stínících prvků

Druh zasklení	S	Stínící prvky	s
Jednoduché sklo	1, 00	vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0, 56
Dvojitě sklo	0, 90	vnitřní žaluzie lamely 45° střední barvy	0, 65
Jednoduché determální Sklo	0, 70	vnitřní žaluzie lamely 45° tmavé	0, 75
vnější determální, vnitřní obyčejné	0, 60	vnější žaluzie lamely 45° světlé	0, 15
reflexní sklo dvojitě, špičkové výrobky	0, 24	vnější markýzy, meziprostor větrán	0, 30
vnější reflexní sklo průměrné jakosti, vnitřní obyčejné	0, 60	meziokenní žaluzie prostor nevětrán	0, 50
zdvojené reflexní sklo dobré jakosti	0, 30	reflexní závěsy světlé, vnější reflexní vrstva	0, 60
barevné vrstvy stříkané světlé	0, 80	závěsy:bavlna, umělá vlákna	0, 80
barevné vrstvy stříkané střední	0, 70	reflexní závěsy tmavé, vnější reflexní vrstva	0, 70
reflexní fólie tmavá	0, 25	-	-
reflexní fólie světlá	0, 42	-	-
sklo s drátěnou vložkou	0, 80	-	-

Při kombinaci několika způsobů stínění se získá výsledná hodnota s vynásobením hodnot dílčích: $s = s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n$.

Jestliže je část okna zastíněna, musí se stanovit ta část, která je osluněna – viz postup v normě.

Tepelné zisky stěnou

Prostup tepla stěnami, podlahou a stropem při prosklených fasádách má jen malý význam. Je mu třeba věnovat pozornost u přízemních, horizontálně rozlehlých staveb (zejména průmyslových) a u staveb bezokených.

Pro výpočet prostupu tepla se dosazují teploty vzduchu po obou stranách stěny. Pouze v případě, že je stěna osluněna, dosazuje se rovnocenná sluneční teplota vzduchu t_r (°C) definovaná vztahem:

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot I}{\alpha_e}$$

kde I je intenzita přímé a difuzní radiace dopadající na stěnu (W) ,

ε - součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci (hodnoty jsou v normě v tabulce 12) ,

α_e - součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny (W/m²K) .

Rovnocenná sluneční teploty pro typický letní den s nejvyšší teplotou vzduchu 30°C ($t_{e, \max} - t_{e, \min} = 14$ K) při intenzitách sluneční radiace uvedených v tabulce 5 v normě a při $\varepsilon = 0,6$, jsou v tabulce 13 v normě.

Venkovní stěny se rozdělují, pro usnadnění výpočtu, do tří kategorií:

- a) stěny lehké,
- b) stěny středně těžké,
- c) stěny těžké.

K tomuto rozdělení stěn se poznamenává, že v případě, že se provádí výpočet pomocí programu, počítá se vždy s případem ad b) .

Stěny lehké

Jejich tepelná kapacita a tím i fázové posunutí teplotních kmitů tepelných toků jsou tak malé, že proces prostupu tepla je možno uvažovat jako ustálený. Platí to přibližně pro tloušťku stěn $\delta < 0,08$ m. Prostup tepla se určí ze vztahu:

$$Q = k \cdot S \cdot (t_r - t_i)$$

Stěny středně těžké

Jsou to stěny, u nichž je třeba respektovat ovlivnění prostupu tepla kolísáním teplot. Stačí uvažovat stěny v rozmezí tloušťek 0,08 až 0,45 m. Tepelný tok se určuje podle vztahu:

$$Q = k \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\psi} - t_{rm})]$$

kde t_{rm} je průměrná rovnícná sluneční teplota vzduchu za 24 h (°C) ,

$t_{r\psi}$ - rovnícná sluneční teplota v době o ψ dřívější (°C) ,

m - součinitel zmenšení teplotního kolísání při prostupu tepla stěnou (-) .

Hodnoty ψ a m se určí podle diagramu na obrázku 2 v normě. Pro průměrné vlastnosti stěn lze stanovit fázové posunutí ze vztahu

$$\psi = 32 \cdot \delta - 0,5$$

kde δ je tloušťka stěny (m) ,

a zmenšení teplotního kolísání:

$$m = \frac{1 + 7,6 \cdot \delta}{2500^\delta}$$

Stěny těžké

Mají takovou tepelnou kapacitu, že lze kolísání teplot na vnitřním povrchu stěn zanedbat. Odpovídá to tloušťkám stěn $\delta \geq 0,45$ m. Tepelný tok se určí ze vztahu

$$Q = k \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i)$$

Tepelné zisky infilrací venkovního vzduchu

V letních měsících při maximálních teplotách se vnikání vzduchu náparem větru do klimatizovaných prostorů neuvažuje. Rovněž tak se neuvažuje vnikání vzduchu účinkem vztlaku.

Infiltrace se uvažuje pouze u podtlakových klimatizačních zařízení. Pro infiltraci se počítá s vnikáním venkovního vzduchu o objemu, který je dán rozdílem objemových průtoků odváděného vzduchu.

Vnikání čerstvého vzduchu při otvírání dveří se uvažuje, je-li klimatizovaný prostor spojen dveřmi přímo s venkovním prostorem nebo s prostorem o jiné teplotě a není-li použita vzduchová clona.

Při použití jednoduchých venkovních dveří se počítá s vniknutím 3 m³ při jednom otevření, u předsíňových dveří 2 m³ vzduchu.

Tepelná zátěž pro dimenzování klimatizačních zařízení zahrnuje i tepelné zisky, plynoucí z přívodu čerstvého větracího vzduchu do klimatizačního zařízení:

$$Q = V_L \cdot \rho_L \cdot c_L \cdot (t_e - t_i)$$

kde V_L je přívod čerstvého vzduchu (m^3/s),
 ρ_L - hustota vzduchu (kg/m^3),
 c_L - měrná tepelná kapacita vzduchu (J/kgK).

Připustí-li se v době špičkových tepelných zisků zvýšení vnitřní teploty o Δt_i , dosazuje se za t_i teplota včetně teploty zvýšení ($t_i + \Delta t_i$).

Vodní zisky

Pokud je teplota povrchu, z něhož nastává odpařování, vyšší než je teplota vzduchu, odebírá se teplo pro odpařování přímo z vody. Toto odpařování neovlivňuje podstatně tepelné zisky. Patří sem produkce páry člověka, odpařování z jídel, odpařování z hladiny, která má teplotu vyšší než je teplota vzduchu. Pro výpočet odparu se uvádí v normě výpočtový vztah.

V některých případech vzhledem ke složitosti procesu, je účelné počítat jen se stálým odparem, jehož velikost vyplývá z praktických zkušeností (např. pro kryté bazény $7 \cdot 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^2\text{s}$) v případě vytápěných podlah).

Adiabatické odpařování

Teplo pro odpařování se odebírá ze vzduchu. Teplota povrchu se pohybuje mezi teplotou mokrého teploměru a teplotou vzduchu, podle intenzity sálání okolních ploch. Odpar se počítá podle vztahu (34) v normě. V tomto případě se od tepelné zátěže citelným teplem odečítá teplo potřebné k odpaření Q_o

$$Q_o = M_w \cdot l$$

kde l je výparné teplo vody $l = 2,5 \cdot 10^6 \text{ J}/\text{kg}$

V normě jsou uvedeny všechny potřebné údaje v tabulkové formě, popř. v grafickém vyjádření.

3. ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ

Tato norma stanoví postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem stěnami a větráním (infiltrací) za kvazistacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění a pro stanovení tepelné charakteristiky budovy podle ČSN 73 0540. Norma neplatí pro výpočet tepelných ztrát prostorů vytápěných sálavými plochami, v těchto případech lze pouze vycházet ze zásad obsažených v této normě. Tato norma se nevztahuje na výpočet potřeby tepla pro úpravu vzduchu pro klimatizaci.

Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov a místností

Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou nutné tyto podklady:

- a) situace (polohopisný plán) , ze kterého je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terenních překážek apod. , nadmořská výška místa výstavby a převládající směr větru,
- b) půdorys jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními skladebnými (popř. světlymi) rozměry, včetně rozměrů oken a dveří, nejméně v měřítku 1:100,
- c) řezy budovou s udáním hlavních světlych a konstrukčních výšek podlaží,
- d) tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540-3,
- e) součinitel spárové průvzdušnosti oken $i_{L,v}$ a součinitel prostupu tepla oken a dveří k , popř. údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné k výpočtu tepelné ztráty místnosti prostupem a tepelné ztráty místnosti infiltrací,
- f) údaje o druhu (účelu) místnosti,
- g) údaje o teplotách. Pro volbu výpočtové venkovní teploty t_e je možno použít tabulku A. 1, nebo lépe údaje nejbližší meteorologické stanice. Výpočtové vnitřní teploty t_i se volí podle tabulky A. 3, v souladu s hygienickými předpisy nebo na základě výslovného požadavku investora. V tomto případě však musí být tato skutečnost v projektu uvedena. Teplota v sousedních nevytápěných místnostech se volí podle tabulky A. 2.

Součinitel prostupu tepla konstrukce k se stanoví podle ČSN 73 0540-4.

Plochy stropů, podlah a svislých stěn se vypočítají z vnitřních rozměrů místnosti, pouze u výšky se počítá s konstrukční výškou podlaží. Tato zásada platí také pro určení celkové plochy všech konstrukcí pro stanovení hodnoty ΣS při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla konstrukcemi místnosti k_c podle rovnice (4) .

Plocha okenních a dveřních otvorů se stanoví podle jejich skladebných rozměrů včetně rámu a zárubní.

Pro výpočet otopné plochy se doporučuje konečné hodnoty celkové tepelné ztráty místnosti zaokrouhlit:

- a) na 10 W směrem k větší hodnotě $Q_c \leq 500$ W
- b) na 20 W směrem k větší hodnotě při 500 W < $Q_c \leq 1000$ W
- c) na 50 W směrem k větší nebo menší hodnotě při $Q_c > 1000$ W

Tepelná ztráta budovy

Základní princip stanovení tepelné ztráty budovy spočívá na stanovení tepelné ztráty místností.

Rozlišuje se: celková tepelná ztráta Q_c (W), která se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním, která se může zmenšit o tepelné zisky:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla,

Q_v – tepelná ztráta větráním,

Q_z – trvalý tepelný zisk.

Tepelná ztráta prostupem Q_p (W) se stanoví ze vztahu:

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3)$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta,

p_1 - přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn,

p_2 - přírážka na urychlení zátoku,

p_3 – přírážka na světovou stranu.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_o (W) se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností:

$$Q_o = \sum_{j=1}^{j=n} k_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej})$$

kde k_j je součinitel prostupu tepla (W/m^2K) j -té stavební konstrukce o ploše S_j (podle ČSN 73 0540 se plocha konstrukce označuje A ; podle této normy se počítá s hodnotou součinitele prostupu tepla odpovídající zabudovanému stavu a označuje se k_p),

t_i - výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$),

t_{ej} - výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce ($^{\circ}C$) = výpočtová teplota v sousední místnosti nebo výpočtová teplota vnějšího vzduchu.

Je-li u některé ze stavebních konstrukcí teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, jde – z hlediska uvažované místnosti o tepelný zisk, který zmenšuje tepelnou ztrátu místnosti.

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 se stanovuje ze vztahu:

$$P_1 = 0,15 \cdot k_c$$

kde k_c je průměrná hodnota součinitele prostupu tepla všech konstrukcí místností, která se stanoví ze vztahu:

$$k_c = \frac{Q_o}{\Sigma S \cdot (t_i - t_e)}$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta místnosti,

t_i - výpočtová vnitřní teplota,

t_e - výpočtová vnější teplota,

ΣS - celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost.

Přirážka na urychlení zátopu p_2 v bytové výstavbě, nemocnicích apod. se, za normálních okolností, neuvažuje. U budov se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém výkonu menším než 150 kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se při výpočtu tepelné ztráty prostupem počítá s přirážkou na urychlení zátopu p_2 , a to v následující velikosti:

a) 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin,

b) podle ČSN 06 0220 při denní době vytápění kratší než 16 hodin.

O výši přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích poloha jejich společného rohu. U místností se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou největší. Hodnoty přirážky p_3 jsou v tabulce 1.

Tabulka 1 – Přirážka p_3 na světovou stranu (S_s)

S_s	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
P_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tepelná ztráta větráním Q_v (W) se stanoví ze vztahu

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)$$

kde V_v je objemový tepelný tok (m^3/s),

t_i, t_e - výpočtová vnitřní a vnější teplota ($^{\circ}C$),

Objemový tok větracího vzduchu musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Ty jsou obvykle dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h (h^{-1}).

Potřebný průtok vzduchu se stanoví ze vztahu:

$$Q_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m$$

kde V_m je vnitřní objem místnosti (m^3).

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu stanoví ze vztahu

$$V_{vP} = \Sigma (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$$

kde $\Sigma (i_{LV} \cdot L)$ je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti ($m^3/s Pa^{-0,67}$),

i_{LV} - součinitel spárové průvzdušnosti ($m^3/m s Pa^{-0,67}$),

L - délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří (m),

B - charakteristické číslo budovy ($Pa^{0,67}$),

M - charakteristické číslo místnosti (-).

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti oken a venkovních dveří jsou uvedeny v ČSN 73 0540-3.

Celková délka spár se stanovuje za skladebných rozměrů otvíratelných oken a dveří. Uvažuje se přitom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem (včetně středních sloupků) a se spárami mezi dvěma na sebe přiléhajícími křídly.

Součet součinů $\Sigma (i_{LV} \cdot L)$ se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy. U řadových místností s jednou venkovní konstrukcí se za návětrnou stranu považuje strana, na které je venkovní konstrukce s oknem.

U rohových místností s okny v obou venkovních stavebních konstrukcích se počítá se $\Sigma (i_{LV} \cdot L)$ pro okna v obou stavebních konstrukcích. U místností s okny v protilehlých konstrukcích se za návětrnou stranu považuje ta strana, pro kterou má $\Sigma (i_{LV} \cdot L)$ větší hodnotu. Protilehlá strana stavební konstrukce se pak považuje za stranu závětrnou; spárami oken v této konstrukci uniká vzduch z místnosti. Charakteristické číslo místnosti se v tomto případě volí $M = 1$, stejně jako pro místnosti bez vnitřních konstrukcí – viz tabulku A. 5 citované normy.

Charakteristické číslo budovy B závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině (rozlišuje se chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá poloha) a na druhu budovy (rozlišuje se řadové budovy a osamělé budovy).

Z hlediska rychlosti větru se rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry – viz přílohu C této normy.

Hodnoty charakteristického čísla B jsou v tabulce A. 4 této normy. Pro budovy s výškou nad 25 m se počítá tepelná ztráta podle článku 9. 4. 1 této normy.

Podle toho, jak je budova v krajině vystavena náporu větru, se rozlišuje:

a) chráněná poloha

- domy ve vnitřních částech měst, pokud příliš nepřevyšují okolí
- domy ve střední části sídlišť s převážně řadovou zástavbou
- domy ze všech stran a v celé výšce chráněné okolím, např. nízké domy v zalesněné krajině apod.

b) nechráněná poloha

- domy ve vnitřních částech měst, pokud značně převyšují okolí
- domy na okraji sídlišť s převážně řadovou zástavbou
- domy v sídlišťích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí
- osaměle stojící domy v údolích, v zalesněné krajině apod.

c) velmi nepříznivá poloha

- domy v sídlišťích s převážně bodovou zástavbou, pokud značně převyšují okolí
- osaměle stojící domy na březích řek, jezer a rybníků, na nezalesněných návrších, na rozsáhlých rovinách apod.

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří. Rozlišují se tyto případy:

- a) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken ($M = 0, 4$),
- b) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost oken ($M = 0, 5$),
- c) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken ($M = 0, 7$),
- d) místnosti bez vnitřních stěn, např. sály, velkoprostorové kanceláře apod. ($M = 1$).

Výpočtové veličiny

a) Výpočtová venkovní teplota

Za výpočtová venkovní teplotu t_e byla zvolena průměrná teplota pěti za sebou následujících nejchladnějších dnů podle dlouhodobých meteorologických pozorování.

Pro území ČR platí tři základní výpočtové venkovní teploty

- aa) $t_e = -12^\circ\text{C}$,
- ab) $t_e = -15^\circ\text{C}$,
- ac) $t_e = -18^\circ\text{C}$.

Oblasti těchto teplot jsou vyznačeny v příloze C této normy. Pro vybraná města jsou výpočtové venkovní teploty uvedeny také v tabulce A. 1 této normy.

Pro volbu výpočtové venkovní teploty na rozhraní dvou oblastí je rozhodující náhlá změna nadmořské výšky; pro údolí se počítá s vyšší t_e , pro návrší s nižší t_e . Pro budovy (objekty) zásobované teplem ze stejného zdroje však musí být uvažováno se stejnou výpočtovou venkovní teplotou.

Pro místa s nadmořskou výškou nad 400 m se zvyšuje rozdíl teplot $\Delta t = (t_i - t_e)$ o 3°C – viz tabulku:

Tabulka 2 – Zvětšení t_e s ohledem na nadmořskou výšku (nm – nadmořská výška, vo=výpočtová oblast)

nm	vo ($^\circ\text{C}$)	t_e ($^\circ\text{C}$)
400 m	-12	-15
600 m	-15	-18
800 m	-18	-21

Pokud je z hydrometeorologické stanice v místě znám průběh teplot za delší sledované období – nejméně 30 let – je vhodné použít tyto konkrétní údaje. V tomto případě se neuvažuje korekce teploty na nadmořskou výšku – koriguje se pouze z hlediska rychlosti větru.

b) Teplota v sousedních nevytápěných místnostech

V normálních případech je teplota v nevytápěných místnostech sousedících s místností vytápěnou, pro kterou se počítají tepelné ztráty, určena v tabulce A. 2 této normy.

Ve zvláštních případech lze teplotu v nevytápěném prostoru t_{ie} stanovit ze vztahu, který je v normě uveden.

c) Výpočtová vnitřní teplota

Za výpočtovou vnitřní teplotu t_i se volí výsledná teplota, která je aritmetickým průměrem teploty vnitřního vzduchu a průměrnou povrchovou teplotou stěn ohraničujících vytápěnou místnost. Pokud není předepsáno jinak, volí se podle tabulky A. 3 této normy.

Např. pro obytné místnosti, tj. obytné pokoje, ložnice, jídelny, pracovny a dětské pokoje se uvažuje hodnota $t_i = 20^\circ\text{C}$. Stejná hodnota platí pro kanceláře, čekárny, zasedací místnosti, ve školách – pro učebny, kabinety, laboratoře, jídelny apod.

Naproti tomu v koupelnách se počítá s vnitřní teplotou 24°C . Na vytápěných schodištích s 15°C .

d) Součinitel prostupu tepla stavebních konstrukcí, oken a dveří

Okna a dveře se považují za konstrukce bez schopnosti tlumit účinek kolísání venkovní teploty. Výpočtové hodnoty se stanoví podle ČSN 73 0540-3.

e) V normě se také uvádí postup výpočtu tepelné ztráty ve zvláštních případech – k nimž patří situace, kdy stavební konstrukce přiléhají k zemině, jestliže je výška místnosti vyšší než 25 m, jde-li o velké zasklené stavební konstrukce místností se zdroji vlhkosti, jsou-li stavby těžké – masivní.

f) V normě se také uvádí postup výpočtu tepelného příkonu akumulčního zdroje tepla.

g) V normě se uvádí rovněž formulář pro výpočet tepelné ztráty místnosti a mapa s vyznačením teplotních oblastí v ČR (včetně Slovenska).

4. ČSN 06 0220 ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ – DYNAMICKÉ STAVY

Tato norma stanoví postup výpočtu některých veličin vytápěcí techniky v případech, kdy dodávka tepla do místnosti nezajišťuje ustálený stav vnitřní teploty. Metoda výpočtu dynamických stavů uvedená v této normě byla odvozena na základě takových okrajových podmínek, aby bylo možno zjednodušit složitý matematický model dynamického průběhu teplot v místnosti a tepelného výkonu otopného tělesa. V normě uvedené postupy mohou být využity při navrhování otopných soustav i při provozu těchto soustav. Uvedené postupy mohou být rovněž využity pro návrh centrálního i lokálního regulačního systému.

V normě se definují tyto pojmy: povrchová teplota, teplo akumulované v místnosti, akumuláční doba, periodická dodávka tepla, fáze, doba periody. Uvádí se příslušné značky a jednotky.

Základní výpočty

Tepelná ztráta se počítá odlišně od způsobu uvedeného v ČSN 06 0210. Při výpočtu tepelné ztráty místnosti se vychází z následujícího vztahu:

$$Q_{cn} = (q_o + q_a) \cdot (t_{in} - t_{en}) \cdot \frac{\alpha_i \cdot S_c}{\alpha_i \cdot S_c - q_o} \quad (1)$$

kde Q_{cn} je celková tepelná ztráta místnosti (W) ,
 q_o - měrná tepelná ztráta prostupem (W/K) ,
 q_v - měrná tepelná ztráta větráním (W/K) ,
 t_{in} - výpočtová vnitřní teplota (°C) ,
 t_{en} - výpočtová vnější teplota (°C) ,
 α_i - součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu,
 $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$,
 S_c - celkový vnitřní povrch stěn místnosti (m²) .

Vztah (1) umožňuje přímý výpočet tepelné ztráty bez hledání přírážky na vyrovnání vlivu chladných stěn v ČSN 06 0210.

Dále, v první závorce vztahu (1) je vyjádřena měrná tepelná ztráta prostupem a větráním, ve druhé výpočtový teplotní rozdíl. Zlomek představuje přírážku na vyrovnání vlivu chladných stěn.

Měrná tepelná ztráta prostupem se stanoví ze vztahu

$$q_o = \sum_{j=1}^{j=r} k_j \cdot S_j \quad (2)$$

kde k_j je součinitel prostupu tepla j-té stěny (W/m²K) ,
 S_j - plocha j-té stěny (m²) ,
 r - počet stěn.

Měrná tepelná ztráta větráním se stanoví ze vztahu

$$q_a = c_a \cdot n \cdot V_m \quad (3)$$

kde $c_a = 0,36 \text{ Wh/m}^3\text{K}$ – je tepelná kapacita vzduchu,
 $n = (0,5 \text{ až } 0,7) \text{ h}^{-1}$ – výměna vzduchu, hodnota platí pro obytné místnosti.

Výpočet akumulovaného tepla ve stavební konstrukci místnosti

$$A_{mk} = (t_{vn} - t_{en}) \cdot \sum_{k=1}^{k=r} \omega_k \cdot S_k \quad (4)$$

kde t_{vn} je výpočtová teplota vzduchu v místnosti ($^{\circ}\text{C}$),

t_{en} - výpočtová vnější teplota ($^{\circ}\text{C}$),

ω_k - jednotkové teplo ($\text{Wh/m}^2\text{K}$),

S_k - plocha stěny (m^2),

r - počet stěn.

Jednotkové teplo se stanoví ze vztahu

$$\omega_k = \sum_{v=1}^{v=p} c_v \cdot \rho_v \cdot s_v \cdot \varepsilon_v \cdot v_v \quad (5)$$

kde c_v je tepelná kapacita vrstvy ($\text{Wh/m}^3\text{K}$),

ρ_v - hustota vrstvy (kg/m^3),

s_v - tloušťka vrstvy, která má pořadí v (m),

ε_v - součinitel teplotní úrovně vrstvy,

v_v - součinitel přiřazení vrstvy.

Hodnoty c_v , ρ_v a také λ_h (tepelná vodivost vrstvy) se uvažují podle ČSN 73 0540.

Hodnotu udanou v J/kgK je nutno převést na Wh/kgK dělením 3600.

Pro okna je $\omega_k = 0$. Pro vybrané konstrukce jsou hodnoty ω_k v normě.

V normě je také uveden postup stanovení součinitele úrovně vrstvy, a to pro vnější konstrukci, vnitřní konstrukci přilehlou k zemi a vnitřní konstrukci. Např. pro vnější konstrukci platí

$$\varepsilon_v = 0,5 \cdot k_k \cdot (R_{vi} + R_{ve}) \quad (6)$$

kde k_k je součinitel prostupu tepla konstrukce ($\text{W/m}^2\text{K}$),

R_{vi} – tepelný odpor z vnitřní plochy vrstvy do vnitřního prostředí ($\text{m}^2\text{K/W}$),

R_{ve} – tepelný odpor z vnější plochy vrstvy do vnějšího prostředí ($\text{m}^2\text{K/W}$).

Pro konstrukci bez tepelné ztráty je $\varepsilon_v = 1$.

Součinitel přiřazení pro vnější stěny je $v_v = 1$. Výpočet pro vnitřní stěny je uveden v normě.

Teplu akumulované ve vnitřním vybavení místnosti se stanoví ze vztahu

$$A_{mz} = (t_{vn} - t_{en}) \cdot \sum_{z=1}^{z=d} c_z \cdot M_z \quad (7)$$

kde c_z je tepelná kapacita vnitřního vybavení místnosti
(Wh/m³K),

M_z - hmotnost vnitřního vybavení (kg).

V obytných místnostech bývá 500 až 1000 kg nábytku z dřevotřísek
($c_z = 0,7$ Wh/kgK). Pro teplotní rozdíl 32 K je
potom $A_{mz} = (10\,000$ až $20\,000)$ Wh.

Celkové teplo akumulované ve stavebních konstrukcích a ve vnitřním vybavení místnosti se stanoví ze vztahu

$$A_{mn} = A_{mk} + A_{mz} \quad (8)$$

Akumulační doba místnosti

$$\tau_m = \frac{A_{mn}}{Q_{cn}} \quad (9)$$

Pomocí akumulací doby se řeší většina úloh dynamických stavů. Pro orientační výpočty lze použít hodnoty z tabulky 2 uvedené v normě.

Např. průběh povrchové teploty vnitřních stěn t_p v čase τ je možno stanovit ze vztahu

$$t_p = (t_{po} - t_{pu}) \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_m}\right) + t_{pu} \quad (10)$$

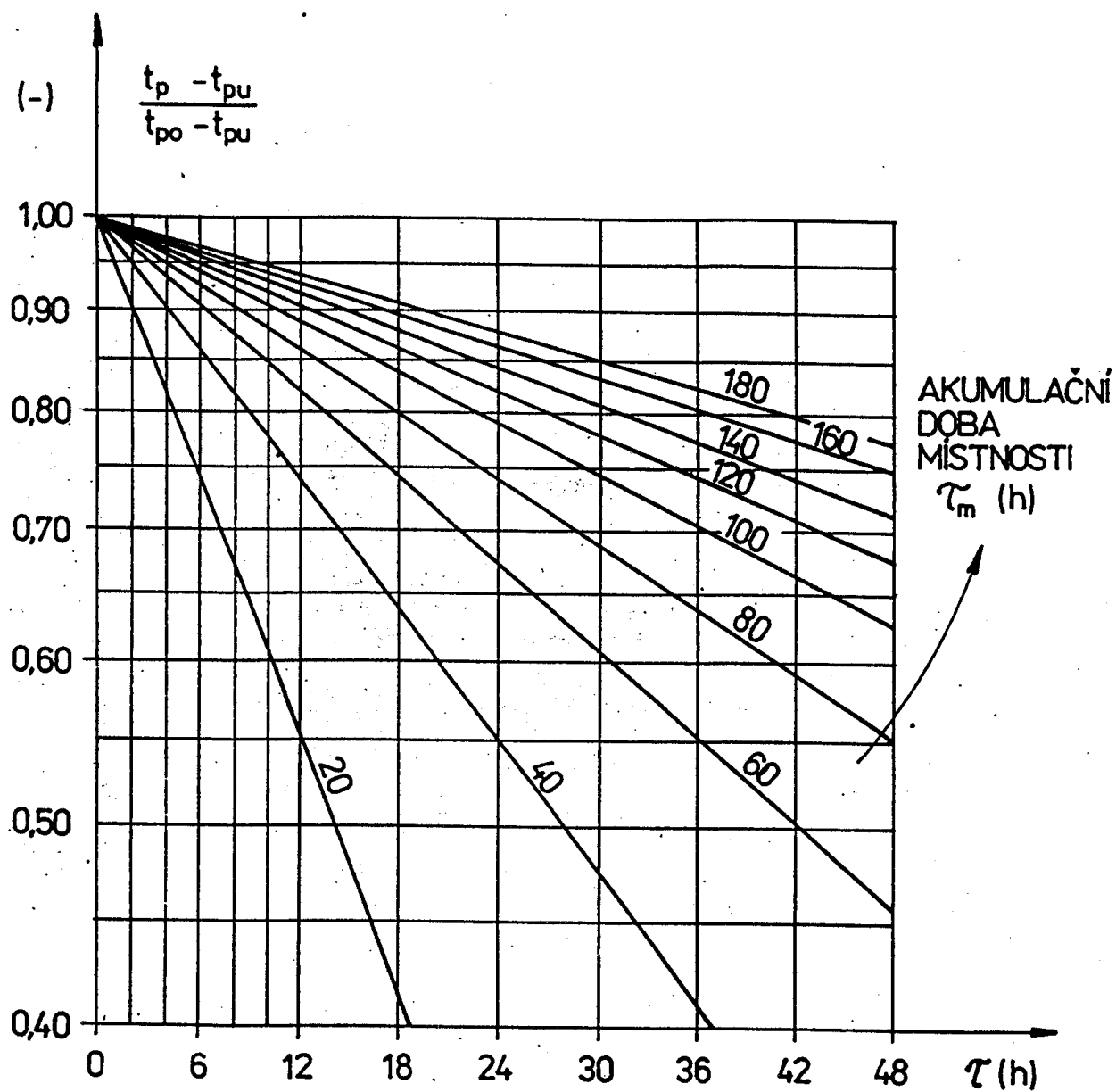
kde t_{pu} je povrchová teplota v ustáleném stavu (°C),

t_{po} je počáteční povrchová teplota (°C).

Na obrázku 1 je uvedena závislost poměrné změny povrchové teploty na čase pro různé hodnoty akumulací doby místnosti.

V normě se uvádí také výpočet výkonu otopného tělesa při jednorázové dodávce tepla, při periodické dodávce tepla a také výpočet průběhu teplot otopné soustavy.

V příloze jsou uvedeny číselné příklady.



Obrázek 1 – Závislost poměrné změny povrchové teploty na čase

5. ČSN 73 0542 ZPŮSOB STANOVENÍ ENERGETICKÉ BILANCE ZASKLENÝCH PLOCH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ BUDOV

Tato norma stanoví hodnoty veličin a postup výpočtu energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov v zimním období a umožňuje tím vyčíslení podílu úspor paliv a energie při vytápění vlivem využitelného slunečního záření pronikajícího do budovy.

Obsah normy vychází ze známé skutečnosti, že zasklené plochy jsou zdrojem značným tepelných ztrát, které lze částečně zmenšit, využije-li se slunečního záření pronikajícího do budovy.

Největší tepelné zisky ze slunečního záření se dosahují při jižní orientaci zasklených ploch, nejmenší při severní orientaci.

Za nejvýhodnější z hlediska tepelných zisků se považují zasklené plochy se dvěma skly z čirého skla.

Vedle automatické regulace vytápěcího systému mají mít budovy co nejlepší tepelně technické vlastnosti a zvláště na jižní straně volný horizont.

V normě se však také připomíná, že velké zasklené plochy jsou příčinou přehřívání budov v letním i přechodném období a tudíž tepelné nepohody. Z tohoto důvodu musí být navrženo stínění zasklených ploch, použitelné v době nadbytečných tepelných zisků. Přednost mají pohyblivé clony. Ty je možno využít i v zimním období v nočních hodinách, jako tepelné izolace zasklených ploch, čímž se také zmenší tepelné ztráty.

a) Výchozí podmínky pro výpočet energetické bilance

Energetická bilance obsahuje spotřebu tepla pro vytápění a tepelný zisk ze slunečního záření pronikajícího do budovy. Může se stanovit samostatně pro zasklení, místnost, budovu, pro jednotlivé měsíce vytápěcího období a celé vytápěcí období.

Spotřeba tepla pro vytápění v energetické bilanci se stanovuje na základě výpočtové teploty vnitřního vzduchu t_{aip} , zjištěné ze vztahu

$$t_{aip} = (2 \cdot t_{rs}) - t_{us} \quad (1)$$

kde t_{rs} je výsledná směrová teplota v kontrolním bodě místnosti, která je rovna výpočtové vnitřní teplotě,

tj. $t_i = t_{rs}$,

t_{us} - účinná teplota souhrnu protilehlých ploch v kontrolním bodě místnosti, stanovená podle vztahu

$$t_{us} = \sum_{j=1}^{j=s} \varphi_j \cdot t_{sj} \quad (2)$$

kde φ_j je poměr osálení mezi kontrolním bodem místnosti a j-tou protilehlou plochou; jeho stanovení se uskutečňuje podle rovnic nebo digramů uvedených v normě,

t_{sj} - teplota na povrchu j-té protilehlé plochy,

s - počet protilehlých ploch.

Poznámky:

1. Kontrolní bod je definován takto: je to bod na normále, která je vedena ze středu zasklené plochy do místnosti, vzdálené 1 m od zasklené plochy – viz obrázek 1.
2. Kontrolní oblast v místnosti: oblast v místnosti vymezená rovinnou rovnoběžnou s danou zasklenou plochou a procházející kontrolním bodem v místnosti - viz obrázek 1.
3. Souhrn protilehlých ploch: souhrn plochy v kontrolní oblasti, mezi kterými a kontrolním bodem dochází k výměně tepla sáláním. Zahrnuje také otopnou plochu, pokud se nalézá v kontrolní oblasti.

Teplota na povrchu příslušné protilehlé plochy se stanoví

aa) u vnějších neprůsvitných stavebních konstrukcí ze vztahu

$$t_{sj} = t_i - \frac{k}{\alpha_i} \cdot (t_i - t_e) \quad (3)$$

kde k je součinitel prostupu tepla (W/m^2K),

α_i - součinitel přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce (W/m^2K),

t_i - výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$) – viz ČSN 06 0210,

t_e – výpočtová vnější teplota ($^{\circ}C$) - viz ČSN 06 0210,

ab) u vnitřních stavebních konstrukcí oddělujících danou místnost od prostoru s nižší teplotou vzduchu než je teplota v dané místnosti, se stanoví stejně jako v ad aa), avšak s tím rozdílem že se dosazuje za vnitřní teplotu t_i teplota platná pro sousedící vytápěnou místnost, nebo vnitřní teplota platná pro sousední nevytápěnou místnost uvedenou v ČSN 06 0210,

ac) u vnitřních stavebních konstrukcí oddělujících danou místnost od prostoru se stejnou nebo vyšší vnitřní teplotou než je v dané místnosti, je $t_{sj} = t_i$, takže v obytných a občanských budovách je $t_{sj} = 20^{\circ}C$,

ad) u otopných těles (otopných ploch) se stanoví ze vztahu

$$t_{sj} = \frac{t_{vst} + t_{vyst}}{2} \quad (4)$$

kde t_{vst} je teplota média vstupujícího do otopného tělesa ($^{\circ}C$),

t_{vyst} - teplota média vystupujícího z otopného tělesa ($^{\circ}C$),

ae) u zasklení se stanoví podle postupu v ad aa), avšak za součinitele prostupu tepla k se dosazuje $k_{ok,p} = 1, 15 \cdot k_{ok,N}$ (kde

$k_{ok,N}$ je změřená hodnota součinitele prostupu tepla zasklení),

af) v případě, že má místnost více vnějších stěnových konstrukcí se zasklenou plochou nebo více zasklených ploch v jedné vnější stěně, stanovuje se výpočtová teplota vnitřního vzduchu

v kontrolním bodě u největší zasklené plochy; jsou-li zasklené plochy stejné, volí se kontrolní bod před zasklenou plochou s největším ochlazovacím účinkem.

b) Způsob stanovení energetické bilance

ba) Energetická bilance zasklení

Energetická bilance zasklení za měsíc DE_m (kWh/měs) je dána rozdílem

$$DE_m = E_m - E_{Zm} \quad (5)$$

kde E_m je průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc (kWh/měs),
 E_{Zm} - průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc (kWh/měs).

Průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc E_m (kWh/měs) se stanoví ze vztahu

$$E_m = \frac{Q_{ok} \cdot 0,024}{(t_{aip} - t_e)} \cdot d_m \cdot (t_{aip} - t_{em}) \quad (6)$$

kde d_m je počet dnů za měsíc (uvažují se měsíce říjen až duben),
 t_{aip} - výpočtová teplota vnitřního vzduchu,
 t_e - výpočtová teplota vnějšího vzduchu,
 t_{em} - průměrná teplota vnějšího vzduchu za měsíc,
 Q_{ok} - maximální tepelná ztráta zasklení (W).

Maximální tepelná ztráta zasklení se stanoví ze vztahu

$$Q_{ok} = k_{ok, p} \cdot A_{ok} \cdot (t_{aip} - t_e) \quad (7)$$

kde A_{ok} je plocha zasklení (m^2).

V případě, že je zasklení v nočních hodinách tepelně izolováno (izolačními okenicemi apod.), dosazuje se za výpočtovou hodnotu součinitele prostupu tepla $k_{ok, p}$ veličina

$$k_{ok, iz} = \frac{k_{ok, p} + k_{ok, n}}{2} \quad (8)$$

kde $k_{ok, n}$ je součinitel prostupu tepla zasklení s tepelnou izolací; jeho hodnota musí být stanovena experimentálně státem akreditovanou zkušebnou.

Průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc E_{Zm} (kWh/měs) se stanoví ze vztahu

$$E_{Zm} = E_{gm} \cdot A_{ok, p} \cdot T \cdot c_m \cdot c_a \quad (9)$$

kde E_{gm} je globální sluneční záření za měsíc (kWh/měs),

$A_{ok, p}$ – plocha průsvitné části zasklení (m^2),

$$A_{ok, a} = A_{ok} - A_n \quad (10)$$

A_n - plocha neprůsvitné části zasklení (m^2),

T - celková propustnost záření zasklení, stanoví se ze vztahu

$$T = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \quad (11)$$

T_1 - propustnost slunečního záření zasklení,

T_2 - znečištění zasklení (uvažuje se $T_2 = 0, 9$),

T_3 - činitel stínění zasklení,

c_m - činitel využití slunečního záření za měsíc,

c_n - činitel korigující skutečnost, že dopad slunečních paprsků na zasklení není kolmý (uvažuje se $c_n = 0, 9$).

Poznámka: Hodnoty globální sluneční záření mohou být korigovány, jestliže je albedo okolní krajiny odlišné od hodnoty $r = 0, 2$ – viz rovnici (12) v normě.

Energetická bilance zasklení za celé vytápěcí období DE_{VO} (kWh/VO) je dána rozdílem

$$DE_{VO} = E_{VO} - E_{ZVO} \quad (13)$$

kde E_{VO} je průměrná spotřeba tepla zasklení za celé vytápěcí období (kWh/VO),

E_{Zm} - průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za celé vytápěcí období (kWh/VO).

Průměrná spotřeba tepla zasklení za celé vytápěcí období E_{VO} (kWh/VO) se stanoví buď jako součet hodnot průměrné spotřeby tepla zasklení v jednotlivých měsících vytápěcího období, nebo na základě průměrných hodnot platných pro celé vytápěcí období.

Hodnota E_{VO} stanovená na základě součtu průměrných hodnot za měsíc

$$E_{VO} = \sum_{j=1}^{j=n} E_{mj} \quad (14)$$

kde E_{mj} je průměrná spotřeba tepla zasklení v j-tém měsíci (kWh/měs),

n - počet měsíců ve vytápěcím období.

Hodnota E_{VO} stanovená na základě průměrných hodnot veličin platných pro celé vytápěcí období

$$E_{VO} = k_{ok, p} \cdot A_{ok} \cdot 0, 024 \cdot d \cdot (t_{aip} - t_{e, VO}) \quad (15)$$

kde d je počet dnů vytápěcího období,

t_{aip} – výpočtová teplota vnitřního vzduchu,

$t_{e, VO}$ - průměrná výpočtová teplota vnějšího vzduchu za celé vytápěcí období, uvažuje se $t_{e, VO} = 3, 0^{\circ}C$.

Průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za celé vytápěcí období E_{ZVO} (kWh/VO) se stanoví buď

α) na základě součtu průměrných hodnot za měsíc

$$E_{ZVO} = \sum_{j=1}^{j=n} E_{Zmj} \quad (16)$$

kde E_{Zmj} je průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření v j-tém měsíci (kWh/měs) ,
 n - počet měsíců ve vytápěcím období,

nebo

β) na základě průměrných hodnot veličin platných pro celé vytápěcí období

$$E_{ZVO} = E_{gVO} \cdot A_{ok, p} \cdot T \cdot C_m \cdot C_a \quad (17)$$

kde E_{gVO} je globální sluneční záření za celé vytápěcí období.

bb) Energetická bilance místnosti

Energetická bilance místnosti za měsíc DE_{mm} (kWh/měs) je dána rozdílem

$$DE_{mm} = E_{mm} - E_{Zm} \quad (18)$$

kde E_{mm} je průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc (kWh/měs) ,

E_{Zm} - průměrný tepelný zisk zasklení ze slunečního záření za měsíc (kWh/měs) .

Průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc E_{mm} (kWh/měs) se stanoví ze vztahu

$$E_{mm} = E_{mms} + E_m \quad (19)$$

kde E_{mms} je průměrná spotřeba tepla místnosti za měsíc bez zasklení,

E_m - průměrná spotřeba tepla zasklení za měsíc - viz vztah (6) .

Průměrná spotřeba tepla místnosti bez zasklení za měsíc E_{mms} (kWh/měs) se stanoví ze vztahu

$$E_{mms} = \frac{Q_{max} \cdot 0,024}{(t_{aip} - t_e)} \cdot d_m \cdot (t_{aip} - t_{em}) \quad (20)$$

kde d_m je počet dnů za měsíc (uvažují se měsíce říjen až duben) ,

t_{aip} – výpočtová teplota vnitřního vzduchu,

t_e - výpočtová teplota vnějšího vzduchu,
 t_{em} - průměrná teplota vnějšího vzduchu za měsíc,
 Q_{max} – maximální tepelná ztráta místnosti bez zasklení (W) , stanoví se ze vztahu

$$Q_{max} = Q_p + Q_v \quad (21)$$

Q_p - maximální tepelná ztráta místnosti prostupem bez zasklení (W) – viz ČSN 06 0210, avšak bez přírážky na vyrovnání vlivu chladných stěn,
 Q_v - maximální tepelná ztráta větráním (W) – viz ČSN 06 0210.

Energetická bilance místnosti za celé vytápěcí období

DE_{mVO} (kWh/VO) je dána rozdílem

$$DE_{mVO} = E_{mVO} - E_{ZVO} \quad (22)$$

kde E_{mVO} je průměrná spotřeba tepla místnosti za celé vytápěcí období (kWh/VO) ,
 E_{ZVO} - průměrný tepelný zisk místnosti ze slunečního záření za celé vytápěcí období (kWh/VO) stanovený buď podle vztahu (16) , nebo podle vztahu (17) , kde plocha zasklení odpovídá ploše zasklení dané místnosti.

Průměrná spotřeba tepla místnosti za celé vytápěcí období E_{mVO} (kWh/VO) se stanoví buď jako součet hodnot průměrné spotřeby tepla místnosti v jednotlivých měsících vytápěcího období, nebo na základě průměrných hodnot platných pro celé vytápěcí období.

Hodnota E_{mVO} stanovená na základě součtu průměrných hodnot za měsíc

$$E_{mVO} = \sum_{j=1}^{j=n} E_{mmj} \quad (23)$$

kde E_{mmj} je průměrná spotřeba tepla místnosti v j-tém měsíci (kWh/měs) ,
 n - počet měsíců ve vytápěcím období.

Hodnota E_{mVO} stanovená na základě průměrných hodnot veličin platných pro celé vytápěcí období

$$E_{mVO} = 0,024 \cdot d \cdot (t_{aip} - t_{e,VO}) \cdot \left(\frac{Q_{mms}}{(t_{aip} - t_{e,VO})} + k_{ok,p} \cdot A_{ok} \right) \quad (24)$$

bc) Energetická bilance budovy za měsíc DE_{bm} (kWh/měs) je dána rozdílem

$$DE_{bm} = E_{bm} - E_{Zbm} \quad (25)$$

kde E_{bm} je průměrná spotřeba tepla budovy za měsíc (kWh/měs) ,
 E_{Zbm} - průměrný tepelný zisk budovy ze slunečního záření za měsíc (kWh/měs) .

Průměrná spotřeba tepla budovy za měsíc E_{bm} (kWh/měs)

$$E_{bm} = \sum_{i=1}^{i=m} E_{mmi} \quad (26)$$

kde E_{mmi} – viz vztah (19) ,
 m - počet místností v budově.

Průměrný tepelný zisk budovy ze slunečního záření za měsíc E_{Zbm} (kWh/měs) se stanoví ze vztahu

$$E_{Zbm} = \sum_{i=1}^{i=m} E_{Zmi} \quad (27)$$

kde E_{Zmi} je průměrný tepelný zisk místnosti ze slunečního záření v i -té místnosti za měsíc (kWh/měs) ,
 m - počet místností v budově.

Energetická bilance budovy za celé vytápěcí období DE_{bVO} (kWh/VO) je dána rozdílem

$$DE_{bVO} = E_{bVO} - E_{ZbVO} \quad (28)$$

kde E_{bVO} je průměrná spotřeba tepla budovy za celé vytápěcí období (kWh/VO) ,
 E_{ZbVO} - průměrný tepelný zisk budovy ze slunečního záření za celé vytápěcí období (kWh/VO).

Průměrná spotřeba tepla budovy za celé vytápěcí období E_{bVO} (kWh/VO) se stanoví ze vztahu

$$E_{bVO} = \sum_{j=1}^{j=n} E_{bmj} \quad (29)$$

kde E_{bmj} je průměrná spotřeba tepla budovy za měsíc (kWh/měs) ,
 n - počet měsíců ve vytápěcím období.

Průměrný tepelný zisk budovy ze slunečního záření za celé vytápěcí období E_{ZbVO} (kWh/VO) se stanoví ze vztahu

$$E_{ZbVO} = \sum_{j=1}^{j=n} E_{Zbmj} \quad (30)$$

kde E_{Zbmj} je průměrný tepelný zisk ze slunečního záření v j -tém měsíci (kWh/měs) ,
 n - počet měsíců ve vytápěcím období.

V normě je dále:

Příloha A (normativní) , ve které je uvedena průměrná venkovní teplota za měsíc, globální sluneční záření za měsíc při různých orientacích a také součet za celé vytápěcí období, propustnost slunečního záření zasklení čirého skla pro počet skel 1 až 3, činitel využití slunečního záření za měsíc v závislosti na orientaci zasklené plochy a také průměrná hodnota za celé vytápěcí období.

Příloha B (informativní) obsahující činitele korekce globálního slunečního záření při odlišném albedu okolí od hodnoty 0, 2, výpočet poměru osálení mezi elementem plochy a obdélníkem rovnoběžným s rovinou elementu, výpočet poměru osálení mezi elementem plochy a obdélníkem kolmým k rovině elementu a diagramy k určení výše uvedených poměrů osálení.

6. ČSN 14 8102 TEPELNÉ IZOLACE CHLADÍREN A MRAZÍREN

Na začátku normy se vyjmenovávají závazné články:

Články 3. 2. 1, 3. 2. 3, 3. 2. 4, 3. 2. 5, 4. 2. 2, 4. 3. 4, 4. 3. 5, 4. 3. 6, 5. 1. 2 a oddíl 6 jsou závazné na základě požadavku ministerstva životního prostředí v rozsahu jeho působnosti, 3. 1. 2 na základě požadavku Hlavního hygienika ČR aj.

Norma obsahuje předmět, termíny a definice, požadavky na chladírny a mrazírny s obkladovými tepelně izolačními materiály, s tepelně izolačními panely, hodnocení chladíren a mrazíren, energetické a stabilitní kritérium, požadavky na bezpečnost a Přílohu A (normativní), Přílohu B (informativní) .

Norma platí pro navrhování a provádění tepelných izolací chladíren, mrazíren a jim odpovídajícím prostorům. Stanoví požadavky na konstrukční řešení, pokyny pro navrhování a provádění tepelně izolačních a parotěsných vrstev nebo tepelně izolačních panelů a způsob hodnocení těchto prostorů.

Z hlediska navrhování tepelně izolačních a parotěsných vrstev se rozlišují, podle vnitřní teploty, následující provozní teplotní pásma:

pásmo A – pro chlazené (temperované) prostory s teplotou $+11^{\circ}\text{C}$ a vyšší,

pásmo B – pro chladírny s teplotou $+10^{\circ}\text{C}$ až -4°C ,

pásmo C – pro mrazírny s teplotou -5 až -17°C ,

pásmo D – pro mrazírny s teplotou -18 až -22°C ,

pásmo E – pro mrazírny s teplotou -23 až -27°C ,

pásmo F – pro mrazírny a zmrazovací tunely s teplotou -28°C až -40°C .

V normě se uvádí nejmenší dovolený tepelný odpor pro stěnové, stropní a podlahové konstrukce chladíren a mrazíren pro jednotlivá provozní teplotní pásma – viz tabulku 1 v normě.

V tabulce 3 v normě se uvádějí nejmenší dovolené difuzní odpory jednotlivých konstrukcí.

V tabulce 4 v normě jsou uvedeny nejmenší dovolené hodnoty součinitelů prostupu tepla tepelně izolačních panelů pro jednotlivá teplotní pásma v závislosti na rozdílu teplot.

Energetické kritérium

Energetické kritérium sleduje měrné tepelné zisky dané rozdílem celkových tepelných zisků hodnoceného prostoru k celkovému objemu v závislosti na rozdílu teplot podle vztahu

$$q = \frac{Q_{\text{celk}}}{V_{\text{celk}} \cdot (t_e - t_i)}$$

kde q je měrný tepelný zisk, $W/(m^3K)$,

Q_{celk} – celkový tepelný zisk hodnoceného prostoru, W ,

V_{celk} – celkový objem, m^3 ,

t_e - vnější teplota, $^{\circ}C$,

t_i - vnitřní teplota, $^{\circ}C$.

Nejvýše přípustné měrné tepelné zisky v závislosti na celkovém objemu podle provozního teplotního pásma uvádí tabulka 1 (v normě je to tabulka 5).

Tabulka 1 – Nejvýše přípustné měrné tepelné zisky q_{max} (W/m^3K) v závislosti na celkovém objemu V (m^3) a na provozním teplotním pásmu

Pásma	q_{max} (W/m^3K) pro V (m^3)					
	100	200	500	1000	2000	≥ 5000
A	0,507	0,401	0,296	0,234	0,186	0,137
B	0,323	0,257	0,188	0,149	0,119	-
C	0,245	0,194	0,143	0,113	0,090	0,066
D	0,237	0,188	0,138	0,110	0,087	0,065
E	0,228	0,180	0,120	0,105	0,084	0,062
F	0,192	0,152	0,111	0,089	0,069	0,051

Nejvýše přípustné měrné tepelné zisky zahrnují tepelné zisky prostupem stěnami, stropem, podlahou a tepelné zisky vzniklé provozem (otvíráním dveří, od ventilátorů, skladovaného zboží, osvětlení, obsluhy apod.) .

Tepelné zisky vzniklé provozem mohou dosáhnout maximálně 20% celkových tepelných zisků hodnoceného prostoru. Ustanovení tohoto článku se nevztahuje na prostory s objemem do $100 m^3$.

V normě se také uvádí stabilitní kritérium, které zabezpečuje tepelnou stabilitu prostředí i při výpadku energetického zdroje. Tepelná stabilita se hodnotí podle součtových teplot t_M . Její přípustné hodnoty jsou v Příloze B v normě.

7. ČSN EN ISO 9251 TEPELNÁ IZOLACE – PODMÍNKY ŠÍŘENÍ TEPLA A VLASTNOSTI MATERIÁLŮ – SLOVNÍK

V této normě jsou definovány pojmy z oboru tepelné izolace používané při popisu způsobů šíření tepla a vlastnosti materiálů.

V rámci šíření tepla se definují pojmy: ustálený stav, neustálený stav, periodický stav, přechodný stav.

V rámci vlastností materiálů se definují tyto vlastnosti:

1. pórovitost, značka ξ ,
2. místní pórovitost, značka ξ_p ,
3. pórovitá látka,
4. vláknitá pórovitá látka,
5. zrnitá, volně sypaná látka,
6. buňková pórovitá látka,
7. nesouvislá pórovitá látka,
8. stejnorodá pórovitá látka,
9. stejnorodá látka,
10. nestejnorodá látka,
11. hustota, značka ρ ,
12. izotropní látka,
13. neizotropní látka,
14. stabilní látka, jejíž vlastnosti nejsou funkcí času (avšak mohou být funkcí souřadnic, směru, teploty apod.

8. EN ISO 9228 – ŠÍŘENÍ TEPLA SÁLÁNÍM – FYZIKÁLNÍ VELIČINY A DEFINICE

Tato norma definuje fyzikální veličiny a další termíny z oboru tepelné izolace ve vztahu k šíření tepla sáláním.

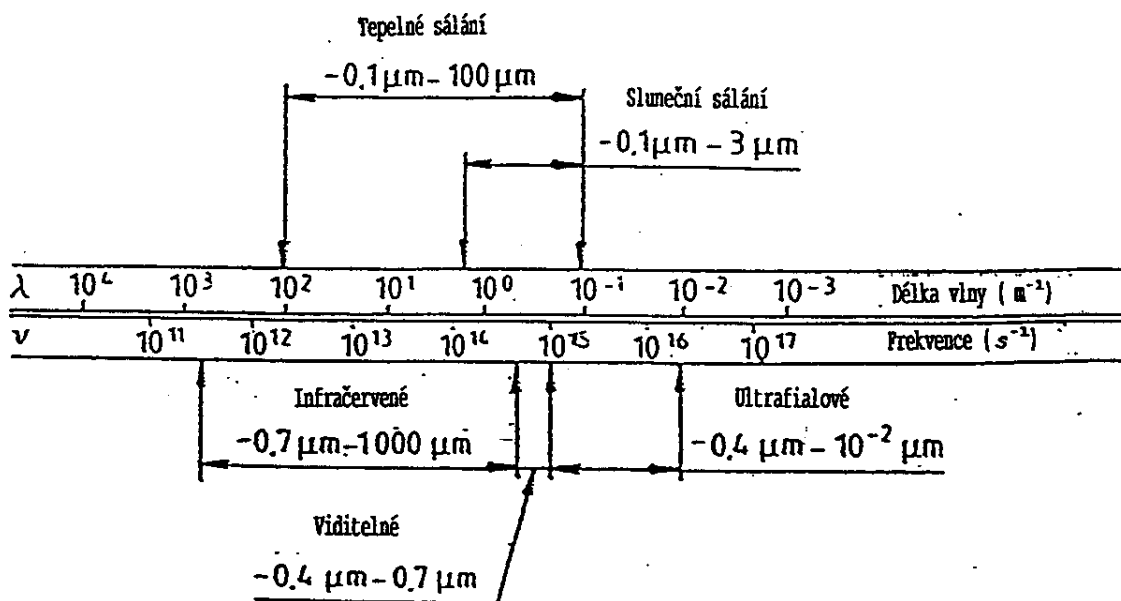
Nejprve jsou definovány obecné pojmy.

K obecným pojmům se řadí pojem „sálání“ = elektromagnetické záření, přičemž z tepelného hlediska je rozhodující vlnová délka, která spadá do rozsahu mezi 0, 1 μm až 100 μm – viz také obrázek 1, kde je uvedeno spektrum elmg. záření.

„Šíření tepla sáláním“ = výměna energie mezi tělesy (navzájem oddělených) prostřednictvím elektromagnetických vln. Šíření tepla sáláním, na rozdíl od šíření tepla vedením a prouděním, se uskutečňuje i tehdy, když jsou tělesa navzájem oddělena vakuem nebo propustným nebo polopropustným prostředím.

Fyzikální pojmy z oblasti šíření tepla sáláním se rozdělují podle dvou kritérií:

- a) spektrálního rozdělení sálání,
- b) prostorového rozdělení sálání.



Obrázek 1 – Spektrum elektromagnetických vln

Označují se: celkový, jsou-li vztaženy k celému spektru sálání, spektrální nebo monochromatický, jsou-li vztaženy k spektrálnímu intervalu se střední vlnovou délkou λ . V obou případech jsou buď polopropustné nebo směrové.

Materiály, ve vztahu k šíření tepla sáláním, se rozdělují na

- nepropustné,
- polopropustné.

Nepropustné materiály nepropouštějí žádnou část dopadajícího sálání. Vztahují se k nim povrchové jevy: pohltivost, emisivita a odrazivost sálání.

V polopropustných materiálech je sálání na ně dopadající uvnitř postupně zeslabováno nebo rozptylováno nebo obojí. Vztahují se k nim jevy: pohltivost, rozptyl a emisivita sálání – vztažené k objemu.

Dále jsou definovány pojmy: tepelný tok sáláním = sálavý tok (označuje se Φ (jednotka W) , intenzita sálání, měrná sálavost, spektrální tepelný tok sáláním, spektrální intenzita, spektrální měrná sálavost, vektor spektrální hustoty tepelného toku sáláním, vektor hustoty tepelného toku sáláním, dopředná složka spektrální hustoty tepelného toku sáláním, zpětná složka spektrální hustoty tepelného toku sáláním.

Další pojmy, které jsou vztaženy k povrchům vysílajícím sálání: emise, plošná sálavost, spektrální plošná sálavost, černé těleso (dokonalý zářič nebo také Planckův zářič) , plošná sálavost černého tělesa (je vyjádřena Stefanovým a Boltzmannovým zákonem) se značkou M° (W/m 2) , spektrální plošná sálavost černého tělesa, emise skutečných těles, směrová emisivita, spektrální směrová emisivita, polopropustná emisivita, směrová polopropustná emisivita, šedé těleso, těleso s izotropním sáláním, šedé těleso s izotropním sáláním.

Pojmy vztážené k nepropustným a polopropustným povrchům vysílajícím sálání: Jestliže sálavá energie o vlnové délce λ dopadá na povrch uvažovaném směru Δ uvnitř prostorového úhlu Ω , pak

- a) část $\rho_{\Omega\lambda}$ je z celkového dopadajícího sálání odražena,
 - b) část $\alpha_{\Omega\lambda}$ pohlcena uvnitř materiálu,
 - c) část $\tau_{\Omega\lambda}$ je propuštěna materiálem.
- Pro tyto tři veličiny platí vztah:

$$\alpha_{\Omega\lambda} + \rho_{\Omega\lambda} + \tau_{\Omega\lambda} = 1$$

(celkové sálání dopadající na povrch materiálu se rovná součtu pohlceného, odraženého a prostupujícího sálání) .

Podobné vztahy platí i pro spektrální směrové a celkové poloprostorové veličiny. Spektrální a celkové veličiny obsahují izotropní a dopadající sálání:

$\alpha = 1$ pro černé těleso,

$\tau = 0$ pro nepropustné těleso,

$\alpha = \alpha_\lambda$; $\rho = \rho_\lambda$; $\tau = \tau_\lambda$ pro šedá tělesa,

$\alpha = \alpha_{\Omega\lambda}$; $\rho = \rho_{\Omega\lambda}$; $\tau = \tau_{\Omega\lambda}$ pro izotropní nebo difuzní šedá tělesa.

Pro sálání daného směru a dané vlnové délky platí ve všech případech Kirchhoffův zákon

$$\alpha_{\Omega\lambda}(T) = \varepsilon_{\Omega\lambda}(T),$$

který vyjadřuje rovnost spektrální směrové emisivity a pohltivosti pro každou vlnovou délku a pro každý směr šířícího se sálání vysílaného nebo přijímaného povrchem.

Kirchhoffův zákon platí také pro monochromatické poloprostorové veličiny:

$$\alpha_\lambda(T) = \varepsilon_\lambda(T),$$

avšak tento vztah nemá obecnou platnost pro vysílané a pohlcované sálání tělesem. Tedy není možno uvažovat $\alpha = \varepsilon$, s výjimkou u šedých a černých těles a/nebo v případě, ve kterém je spektrální rozdělení dopadajícího sálání totožné se sáláním černého tělesa při stejné teplotě jako u uvažovaného povrchu.

Dále se definují:

1. pohltivost jako podíl tepelného toku sáláním pohlceného povrchem Φ_a a dopadajícího tepelného toku sáláním Φ_i :

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

2. odrazivost jako podíl tepelného toku sáláním odraženého povrchem Φ_r a dopadajícího tepelného toku sáláním Φ_i :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

3. propustnost jako podíl tepelného toku sáláním propuštěného povrchem Φ_t a dopadajícího tepelného toku sáláním Φ_i :

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

Podobně se definuje spektrální pohltivost α_λ , spektrální odrazivost ρ_λ , spektrální propustnost τ_λ , směrová spektrální pohltivost $\alpha_{\Omega\lambda}$, směrová spektrální odrazivost $\rho_{\Omega\lambda}$, směrová spektrální propustnost $\tau_{\Omega\lambda}$.

Poznámka: Odraz může být buď difuzní nebo zrcadlový; propustnost může být buď jednosměrná nebo difuzní.

Další skupina pojmů se vztahuje k polopropustným prostředím pohlcujícím sálání, ve kterých se odehrává složené šíření tepla vedením a sáláním.

Jsou to následující pojmy:

- a) činitel směrového spektrálního zeslabení $\beta_{\Omega\lambda}$,
- b) činitel směrové spektrální pohltivosti $\kappa_{\Omega\lambda}$,
- c) činitel směrového spektrálního rozptylu $\sigma_{\Omega\lambda}$.

Pro uvedené tři veličiny platí vztah:

$$\beta_{\Omega\lambda} = \kappa_{\Omega\lambda} + \sigma_{\Omega\lambda}$$

- d) činitel hmotnostního směrového spektrálního zeslabení $\beta'_{\Omega\lambda}$,
- e) činitel hmotnostní směrové spektrální pohltivosti $\kappa'_{\Omega\lambda}$,
- f) činitel hmotnostního směrového spektrálního rozptylu $\sigma'_{\Omega\lambda}$.

Poznámka: Jestliže je polopropustným prostředím izotropní materiál, pak platí:

$$\beta_{\Omega\lambda} = \beta, \quad \kappa_{\Omega\lambda} = \kappa, \quad \sigma_{\Omega\lambda} = \sigma.$$

Jestliže je materiál šedý a izotropní, pak platí

$$\beta_{\Omega\lambda} = \beta, \quad \kappa_{\Omega\lambda} = \kappa, \quad \sigma_{\Omega\lambda} = \sigma.$$

Dále se v normě najdou definice: směrové spektrální optické tloušťky, fázové funkce.

Definuje se rovněž pojem „spektrální směrové albedo“, a to jako podíl činitele směrového spektrálního rozptylu a činitele směrového spektrálního zeslabení:

$$\omega_{\Omega\lambda} = \frac{\sigma_{\Omega\lambda}}{\beta_{\Omega\lambda}}$$

Poznámka: Pro izotropní prostředí je $\omega_{\Omega\lambda}$ nezávislé na směru a může jej nahradit spektrální pojem ω_{λ} . Pro pohlcující nerozptylující prostředí ($\sigma_{\lambda} = 0$), $\omega_{\lambda} = 0$ a pro rozptylující nepohlcující ($\kappa_{\lambda} = 0$), $\omega_{\lambda} = 1$.

Definuje se rovněž polopropustná rovinná vrstva, rovnice šíření sálání, Rosselandova difuzní aproximace.

Důležitá je také definice pojmu: sálavá tepelná vodivost – která je definována následujícím vztahem:

$$\vec{q}_r = -\lambda \text{ grad } T$$

Pro rovinnou vrstvu se může vztah upravit následujícím způsobem:

$$q_r = -\lambda_r \frac{\partial T}{\partial n}$$

kde n je normála k vrstvě.

Poznámka: Tyto vztahy vyplývají z Rosselandovy aproximace a mají tu výhodu, že poskytují možnost jednoduše vyjádřit hustotu tepelného toku sáláním, podobně jako Fourierův zákon pro šíření tepla čistým vedením.

V případě tepelně izolačních materiálů mohou existovat situace, kdy je tloušťka vrstvy dostatečně velká, takže je přípustné charakterizovat ji součtem dvou nezávislých pojmů, z nichž jeden odpovídá vedení v tuhých částech tělesa a uzavřeném plynu a druhý sálání. Poslední pojem se potom nazývá „sálavost“ – s označením λ_r – jako protějšek pojmu „vodivost“. Pokud se uvažuje v izolačním materiálu jen šíření tepla sáláním, je sálavost formálně definována jako sálavá tepelná vodivost. Avšak v návaznosti na zkušební postup, má se uvažovat takové myšlené zvětšení tloušťky vrstvy materiálu, které odpovídá zvětšení tloušťky vrstvy dělené odpovídajícím zvětšením odporu vrstvy při splnění podmínek popsanych v článku 7. 15 až 7. 18 citované normy.

Šíří-li teplo se v izolačním výrobku vedením a sáláním (jde tedy o složené šíření tepla vedením a sáláním) – zavádí se pro tento děj pojem „činitel přenosu“. Ten závisí na podmínkách měření a je vyjádřen vztahem:

$$\mathfrak{S} = \frac{q \cdot d}{\Delta T}$$

Činitel přenosu \mathfrak{S} může být stanoven na základě změřených hodnot q , d , ΔT metodou chráněné teplé desky; je to materiálová vlastnost jen tehdy, když je tloušťka materiálu při měření dostatečně velká, tj. když je $d \gg d_{\infty}$, kde veličina d_{∞} je v normě definována.

Složená vodivost v plynu a tuhém tělese charakterizuje izolační materiál ve vztahu k šíření tepla čistým vedením a je vyjádřena vztahem:

$$\lambda_{cd} = \left(\frac{\Delta d}{\Delta R_{cd}} \right) \text{ při } d > d_{\infty}$$

kde R_{cd} může být chápán jako tepelný odpor vyvolaný šířením tepla čistým vedením.

Tepelná propustnost charakterizuje izolační materiál ve vztahu ke složenému šíření tepla vedením a sáláním je nezávislá na experimentálních podmínkách měření a je vyjádřena vztahem:

$$\lambda_t = \left(\frac{\Delta d}{\Delta R} \right) \text{ při } d > d_{\infty}$$

kde R je tepelný odpor vyvolaný složeným šířením tepla vedením a sáláním.

Tepelná propustnost může být vyjádřena také ve tvaru

$$\lambda_t = \lambda_{cd} + \lambda_r$$

Tepelná propustnost může být chápána jako limitní hodnota činitele přenosu v tlusté vrstvě, uvažuje-li se složené šíření tepla vedením a sáláním.

Tato veličina se také nazývá „zdánlivá“, „ekvivalentní“ nebo „efektivní“ tepelná vodivost.

V normě je také informativní příloha, ve které jsou uvedeny tři literární odkazy.

9. ČSN EN ISO 7345 (73 0553) Tepelná izolace - Fyzikální veličiny a definice

V této normě jsou definovány fyzikální veličiny používané v oblasti tepelné izolace a uvádí příslušné symboly a jednotky.

Fyzikální veličiny

Definují se pojmy: teplo, Q (J), tepelný tok, Φ (W), hustota tepelného toku, q (W/m^2), lineární hustota tepelného toku q_l (W/m).

Lineární hustota tepelného toku je podíl tepelného toku a délky l (m) :

$$q_l = \frac{d\Phi}{dl}$$

Tepelná vodivost je definovaná vztahem:

$$\vec{q} = -\lambda \text{ grad } T$$

(je to známý Fourierův zákon; v normě se poznamenává, že pojem tepelná vodivost se může použít i pro charakterizování pórovitých izotropních materiálů a neizotropních materiálů a vlivu teploty a podmínek zkoušky – podmínky za kterých je to možné jsou popsány v příloze) .

Měrný tepelný odpor r (mK/W) je veličina definovaná vztahem:

$$\text{grad } T = -r\vec{q}$$

(také tento pojem je vysvětlen v příloze) .

Tepelný odpor R (m²K/W) je podíl teplotního rozdílu a hustoty tepelného toku

$$R = \frac{T_1 - T_2}{q}$$

Poznámky:

1. Pro planparalelní vrstvu, u které se předpokládá konstantní tepelná vodivost, popř. její lineární závislost na teplotě, se stanoví tepelný odpor jako podíl tloušťky d (m) a tepelné vodivosti λ (W/mK) :

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Uvedené definice jsou založeny na definici dvou referenčních teplot T_1 a T_2 a plochy, kterou proudí rovnoměrná hustota tepelného toku.

V normě se také poznamenává, že v ISO 31/4 má „tepelný odpor“ název „tepelná insulance“ nebo „součinitel tepelné izolace“ a označuje se symbolem „M“.

K údajům o tepelném odporu musí být připojeny teploty T_1 a T_2 , při kterých byla jeho hodnota stanovena.

2. „Tepelný odpor“ může být vyjádřen jako „plošný tepelný odpor“, pokud by mohla vzniknout záměna s termínem „lineární tepelný odpor“.

Lineární tepelný odpor R_l (mK/W) je podíl teplotního rozdílu a lineární hustoty tepelného toku v ustáleném stavu:

$$R_l = \frac{T_1 - T_2}{q_l}$$

Součinitel přestupu tepla h (W/m^2K) je podíl hustoty tepelného toku na povrchu v ustáleném stavu a teplotního rozdílu mezi povrchem a okolím:

$$h = \frac{q}{T_s - T_a}$$

kde T_s je teplota povrchu (K) ,
 T_a je teplota okolí (K) .

Definice součinitele přestupu tepla předpokládá definování povrchu ze kterého se přestup tepla uskutečňuje, teploty na povrchu a teploty okolí (ve vztahu k volnému nebo nucenému proudění a sálání z okolních povrchů) .

Tepelná propustnost Λ (W/m^2K) se definuje jako převrácená hodnota tepelného odporu vrstvy při stálé hustotě tepelného toku:

$$\Lambda = \frac{1}{R}$$

V normě se poznamenává, že „tepelná propustnost“ může být nahrazena „plošnou tepelnou propustností“, pokud by mohla vzniknout záměna s termínem „lineární tepelná propustnost“.

Lineární tepelná propustnost Λ_l (W/mK) je převrácená hodnota lineárního tepelného odporu:

$$\Lambda_l = \frac{1}{R_l}$$

Součinitel prostupu tepla U (W/m^2K) je podíl tepelného toku v ustáleném stavu a součinu plochy a rozdílu teplot obou prostředí na každé straně systému:

$$U = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2) A}$$

kde A je plocha systému.

Definice součinitele prostupu tepla předpokládá definování systému, kterým proudí tepelný tok, dvou referenčních teplot T_1 a T_2 a dalších okrajových podmínek. Termín „součinitel prostupu tepla“ může být nahrazen termínem „plošný součinitel prostupu tepla“, pokud by mohla vzniknout záměna s termínem „lineární součinitel prostupu tepla“
 Převrácená hodnota součinitele prostupu tepla je odpor při prostupu tepla mezi prostředími, která obklopují systém.

Lineární součinitel prostupu tepla U_l (W/mK) je podíl tepelného toku v ustáleném stavu a součinu délky a rozdílu teplot mezi prostředními na každé straně systému:

$$U_l = \frac{\Phi}{(T_1 - T_2) l}$$

Převrácená hodnota lineárního součinitele prostupu tepla je lineární odpor při prostupu tepla mezi prostředními na každé straně systému.

Dále jsou v normě definovány pojmy: tepelná kapacita C (J/K) , měrná tepelná kapacita c (J/kgK) . Podle podmínek může být měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku c_p (J/kgK) a měrná tepelná kapacita při konstantním objemu c_v (J/kgK) .

Teplotní vodivost a (m^2/s) je podíl tepelné vodivosti a součinu hustoty a měrné tepelné kapacity:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}$$

Poznámky:

1. Pro tekutiny se použije měrná tepelná kapacita při stálém tlaku c_p .
2. Uvedená definice předpokládá, že látka, pro kterou platí její hodnota je stejnorodá a neprůhledná.
3. Teplotní vodivost je významnou veličinou z hlediska neustáleného tepelného stavu a může být přímo změřena nebo vypočítána na základě změřených jednotlivých veličin – viz výše uvedený vztah
4. Teplotní vodivost je veličina, podle které je možno posuzovat rychlost změny teploty v určitém místě materiálu, vzniklé v důsledku změny povrchové teploty (neuvažují se přitom vnitřní zdroje tepla) . Čím je teplotní vodivost materiálu větší, tím je vnitřní teplota citlivější na změnu povrchové teploty.

Tepelná jímavost b ($J/m^2Ks^{1/2}$) je druhá odmocnina součinu tepelné vodivosti, hustoty (objemové hmotnosti) a měrné tepelné kapacity:

$$B = \sqrt{\lambda c \rho}$$

Poznámky:

1. Pro tekutiny se použije měrná tepelná kapacita při stálém tlaku c_p .
2. Tepelná jímavost je významnou veličinou z hlediska neustáleného tepelného stavu a může být přímo změřena nebo vypočítána podle vpředu uvedeného vztahu, na základě jednotlivých veličin. Tepelná jímavost mj. umožňuje posuzovat změnu povrchové teploty, změní-li se na povrchu hustota tepelného toku. Čím je menší tepelná jímavost materiálu, tím je povrchová teplota citlivější na změnu tepelného toku na jeho povrchu.

Vedle fyzikálních veličin jsou v normě uvedeny také energetické veličiny.

Energetické veličiny

Tepelná charakteristika budovy F_v (W/m^3K) je podíl ztrátového tepelného toku budovy a součinu objemu a rozdílu teploty mezi vnitřním a vnějším prostředím:

$$F_v = \frac{\Phi}{V \cdot \Delta T}$$

Poznámka: Tepelný tok může obsahovat libovolné složky šíření tepla obvodovým pláštěm budovy, ale také tepelnou ztrátu větráním, sluneční záření apod. Přitom musí být definován objem budovy V .

Použití tepelné charakteristiky budovy předpokládá smluvní definování vnitřní teploty, vnější teploty a dalších činitelů působících na výsledný tepelný tok proudící z budovy do vnějšího prostředí.

Plošná tepelná charakteristika budovy F_s (W/m^2K) je podíl ztrátového tepelného toku budovy a součinu plochy a rozdílu teplot mezi vnitřním a vnějším prostředím:

$$F_s = \frac{\Phi}{A \cdot \Delta T}$$

Poznámka: Tepelný tok může obsahovat libovolné složky šíření tepla obvodovým pláštěm budovy, ale také tepelnou ztrátu větráním, sluneční záření apod. Plocha může obsahovat plochu obvodového pláště, plochu podlahy apod.

Použití plošné tepelné charakteristiky budovy předpokládá smluvní definování vnitřní teploty, vnější teploty a dalších činitelů působících na výsledný tepelný tok proudící z budovy do vnějšího prostředí.

Intenzita výměny vzduchu n (h^{-1}) je definována jako počet výměn vzduchu v definovaném objemu děleného časem.

K jednotce intenzity výměny vzduchu se poznamenává, že h^{-1} není jednotkou SI. Je to však jednotka všeobecně uplatňována.

V normě jsou uvedeny symboly a jednotky pro jiné veličiny a také indexy.

Jako **doporučené indexy** se uvádějí tyto:

vnější	e
povrch	s
vnitřní povrch	si
vnější povrch	se

vedení	cd
proudění	cv
záření	r
dotyk	c
plynová (vzduchová) vrstva	g
okolí	a

V příloze se vysvětluje zcela exaktně pojem „tepelná vodivost“.

10. ČSN EN ISO 9346 (73 0554) Tepelná izolace – Fyzikální veličiny a definice

Tato norma definuje fyzikální veličiny a další termíny z oboru přenosu látky používané v problematice tepelně izolačních systémů a uvádí odpovídající symboly a jednotky.

Obecné termíny

1. Přenos látky – přenos látky (zejména vlhkosti nebo vzduchu) na základě různých mechanismů.
2. Vlhkost – voda v plynném, kapalném nebo pevném stavu.
3. Vodní pára – vlhkost v plynném stavu.
4. Difuze vodní páry – pohyb molekul vodní páry v plynné směsi směřující k vyrovnání obsahu vodní páry ve vzduchu nebo částečného tlaku vodní páry, při konstantním celkovém tlaku.
5. Proudění vodní páry – přenos vodní páry v plynné směsi, který vzniká pohybem molekul celého objemu plynné směsi, v důsledku rozdílu celkového tlaku.
6. Hygroskopická sorpční křivka – závislost mezi obsahem vlhkosti v pórovitém materiálu a relativní vlhkostí okolního prostředí v rovnovážném stavu.

Poznámka: Rozlišují se křivky sorpce a desorpce. V důsledku obtížného měření je horní hranice relativní vlhkosti v rozmezí 95 až 98 %.

7. Křivka sání – závislost mezi rovnovážným obsahem vlhkosti v pórovitém materiálu a sáním (záporný pórový tlak) v pórech vody.

Poznámka: Teoreticky křivka sání pokrývá celý vlhkostní rozsah, od absolutně suchého stavu až k úplnému nasycení.

Fyzikální veličiny

1. Absolutní vlhkost vzduchu v (kg/m^3) – podíl hmotnosti vodní páry a objemu plynné směsi.

Poznámka: Absolutní vlhkost vzduchu je totožná s částečným tlakem vodní páry p_v . Pro nasycený stav se používá označení

v_{sat} a $p_{v, \text{sat}}$.

2. Měrná vlhkost vzduchu x (kg/kg) – podíl hmotnosti vodní páry a hmotnosti suchého vzduchu.

Poznámka: Pro nasycený stav se používá označení x_{sat} .

3. Částečný tlak vodní páry v plynné směsi se označuje p_v (Pa) .

4. Relativní vlhkost vzduchu ϕ - je podíl skutečné absolutní vlhkosti vzduchu a absolutní vlhkosti vzduchu v nasyceném stavu při stejné teplotě:

$$\phi = \frac{v}{v_{\text{sat}}}$$

Pro ideální plyny platí

$$\phi = \frac{p_v}{p_{v, \text{sat}}}$$

5. Měrná entalpie h (J/kg) – je podíl entalpie a hmotnosti.

Pro měrnou latentní entalpii při vypařování a kondenzaci se používá označení h_e , pro měrnou latentní entalpii při tání (nebo tuhnutí) h_m .

6. Hmotnostní koncentrace vlhkosti w (kg/m³) – je podíl hmotnosti vypařitelné vody a objemu materiálu.

7. Objemová vlhkost ψ (m³/m³) – podíl objemu vypařitelné vody a objemu materiálu.

Poznámka: Objem materiálu může být vztažen k vlhkému nebo k suchému stavu; při udání obsahu vlhkosti musí být specifikován, Musí být rovněž uvedena metoda vypařování vody z vlhkého materiálu (tato poznámka platí i k definici 6) .

8. Hmotnostní vlhkost u (kg/kg) – podíl hmotnosti vypařitelné vody a hmotnosti materiálu.

Poznámka: Hmotnost materiálu může být vztažena k vlhkému nebo suchému stavu; při udání obsahu vlhkosti musí být specifikován. Musí být rovněž uvedena metoda vypařování vody z vlhkého materiálu.

9. Stupeň nasycení S – je podíl hmotnosti vody v pórovitém tělese a hmotnosti vody v nasyceném stavu.

Poznámka: Metoda dosažení nasyceného stavu musí být uvedena.

10. Sání s (Pa) – je rozdíl tlaku mezi tlakem vody v pórech a okolním celkovým tlakem.

11. Vlhkostní tok g (kg/m³s) – podíl vlhkostního toku a plochy.

12. Součinitel difuze vodní páry ve vzduchu D (m^2/s) – je veličina definovaná vztahem (Fickův zákon) :

$$\vec{g} = -D \text{ grad } v$$

kde \vec{g} je vektor hustoty toku vodní páry ve vzduchu,
 v - absolutní vlhkost.

13. Součinitel vodivosti vlhkosti – je veličina definovaná následujícími vztahy

a) jestliže je vyjádřený absolutní vlhkostí, označuje se δ_v (m^2/s)

$$\vec{g} = -\delta_v \text{ grad } v$$

b) jestliže je vyjádřený částečným tlakem vodní páry δ_p (kg/m s Pa)

$$\vec{g} = -\delta_p \text{ grad } p_v$$

kde \vec{g} je vektor hustoty vlhkostního toku,
 v - absolutní vlhkost vzduchu v pórech,
 p_v - částečný tlak vodní páry v pórech.

14. Propustnost vlhkosti – je veličina vyjádřená následujícími vztahy

a) jestliže je vyjádřená absolutní vlhkostí W_v (m/s)

$$g = W_v (v_1 - v_2)$$

b) jestliže je vyjádřený částečným tlakem vodní páry
 W_p ($\text{kg/m}^2 \text{ s Pa}$)

$$g = W_p (p_1 - p_2)$$

kde g je hustota vlhkostního toku kolmého k povrchům vrstvy,
 v_1 a v_2 jsou absolutní vlhkosti okolního vzduchu,
 p_1 a p_2 jsou částečné tlaky vodní páry v okolním vzduchu.

15. Vlhkostní odpor je převrácená hodnota propustnosti vlhkosti

a) vlhkostní odpor vyjádřený absolutní vlhkostí Z_v (s/m)

$$Z_v = \frac{1}{W_v} ; (g = \frac{v_1 - v_2}{Z_v})$$

b) vlhkostní odpor vyjádřený částečným tlakem páry Z_p ($m^2 \text{ s Pa/kg}$)

$$Z_p = \frac{1}{W_p} ; (g = \frac{p_1 - p_2}{Z_p})$$

16. Faktor difuzního odporu μ - je podíl součinitele difuze vodní páry ve vzduchu D a součinitele vodivosti vlhkosti δ_v v pórovitém materiálu.

17. Difuzní vodivost D_w (m^2/s) je veličina definovaná následujícími vztahem

$$\vec{g} = - D_w \text{ grad } w$$

kde \vec{g} je vektor hustoty vlhkostního toku,
 w – hmotnostní koncentrace vlhkosti.

Poznámka: Difuzní vodivost vlhkosti a součinitel vodivosti vlhkosti jsou zásadně používány k popisu přenosu vlhkosti v kapalně fázi, avšak zahrnují také plynnou fázi.

18. Vlhkostní vodivost λ_m ($kg/m \text{ s Pa}$) – je veličina definovaná následujícím vztahem

$$\vec{g} = - \lambda_m \text{ grad } s$$

kde \vec{g} je vektor hustoty vlhkostního toku,
 s - sání.

(Platí stejná poznámka jako u čl. 17.)

19. Plošný součinitel přestupu vodní páry je veličina definovaná následujícími vztahy

a) jestliže je vyjádřena absolutní vlhkostí β_v (m/s)

$$g = \beta_v (v_a - v_s)$$

b) jestliže je vyjádřena β_p ($kg/m^2 \text{ s Pa}$)

$$g = \beta_p (p_{va} - p_{vs})$$

kde g je hustota vlhkostního toku,
 v_a a v_s jsou absolutní vlhkosti okolního vzduchu a povrchu,
 p_{va} a p_{vs} jsou částečné tlaky vodní páry v okolním vzduchu a na povrchu.

20. Diferenciální vlhkostní kapacita ξ (kg/m^2) – je definována vztahem

$$\xi = \frac{dw}{d\phi}$$

kde w je hmotnostní koncentrace vlhkosti,
 ϕ - relativní vlhkost vzduchu.

Poznámka: Tato veličina vyjadřuje tangentu k hygroskopické sorpční křivce.

21. Součinitel tepelné difuze vlhkosti D_T (kg/m s K) – je definován vztahem

$$\vec{g} = D_T \text{ grad } T$$

kde \vec{g} je vektor hustoty vlhkostního toku,
 T - teplota.

22. Součinitel sorpce vody A (kg/m² s^{1/2}) – je dán vztahem

$$m_s = A \sqrt{t}$$

kde m_s je podíl hmotnosti sorbované vody z vodního povrchu a plochy tohoto povrchu,
 t - čas.

23. Součinitel průniku vody B (m/s^{1/2}) vyplývá z následující definice

$$x = B \sqrt{t}$$

kde x je hloubka průniku čela vlhkostní fronty během sorpce z vodního povrchu,
 t - čas.

24. Tok vzduchu r (m³/s) – je podíl objemu proudícího vzduchu do nebo ze systému a času.

25. Hustota toku vzduchu r (m³/m² s) – je podíl toku vzduchu a plochy.

26. Součinitel propustnosti pórovitého prostředí k (m²) – je definován vztahem

$$\vec{r} = - \frac{k}{\eta} \text{ grad } p$$

kde \vec{r} je vektor hustoty toku v pórovitém prostředí,
 p - tlak tekutiny,
 η - dynamická viskozita tekutiny při konstantní teplotě.

27. Vzduchová propustnost K (m³/m² s Pa) – vyplývá z definičního vztahu

$$r = K (p_1 - p_2)$$

kde r je hustota toku vzduchu vrstvou,
 p_1 a p_2 jsou tlaky vzduchu v okolním vzduchu.

28. Odpor při vzduchové propustnosti S ($\text{m}^2 \text{ s Pa/m}^3$) – je převrácená hodnota vzduchové propustnosti

$$S = \frac{1}{K}; \quad r = \frac{p_1 - p_2}{S}$$

Indexy

v pára
w voda, kapalina
sat nasycení
a okolí

K této normě byla již vydána také ZMĚNA 1 – ve které jsou obsaženy ještě tyto definice

1. Hustota toku plynu M ($\text{kg/m}^2 \text{ s}$) – je hmotnost plynu procházejícího materiálem jako funkce času a plochy povrchu při daných podmínkách.
2. Propustnost plynu Q ($\text{kg/m}^2 \text{ s Pa}$) – je hmotnost plynu procházejícího materiálem jako funkce času, plochy povrchu a rozdílu tlaku při daných podmínkách.
3. Vodivost plynu P (kg/m s Pa) – součin propustnosti plynu a kolmé vzdálenosti mezi povrchy daného materiálu.
4. Součinitel difuze plynu D (m^2/s) – množství difundujícího plynu materiálem.
5. Rozpustnost plynu c (kg/kg) – hmotnost pronikajícího plynu jako funkce hmotnosti materiálu jimž plyn proniká při daném tlaku.
6. Součinitel rozpustnosti plynu S (Pa^{-1}) – podíl rozpustnosti plynu a jeho tlaku.

Poznámka: Vztah $S = c/p$ je Henryův zákon, kde c je funkcí pronikajícího plynu, materiálu, jimž plyn proniká a teploty.

7. Součinitel vodivosti plynu P_c ($\text{m}^2/\text{s Pa}$) – je součin součinitele difuze a součinitele rozpustnosti.

11. ČSN EN ISO 8497 (73 0556) Tepelná izolace – Stanovení prostupu tepla v ustáleném stavu tepelné izolace pro kruhové potrubí

Tato norma specifikuje způsob stanovení prostupu tepla tepelnou izolací u kruhového potrubí v ustáleném stavu, provozované nad okolní teplotou. Stanovuje požadavky na zkušební zařízení, ale neuvádí návrh konstrukce zařízení.

Definice

Geometrie izolace potrubí vyžaduje odlišnou terminologii od terminologie používané u rovinných vzorků. Termín „lineární“ se používá pro vlastnosti vztažené na jednotku délky (ve směru osy potrubí) specifikovaného rozměru izolace. Lineární veličiny jsou výhodné, protože při znalosti délky potrubí a vztažené teploty, umožňují výpočet celkových tepelných ztrát.

„Lineární“ neznamena tepelný tok v axiálním směru. V této normě se uvažuje směr tepelného toku převážně v radiálním směru.

1. Lineární součinitel prostupu tepla K_l (W/mK) je podíl lineární hustoty tepelného toku a rozdílu teploty povrchu potrubí a okolního vzduchu při ustálených podmínkách; vztahuje se k rozměru příslušné izolace a vyjadřuje tepelný tok izolací do okolního prostředí

$$K_l = \frac{\Phi/L}{T_o - T_a}$$

2. Lineární tepelný odpor R_l (mK/W) je podíl rozdílu teploty mezi povrchem potrubí a vnějším povrchem izolace a lineární hustoty tepelného toku za ustálených podmínek; vztahuje se k určitému rozměru izolace a je to převrácená veličina lineární tepelné propustnosti Λ_l (W/mK)

$$R_l = \frac{T_o - T_2}{\Phi/L} = \frac{1}{\Lambda_l}$$

3. Lineární tepelná propustnost Λ_l (W/mK) je převrácená veličina lineárního tepelného odporu R_l (mK/W) mezi povrchem potrubí a vnějším povrchem izolace; vztahuje se k rozměru příslušné izolace

$$\Lambda_l = \frac{1}{R_l} = \frac{\Phi/L}{T_o - T_2}$$

4. Součinitel přestupu tepla h_2 (W/m²K) je podíl plošné hustoty tepelného toku na povrchu izolace při ustálených podmínkách a rozdílu teploty mezi vnějším povrchem izolace a okolním prostředím; pro geometrii izolace potrubí se použije následující vztah

$$h_2 = \frac{\Phi}{\pi D_2 L (T_o - T_a)}$$

5. Tepelná vodivost λ (W/mK) je definována následujícím vztahem používaným pro geometrii izolace potrubí; vztahuje se ke stejnorodému materiálu při ustálených podmínkách a je to převrácená veličina měrného tepelného odporu

$$\lambda = \frac{\Phi \ln (D_2/D_0)}{2\pi L (T_0 - T_2)}$$

6. Měrný tepelný odpor r (mK/W) je převrácená veličina tepelné vodivosti λ (W/mK) pro stejnorodý materiál za ustálených podmínek

$$r = \frac{1}{\lambda}$$

7. Plošný tepelný odpor R (m²K/W) je podíl rozdílu teploty povrchu potrubí a vnějšího povrchu izolace a plošné hustoty tepelného toku při ustálených podmínkách; je to převrácená veličina tepelné propustnosti Λ (W/m²K)

$$R = \frac{T_0 - T_2}{\Phi/A} = \frac{1}{\Lambda}$$

kde plocha povrchu A musí být specifikována (obvykle povrch potrubí, jindy vnější povrch izolace, nebo jiný povrch podle volby).

Poznámka – Obvyklejší „plošné“ vlastnosti vztažené na jednotkovou plochu, jsou pro izolaci potrubí často nejednoznačné, jelikož plocha v rozmezí plochy potrubí a plochy vnějšího povrchu izolace musí být stanovena dohodou. Mají-li se stanovit plošné vlastnosti, musí být uvedena vztahná plocha a její umístění.

8. Tepelná propustnost Λ (W/m²K) je převrácená veličina tepelného odporu R (m²K/W)

$$\Lambda = \frac{1}{R}$$

Poznámka – Hodnota tepelné propustnosti Λ je smluvní hodnota, protože závisí na smluvní volbě plochy A . Pro stejnorodý materiál, pro který je tepelná vodivost definovaná podle čl. 5, je tepelná propustnost Λ dána vztahem

$$\Lambda = \frac{2L\lambda}{A \ln (D_2/D_0)}$$

Je-li plocha zvolena jako „průměrná logaritmická plocha“ rovná $\pi L (D_2 - D_0) / \ln (D_2/D_0)$, potom $\Lambda = 2 / (D_2 - D_0)$. Jelikož $(D_2 - D_0) / 2$ je rovno tloušťce izolace měřené od povrchu potrubí, je odpovídající vztahu mezi tepelnou vodivostí a tepelnou propustností pro geometrii rovinné desky. Podobné vztahy existují pro tepelný odpor R , definovaný v čl. 7. Protože jsou tyto plošné součinitele smluvní a plocha často není stanovena, což vede k možným nedorozuměním, doporučuje se jejich použití pouze v případech, ve kterých jsou specifikovány.

12. EN 673 Sklo ve stavebnictví – Stanovení tepelné propustnosti (hodnota U) Výpočetní metoda

Tato norma specifikuje metodu k výpočtu tepelné propustnosti zasklení plochými a paralelními plochami. Platí pro skla bez povrchové vrstvy (včetně skel s profilovaným povrchem, např. vzorované sklo), pro skla s povrchovou vrstvou a pro materiály nepropustné ve vzdálené infračervené oblasti, což zahrnuje výrobky ze sodnovápenatého skla, borosilikátové sklo a sklokeramiku.

Norma platí také pro vícenásobné zasklení při použití výše uvedených skel a materiálů.

Norma neplatí pro vícenásobné zasklení, při němž se v plynových meziprostorech používají povlaky nebo folie, které jsou propustné ve vzdálené infračervené oblasti.

Postup popsáný v této normě definuje hodnotu U (tepelná propustnost) ve středové oblasti zasklení.

Vliv hran ovlivňujících tepelný most vytvářející se v rámečku v zatmelené zasklené jednotce nebo v okenním rámu nejsou zahrnuty. Neuvažuje se ani prostup energie ze slunečního záření.

Předpis pro výpočet celkové hodnoty U oken, dveří a okenic tvoří normativní doplněk k hodnotě U vypočtené pro zasklívací prvky podle této normy – viz Příloha C. 1.

Hodnoty U, vypočtené podle této normy jsou použitelné také pro předpověď:

- tepelných ztrát zasklením,
- množství převedeného tepla v létě,
- kondenzace na zasklených površích,
- vlivu absorbovaného slunečního záření při určení solárního faktoru – viz Příloha C. 2

Definice

1. Hodnota U (W/m^2K) – při zasklívání je to veličina, která charakterizuje přenos tepla skrze střední část zasklené plochy, tj. bez vlivu hran, a představuje hustotu podílu přeneseného tepla v ustáleném stavu vztaženého na rozdíl teplot mezi teplotami okolí na každé straně zasklení.

2. Referenční hodnota – hodnota U stanovená za normových hraničních podmínek.

Výpočet hodnoty U

Výpočet se provádí podle vztahu

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_i}$$

kde h_e , h_i jsou vnější a vnitřní koeficienty přestupu tepla,
 h_t - celková tepelná propustnost zasklení, stanovená ze vztahu

$$\frac{1}{h} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{h_s} + \sum_{j=1}^M d_j \cdot r_j$$

kde h_s je tepelná propustnost daného plynového prostoru,

N - počet prostorů,

d_j - tloušťka dané vrstvy,

r_j - tepelný odpor daného materiálu (tepelný odpor sodnovapenatého skla = 1,0 m²K/W,

M - počet vrstev materiálu,

$$h_s = h_r + h_g$$

h_r - radiační vodivost,

h_g - tepelná propustnost plynu.

Radiační vodivost

Je dána vzorcem

$$h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \cdot T_m^3$$

kde σ je Stefanova a Boltzmannova konstanta,

T_m - střední termodynamická teplota plynového prostoru,

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – poměrné emisivity při teplotě T_m

Tepelná propustnost plynu h_g

Stanoví se ze vztahu

$$h_g = Nu \frac{\lambda}{s}$$

kde s je šířka prostoru,

λ - tepelná vodivost (v normě je chybně „teplotní“),

Nu – Nusseltovo číslo

$$Nu = A (Gr Pr)^n$$

A - konstanta,

Gr – Grashofovo číslo,

Pr – Prandtlovo číslo,

n - exponent,

$$\text{Gr} = \frac{9,81 \cdot \text{s}^3 \cdot \Delta T \cdot \rho^2}{T_m \cdot \mu^2}$$

$$\text{Pr} = \frac{\mu \cdot c}{\lambda}$$

ΔT – rozdíl teplot mezi povrchy skla ohraničujícími plynový prostor,

ρ - hustota,

μ - dynamická viskozita,

c - specifické teplo.

Je-li Nusseltovo číslo menší než 1, potom se pro Nusseltovo číslo použije konstantní hodnota.

Vertikální zasklívání

Platí tyto konstanty : $A = 0,035$
 $n = 0,38$

Horizontální a šikmé zasklívání

Platí tyto konstanty:

a) pro horizontální prostory $A = 0,16$ $n = 0,28$

b) prostory pod úhlem 45° $= 0,10$ $= 0,31$

Pro úhly mezi výše uvedenými hodnotami se konstanty vypočtou lineární interpolací.

Jestliže tepelný tok směřuje dolů, potom uvažovaná konvekce je potlačena a pro praktické případy se uvažuje $\text{Nu} = 1$.

Základní vlastnosti materiálu

Emisivita

Pro povrchy sodnovápenatého skla bez povlaku nebo povrchy sodnovápenatého skla s povlaky, které nemají vliv na emisivitu, se ve výpočtech použije hodnota $\varepsilon = 0,837$. K této hodnotě se poznamenává, že s rozumnou jistotou lze též hodnoty použít i v případě nepovlečeného borosilikátového skla a sklokeramiky.

Není-li známá hodnota ε , stanoví se měřením.

Poznámka: Teoreticky lze použít dvě definice emisivity platné pro

a) skleněné povrchy, jsou-li v poloze proti sobě při zasklení,

b) skleněný povrch obrácený do místnosti.

Avšak v praxi jsou číselné rozdíly zanedbatelně malé. Proto poměrná emisivita popisuje oba případy výměny tepla s dostatečnou přesností.

Vlastnosti plynu

Potřebné vlastnosti plynové náplně uvnitř prostoru:

- a) tepelná vodivost λ
- b) hustota ρ
- c) dynamická viskozita μ
- d) specifické teplo c

Hodnoty jednotlivých veličin se uvádějí v tabulce 1.

Tabulka 1 – Vlastnosti plynů (t – teplota °C)

Plyn	T °C	ρ kg/m ³	$\mu \cdot 10^5$ kg/ (m s)	$\lambda \cdot 10^2$ W/ (mK)	c kJ/ (kg/K)
Vzduch	-10	1, 326	1, 661	2, 336	1, 008
	0	1, 277	1, 711	2, 416	
	10*	1, 232	1, 761	2, 496	
	20	1, 189	1, 811	2, 576	
Argon	-10	1, 829	2, 038	1, 584	0, 519
	0	1, 762	2, 101	1, 634	
	10*	1, 699	2, 164	1, 684	
	20	1, 640	2, 228	1, 734	
SF ₆ **	-10	6, 844	1, 383	1, 119	0, 614
	0	6, 602	1, 421	1, 197	
	10*	6, 360	1, 459	1, 275	
	20	6, 118	1, 497	1, 354	
Krypton	-10	3, 832	2, 260	0, 842	0, 245
	0	3, 690	2, 330	0, 870	
	10*	3, 560	2, 400	0, 900	
	20	3, 430	2, 470	0, 926	
*standardní okrajové podmínky					
**hexafluorid síry					

Pro všechny v praxi používané směsi plynů jsou vlastnosti plynů úměrné objemovým podílům F_1, F_2, \dots , s dostatečnou přesností

Plyn 1: F_1 ;plyn 2: F_2 atd.

tedy $P = P_1 \cdot F_1 + P_2 \cdot F_2 + \dots$

kde P představuje určující vlastnost:tepelnou vodivost, hustotu, viskozitu nebo specifické teplo.

Infračervená absorpce plynu

Některé plyny absorbují infračervené záření v rozmezí od 5 do 50 μm .

V těch případech, kde se používá zmíněný plyn v kombinaci s povlakem o poměrné emisivitě menší než 0, 2, se tento jev zanedbává v důsledku malé hustoty čistého infračerveného radiačního toku.

Koeficienty přestupu tepla na vnější a na vnitřní straně

a) na vnější straně

Pro vertikální skleněné povrchy se uvažuje hodnota součinitele přestupu tepla na vnější straně konstantní

$$h_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

Převrácená hodnota $1/h_e = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ a je vyjádřena na dvě desetinná místa.

Tato metoda nebere v úvahu zvýšení hodnoty U v důsledku povrchů povlečených na vnější straně s emisivitou menší než 0, 837.

Pro hodnoty h_e u povrchů, které nejsou ve vertikální poloze, odkazuje norma na literaturu uvedenou v Příloze C. 3.

b) na vnitřní straně

Stanoví se ze vztahu:

$$h_i = h_r + h_c$$

Radiační vodivost pro nepovlečené povrchy ze sodnovápeného skla je rovna $h_r = 4,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jestliže vnitřní povrch zasklení má menší emisivitu, radiační vodivost je dána vztahem:

$$h_r = \frac{4,4 \cdot \varepsilon}{0,837}$$

kde ε je poměrná emisivita povlečeného povrchu,

0, 837 – poměrná emisivita nepovlečeného sodnovápeného skla.

Uvedené vzorce lze použít jen tehdy, když na povlečeném povrchu nenastává kondenzace.

Hodnota při volné konvekci $h_c = 3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Jestliže pod oknem nebo nad ním je umístěn ohřívací ventilátor, potom tato hodnota bude větší, když vzduch proudí nad ním.

Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně sodnovápeného skla ve vertikální poloze a pro případ volné konvekce je

$$h_i = 4,4 + 3,6 = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

a jeho převrácená hodnota

$$1/h_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

a vyjadřuje se na dvě desetinná místa.

Pro hodnoty povrchů, které nejsou ve vertikální poloze, odkazuje norma na literaturu.

Hodnoty v návrzích stanovené výpočtem

V praktických aplikacích zasklívání při navrhování budov nemusí být vždy dostatečně přesné použití hodnot U stanovených z referenčních hodnot. Ve speciálních případech lze hodnotu v návrhu stanovit na základě této normy. Hodnoty U použité v návrzích a odpovídající poloze zasklení a podmínkám prostředí se dají vypočítat pouze při použití správných hraničních hodnot h_s , h_e , h_i , které je nutno stanovit.

Referenční hodnoty: standardní okrajové podmínky

Ve všech případech, v nichž se hodnoty U využívají pro propagační účely, se vezmou za základ níže definované standardní okrajové podmínky.

Standardní okrajové podmínky pro referenční hodnoty jsou:

r	tepelný odpor sodnovápenatého skla	1, 0 mK/W
ε	poměrná emisivita nepovlečeného sodnovápenatého a borosilikátového skla	0, 837
ΔT	teplotní rozdíl mezi hraničními skly	15 K
T_m	střední teplota plynového prostoru	283 K
σ	Stefanova a Boltzmannova konstanta	$5, 67 \cdot 10^{-8} \text{ W/ (m}^2\text{K)}$
h_e	koeficient přestupu tepla na vnější straně pro nepovlečené povrchy sodnovápenatého skla	23 W/ (m ² K)
h_i	koeficient přestupu tepla na vnitřní straně pro nepovlečené povrchy sodnovápenatého skla	8 W/ (m ² K)
A	konstanta	0, 035
n	exponent	0, 38

Standardní okrajové podmínky vlastností plynů udává tabulka 1 pro teplotu 10°C (283) .

Vyjádření výsledků

Hodnoty U

Hodnoty U se udávají v jednotkách W/ (m²K) a zaokrouhlují se na jedno desetinné místo. Je-li druhé desetinné místo pětka, pak bude výsledek zaokrouhlen směrem nahoru.

Příklad 1: 1, 53 se vyjádří jako 1, 5;

Příklad 2: 1, 55 se vyjádří jako 1, 6;

Příklad 3: 1, 549 se vyjádří jako 1, 5.

Emisivita

Jestliže se emisivita uvádí v propagačních materiálech, má být udávána na dvě desetinná místa s vyjádřením, zda jde o normálovou nebo o poměrnou emisivitu.

V normě se dále uvádí, co má obsahovat zkušební protokol a jak mají být formulovány výsledky

V dodatku A (normativní) se uvádí způsob stanovení normálové a poměrné emisivity.

V dodatku B (normativní) je iterační postup pro zasklení s více než jedním plynovým prostorem.

Na závěr poznamenávám, že v této normě se podstatným způsobem odlišuje mnoho termínů a názvů od termínů běžných ve stavební tepelné technice a při výpočtu tepelných ztrát budov.

Např. :základní veličina U se označuje jako tepelná propustnost, což je veličina úplně jiná ve stavební tepelné technice – veličina U je součinitel prostupu tepla, c – je měrná tepelná kapacita, h_e , h_i – jsou součinitelé přestupu tepla na vnitřní a na vnější straně aj. Doporučuji čtenáři konfrontovat terminologii zejména s normou ČSN 73 0540.

13. ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda (ISO 6946:1996) .

Tato norma určuje metodu výpočtu tepelného odporu a součinitele prostupu tepla stavebních prvků a stavebních konstrukcí, kromě dveří, oken a dalších prosklených prvků, konstrukcí přilehlých k zemině a konstrukcí s kontrolovaným prostupem vzduchu.

Výpočtová metoda je založena na vhodném zahrnutí výpočtových hodnot tepelné vodivosti nebo výpočtových hodnot tepelných odporů materiálů a výrobků.

Metoda platí pro prvky a konstrukce obsahující tepelně nestejnorodé vrstvy (které mohou obsahovat vzduchové vrstvy) .

Norma také poskytuje přibližnou metodu, která může být užita pro nestejnorodé vrstvy, s výjimkou případů, ve kterých tepelně izolační vrstvou proniká kovový tepelný most.

Definice

1. Stavební konstrukce – je část budovy, jako je stěna, podlaha nebo střecha.
2. Stavební prvek – stavební konstrukce nebo její část.
3. Výpočtová tepelná veličina – výpočtová tepelná vodivost nebo výpočtový tepelný odpor.

4. Výpočtová tepelná vodivost – hodnota tepelné vodivosti stavebního materiálu nebo výrobku, která může být považována za typickou pro chování tohoto materiálu nebo výrobku ve stavební konstrukci při určených vnějších a vnitřních podmínkách.

5. Výpočtový tepelný odpor – hodnota tepelného odporu stavebního výrobku, která může být považována za typickou pro chování tohoto výrobku ve stavební konstrukci při určených vnějších a vnitřních podmínkách.

6. Tepelně stejnorodá vrstva – vrstva konstantní tloušťky s tepelnými vlastnostmi, které jsou stejnorodé, nebo které mohou být považovány za stejnorodé.

Principy

Na základě principů uvedených v této normě je možný výpočet

- a) tepelného odporu každé tepelně stejnorodé vrstvy konstrukce,
- b) z takto získaných tepelných odporů jednotlivých stejnorodých vrstev je možno stanovit odpor konstrukce při prostupu tepla. Podle konkrétního uspořádání jsou započteny odpory při přestupu tepla.

Tepelné odpory

Tepelný odpor stejnorodých vrstev

Výpočtové hodnoty mohou být dány buď jako výpočtová tepelná vodivost nebo jako výpočtový tepelný odpor. Je-li dána tepelná vodivost, pak se tepelný odpor vrstvy stanoví ze vztahu:

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

kde d je tloušťka vrstvy v konstrukci,

λ - výpočtová tepelná vodivost materiálu, vypočtená buď podle ISO/DIS 10456. 2, nebo zjištěná z tabulek.

Poznámka: Tloušťka d může být odlišná od jmenovité hodnoty (např. jestliže je stlačitelný výrobek osazen ve stlačeném stavu, pak d je menší než jmenovitá tloušťka). V odůvodněných případech by měla tloušťka d také zohledňovat přípustné tolerance výrobních tloušťek (např. když jsou negativní).

Odpor při přestupu tepla

Pro rovinné povrchy platí hodnoty v tabulce 1, pokud neznáme konkrétní podmínky pro mezní vrstvy vzduchu. Hodnoty označené "vodorovné" platí pro tepelný tok směřující $\pm 30^\circ$ od vodorovné roviny. Pro nerovné povrchy a pro konkrétní podmínky mezní vrstvy vzduchu se použijí postupy uvedené v příloze A.

Tabulka 1 – Odpor při přestupu tepla ($\text{m}^2\text{K/W}$)

	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0, 10	0, 13	0, 17
R_{se}	0, 04	0, 04	0, 04

Poznámka: Hodnoty v tabulce 1 jsou výpočtovými hodnotami. Pro stanovení deklarované hodnoty součinitele prostupu tepla a další případy, kde se požadují hodnoty nezávislé na směru tepelného toku, se doporučuje používat hodnoty uvedené pro vodorovný tepelný tok.

Tepelný odpor vzduchových vrstev

Hodnoty uvedené v tomto článku platí pro vzduchovou vrstvu, která:

- je vymezena dvěma navzájem rovnoběžnými povrchy, které jsou kolmé na směr tepelného toku a které nemají vyzařování menší než 0, 8,
- má tloušťku (ve směru tepelného toku) menší než 0, 1 násobek z dalších dvou rozměrů a není větší než 0, 3 m,
- v níž nedochází k výměně vzduchu s vnitřním prostředím.

Nejsou-li splněny výše uvedené podmínky, použije se postup v příloze B.

Nevětraná vzduchová vrstva

Za nevětranou vzduchovou vrstvu se považuje taková vrstva, uvnitř které nedochází ke zřetelnému proudění vzduchu a která není propojena s prostředím přilehlým ke konstrukci. Výpočtové hodnoty tepelného odporu jsou dány v tabulce 2. Hodnoty ve sloupci „vodorovný“ platí pro směr tepelného toku $\pm 30^\circ$ od vodorovné roviny.

Tabulka 2 – Tepelný odpor vzduchových vrstev ($\text{m}^2\text{K/W}$) ;povrchy s vysokým vyzařováním (d tloušťka vzduchové vrstvy, mm)

d mm	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
0	0, 00	0, 00	0, 00
5	0, 11	0, 11	0, 11
7	0, 13	0, 13	0, 13
10	0, 15	0, 15	0, 15
15	0, 16	0, 17	0, 17
25	0, 16	0, 18	0, 19
50	0, 16	0, 18	0, 21
100	0, 16	0, 18	0, 22
300	0, 16	0, 18	0, 23

Poznámka: Mezilehlé hodnoty mohou být stanoveny lineární interpolací

Vzduchová vrstva, která není od vnějšího prostředí oddělena souvislou vrstvou, ale je s ním spojena malým otvorem, může být také považována za nevětranou vzduchovou vrstvu, jestliže uspořádání těchto otvorů neumožní zřetelné proudění ve vzduchové vrstvě a tyto otvory nepřesahují:

- a) 500 mm^2 na každý m délky pro svislé vzduchové vrstvy,
- b) 500 mm^2 na každý m^2 plochy povrchu pro vodorovné vzduchové vrstvy.

Poznámky:

1. Pojistné odvodnění (odtokové otvory) v podobě otevřených svislých (styčných) spar ve vnějším plášti vrstveného zdiva se nepovažují za větrací otvory.
2. Pro svislé vzduchové vrstvy je mez vyjádřena jako plocha otvorů na jeden metr délky. Pro vodorovné vzduchové vrstvy je mez vyjádřena jako plocha otvorů na jeden čtverečný metr plochy.

Slabě větraná vzduchová vrstva

Slabě větraná vzduchová vrstva je taková vrstva, ve které je zajištěna pouze omezená výměna vzduchu s vnějším prostředím otvory v rozsahu:

- a) od 500 mm^2 do 1500 mm^2 včetně na každý m délky pro svislé vzduchové vrstvy,
- b) od 500 mm^2 do 1500 mm^2 na každý m^2 plochy povrchu pro vodorovné vzduchové vrstvy.

Výpočtový tepelný odpor slabě větrané vzduchové vrstvy je roven jedné polovině odpovídající hodnoty podle tabulky 2. Jestliže však tepelný odpor části konstrukce mezi vzduchovou vrstvou a vnějším prostředím převyší hodnotu $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$, musí se použít hodnota $0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Silně větraná vzduchová vrstva

Silně větraná vzduchová vrstva je taková vrstva, u které otvory mezi vzduchovou vrstvou a vnějším prostředím převyšují:

- a) 500 mm^2 na každý m délky pro svislé vzduchové vrstvy,
- b) 500 mm^2 na každý m^2 plochy povrchu pro vodorovné vzduchové vrstvy.

Odpor při prostupu tepla stavební konstrukce obsahující silně větranou vzduchovou vrstvu se stanovuje při zanedbání tepelného odporu vzduchové vrstvy a všech dalších vrstev mezi touto vzduchovou vrstvou a vnějším prostředím. Jako odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce se použije hodnota, která odpovídá klidnému vzduchu (tj. hodnota shodná s hodnotou odporu při přestupu tepla na vnitřní straně téže konstrukce) .

Tepelný odpor nevytápěných prostorů

Jestliže vnější obálka nevytápěného prostoru není izolována, mohou být použity následující jednoduché postupy, ve kterých se nevytápěný prostor uplatňuje jako tepelný odpor.

Poznámka: Přesnější postupy pro řešení tohoto problému jsou uvedeny v ISO/DIS 13789 Tepelné vlastnosti budov – Tepelná charakteristika budovy prostupem tepla – Výpočtová metoda, popř. ISO/DIS 13370 Tepelné vlastnosti budov – Tepelný tok přilehlou zeminou – Výpočtová metoda.

Podstřešní prostory

U střešní konstrukce s rovným izolovaným stropem a šikmou či strmou střechou, mohou být podstřešní prostory považovány za tepelně stejnorodou vrstvu s tepelným odporem uvedeným v tabulce 3.

Tabulka 3 – Tepelný odpor podstřešních prostorů

Charakteristika střechy		R_u m ² K/W
1	Střecha s taškovou krytinou, bez lepenky prkenného podbití apod.	0,06
2	Střecha s těsnou krytinou, nebo taškovou krytinou s lepenkou, bedněním nebo podobným podkladem pod taškami	0,2
3	Dtto 2, ale s hliníkovým povrchem nebo jiným materiálem s nízkým vyzařiváním na spodním líci střechy	0,3
4	Plochá střecha s bedněním a lepenkou	0,3

Poznámka: Hodnoty v tabulce 3 zahrnují tepelný odpor odvětrávaného prostoru a tepelný odpor šikmé či strmé střešní konstrukce. Neobsahují odpor při přestupu tepla na vnější straně R_s

Jiné prostory

Pokud je k budově připojen malý nevytápěný prostor, který je její nedílnou součástí, pak součinitel prostupu tepla mezi vnitřním a vnějším prostředím může být stanoven tak, že nevytápěný prostor společně s jeho vnějšími konstrukčními prvky uvažujeme jako další stejnorodou vrstvu s tepelným odporem R_u určeným ze vztahu:

$$R_u = 0,09 + 0,4 \cdot \frac{A_i}{A_e}$$

přičemž vždy se uvažuje $R_u \leq 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ a

A_i je celková plocha všech konstrukcí mezi vnitřním prostředím a nevytápěným prostorem,

A_e je celková plocha všech konstrukcí mezi nevytápěným prostorem a vnějším prostorem.

Poznámky:

1. Za malé nevytápěné prostory se považují například garáže, skladiště a zimní zahrady.
2. Jestliže mezi vnitřním prostředím a nevytápěným prostorem je více než jedna konstrukce, pak R_u má být zahrnut do výpočtu součinitele prostupu tepla každé konstrukce.

Odpor konstrukce při prostupu tepla

Odpor při prostupu tepla stavební konstrukce složené ze stejnorodých vrstev

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně,

R_{se} - odpor při přestupu tepla na vnější straně,

R_1, R_2, \dots, R_n jsou výpočtové tepelné odpory každé vrstvy.

Stanovuje-li se tepelný odpor vnitřní konstrukce, uvažuje se R_{si} na obou na obou stranách konstrukce.

Odpor při prostupu tepla stavební konstrukce složené ze stejnorodých a nestejnodorých vrstev

Postup stanovení odporu při prostupu tepla uvedený dále je nepoužitelný, jestliže izolační vrstvou prochází kovový tepelný most.

Poznámky:

1. Přesnějších výsledků se dosáhne užije-li se numerická metoda v souladu s ISO 10211 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelný tok a povrchové teploty – Část 1:Obecné výpočtové metody, popř. Část 2 – Výpočet lineárních tepelných mostů.
2. Postup zde popsany není vhodný k výpočtu povrchových teplot s cílem odhadnout riziko kondenzace.

Odpor konstrukce při prostupu tepla

Odpor při prostupu tepla R_T konstrukce sestávající z tepelně stejnorodých a tepelně nestejnodorých vrstev, rovnoběžných s povrchem, je aritmetickým průměrem horní a dolní meze odporů při prostupu tepla:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$

kde R'_T je horní mez odporu při prostupu tepla,

R''_T - dolní mez odporu při prostupu tepla.

Pro výpočet horní a dolní meze se konstrukce rozdělí na výseky a vrstvy tak, že se skládá z m_j dílů, které jsou stejnorodé.

Horní mez odporu při prostupu tepla (R'_T)

Horní mez odporu při prostupu tepla je určena za předpokladu jednorozměrných tepelných toků kolmých na povrchy konstrukce:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_q}{R_{Tq}}$$

kde R_{Ta}, R_{Tb}, \dots , jsou odpory při prostupu tepla z prostředí do prostředí,

f_a, f_b, \dots , jsou poměrné plochy každého výseku.

Dolní mez odporu při prostupu tepla (R''_T)

Dolní mez je určena za předpokladu, že všechny roviny rovnoběžné s povrchy konstrukce jsou izotermní. K výpočtu ekvivalentních tepelných odporů R_j pro každou tepelně nestejnou vrstvu se použije následujícího vztahu

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_q}{R_{qj}}$$

Dolní mez se pak určí ze vztahu

$$R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Odhad chyby

Tato metoda se může použít tehdy, když vypočtený součinitel prostupu tepla odpovídá požadované přesnosti. Maximální relativní chyba e (%) se stanoví ze vztahu:

$$e = \frac{R'_T - R''_T}{2 \cdot R_T} \cdot 100$$

Součinitel prostupu tepla

Je dán vztahem

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Jestliže je součinitel prostupu tepla uveden jako konečný výsledek, musí být zaokrouhlen na dvě platná místa a připojí se vstupní údaje užité při výpočtu.

Odpor při přestupu tepla

Pro rovinné povrchy je dán vztahem

$$R_s = \frac{1}{h_c + h_a}$$

kde h_c je součinitel přestupu tepla prouděním,
 h_r součinitel přestupu tepla sáláním, platí

$$h_r = \varepsilon \cdot h_{ro}$$

$$h_{ro} = 4 \cdot \sigma \cdot T_m^3$$

ε - vyzařování povrchu,

h_{ro} – součinitel přestupu tepla sáláním pro černé těleso
 (viz tabulku 4) ,

σ - Stefanova a Boltzmannova konstanta

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/ (m}^2\text{K}^4\text{)} ,$$

T_m - střední termodynamická teplota povrchu a jeho okolí.

Tabulka 4 – Hodnoty součinitele přestupu tepla sáláním černého tělesa h_{ro} , W/ (m²K)

Teplota °C	h_{ro} W/ (m ² K)
-10	4, 1
0	4, 6
10	5, 1
20	5, 7
30	6, 3

Na vnitřních površích je $h_c = h_{ci}$,

kde – pro tepelný tok nahoru . . . $h_{ci} = 5, 0 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$

– pro tepelný tok vodorovně . . $h_{ci} = 2, 5 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$

– pro tepelný tok dolů . . . $h_{ci} = 0, 7 \text{ W/ (m}^2\text{K)}$

Na vnějších površích je $h_c = h_{ce}$,

kde $h_{ce} = 4 + 4 \cdot v$

v je rychlost větru u povrchu, m/s.

Hodnoty odporu při přestupu tepla na vnější straně R_{se} , pro různé rychlosti větru, jsou v tabulce 5.

Tabulka 5 – Hodnoty R_{se} , W/ (m²K) , v závislosti na rychlosti větru v , m/s

v m/s	R_{se} m ² K/W
1	0,08
2	0,06
3	0,05
4	0,04
5	0,04
7	0,03
10	0,02

V normě je také uveden způsob stanovení odporu při přestupu tepla konstrukcí s nerovinnými povrchy, tepelného odporu nevětraných vzduchových vrstev, výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcí se zkosenými vrstvami.

Obsahuje také postup při korekci součinitele prostupu tepla pro případ, že má být zpřesněn, a to zahrnutím vlivu

- a) vzduchové mezery (netěsnosti) v izolaci,
- b) mechanické kotvy procházející izolační vrstvou,
- c) srážkové vody v obrácených střeších.

Zpřesněný součinitel prostupu tepla se určí přidáním korekčního členu ΔU :

$$U_c = U + \Delta U$$

Korekční člen je dán vtahem

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

kde ΔU_g je korekce pro vzduchové mezery (netěsnosti) v izolacích,

ΔU_f korekce pro mechanické kotvy,

ΔU_r korekce pro obrácené střechy.

Tabulka 6 - Korekce pro vzduchové mezery (netěsnosti) v izolacích

Úroveň	$\Delta U''$ W/ (m ² K)	Popis vzduchové mezery (netěsnosti) v izolaci
0	0, 00	Tepelná izolace je osazena takovým způsobem, že neumožňuje žádný pohyb vzduchu na teplé straně izolace. Žádné vzduchové mezery nenarušují tepelně izolační vrstvu
1	0, 01	Tepelná izolace je osazena takovým způsobem, že neumožňuje žádný pohyb vzduchu na teplé straně izolace. Vzduchové mohou být součástí tepelně izolační vrstvy
2	0, 04	Je umožněn pohyb vzduchu na teplé straně izolace. Vzduchové mezery mohou být součástí tepelně izolační vrstvy

Tato korekce se zohlední takto:

$$\Delta U_g = \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_{1-2}}{R_T} \right)$$

kde R_1 je tepelný odpor vrstvy obsahující mezery,
 R_T - odpor při prostupu tepla konstrukce.

Korekce pro mechanické kotvy:

Prochází-li vrstvou mechanická kotva, stanoví se součinitel prostupu tepla ze vztahu

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f$$

kde α je součinitel podle tabulky 7,

λ_f – tepelná vodivost kotvy,

n_f – počet kotev na metr čtverečný,

A_f – příčná průřezová plocha jedné kotvy.

Tabulka 7 – Hodnoty součinitele α

Typ kotvy	α m ⁻¹
Kotva mezi pláští vrstveného zdiva	6
Upevnění střechy	5

Korekce nemusí být uplatněny v následujících případech:

- a) prochází-li kotva vzduchovou dutinou,
- b) je-li kotva mezi zděnou stěnou a dřevěnými sloupky,
- c) když je tepelná vodivost kotvy nebo její části menší než 1 W/ (mK) .

Tento postup se neuplatňuje, jestliže jsou oba konce kotvy v kontaktu s kovovými prvky. V tomto případě se postupuje podle ČSN EN ISO 10211 – 1.

Pokud jde o korekci na obrácenou střechu není zatím stanovena.

V normě jsou dále uvedeny příklady korekcí pro vzduchové mezery (netěsnosti) .

Z porovnání značek používaných dosud v normách ČSN a v popsané převzaté normě ČSN EN ISO, je nejpodstatnější rozdíl v označování součinitele prostupu tepla. Až dosud se v českých normách používá označení „k“, kdežto v popisované normě se používá „U“.

14. ČSN EN ISO 10 211 – 1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Část 1: Základní výpočtové metody.

Norma obsahuje: Předmět, normativní odkazy, definice a symboly, principy, modelování konstrukce, výpočtové hodnoty, výpočtové metody, vstupní a výstupní data. Dále tři normativní (A, B, C) a čtyři informativní přílohy (D, E, F, G) .

Předmět normy

Tato norma stanovuje postup a podmínky numerického výpočtu tepelných mostů na 3 rozměrném a 2-rozměrném geometrickém modelu.

Na základě tohoto postupu lze stanovit

- a) tepelné toky při výpočtu tepelných ztrát budov,
- b) minimální povrchové teploty pro zjištění rizika povrchové kondenzace vodní páry.

Podmínky zahrnují geometrické ohraničení a rozdělení modelů, okrajové tepelné podmínky, a použitelné hodnoty tepelně technických veličin.

Řešení problémů obsažených v normě je založeno na následujících předpokladech:

- a) v modelech je ustálený tepelný stav,
- b) všechny fyzikální veličiny jsou nezávislé na teplotě,
- c) ve stavebních prvcích nejsou vnitřní zdroje tepla.

Norma může být použita pro stanovení lineárních a bodových součinitelů prostupu tepla a poměrných teplotních rozdílů na povrchu konstrukcí.

Definice

Tepelný most je definován jako část obalové konstrukce budovy, kde je tepelný odpor významně změněn – viz obrázky 1 až 8b.

a) plným nebo částečným průnikem obalové konstrukce materiálem s rozdílnou tepelnou vodivostí

a/nebo

b) změnou tloušťky vrstvy

a/nebo

c) rozdílnou velikostí vnitřních a vnějších ploch, které se vyskytují v místech styků stěn, podlah, stropů.

Definují se také 3-D a 2-D geometrické modely, boční, centrální a hraniční prvek, roviny řezu, pomocné roviny, nestejnorodá vrstva, poměrný teplotní rozdíl vnitřního vzduchu poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu, teplotní váhový činitel, vnější referenční teplota, vnitřní referenční teplota, teplota suchého teploměru, tepelná propustnost, lineární součinitel prostupu tepla a bodový součinitel prostupu tepla.

Principy

Teploty v konstrukci a tepelné toky proudící konstrukcí se počítají na základě zadaných okrajových podmínek a konstrukčních detailů. Ty se rozdělí na řadu buněk, které jsou z hlediska tepelné vodivosti stejnorodé. Přitom musí být splněna kritéria uvedená v části 5. V části 6 jsou uvedeny instrukce pro stanovení hodnot tepelné vodivosti a okrajových podmínek.

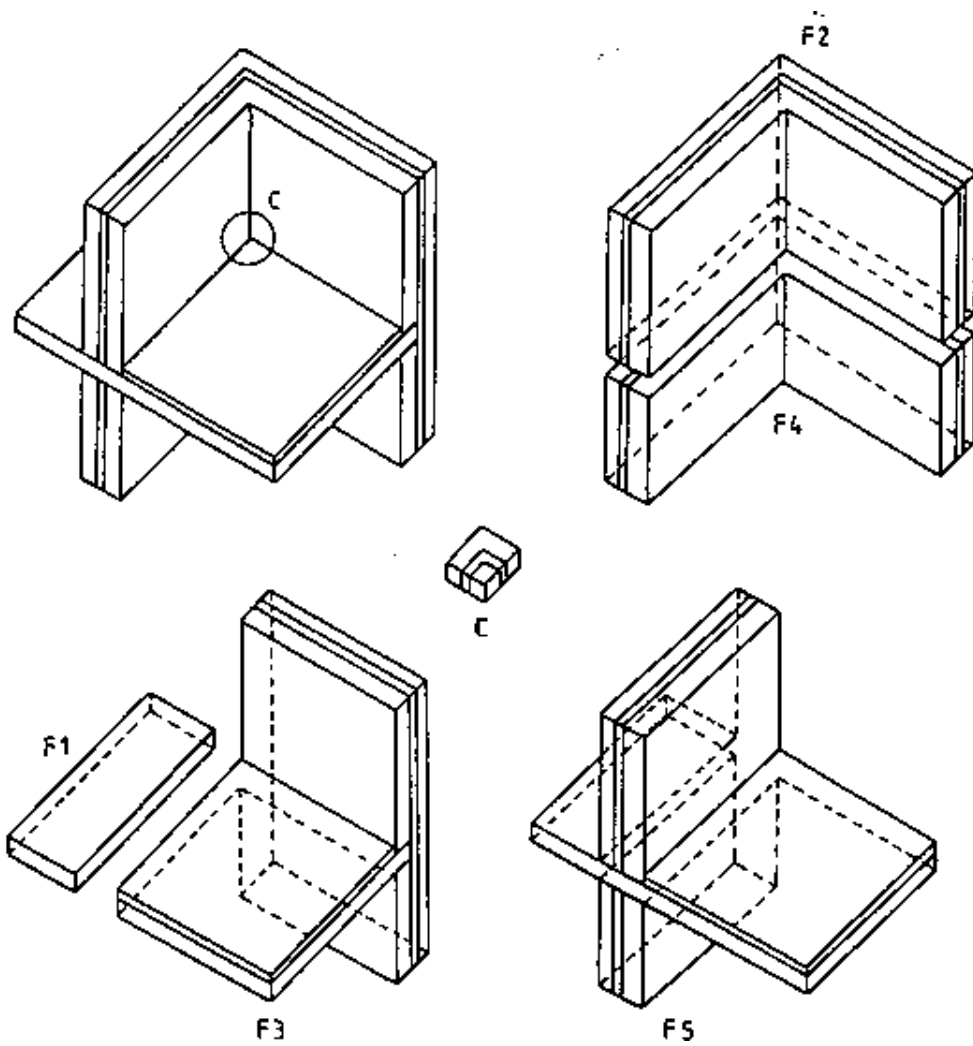
Výpočet teploty se provádí iterací nebo přímým řešením a následným stanovením teploty v buňkách interpolací.

Postup výpočtu a metoda stanovení rozložení teploty je uvedeny v části 7.

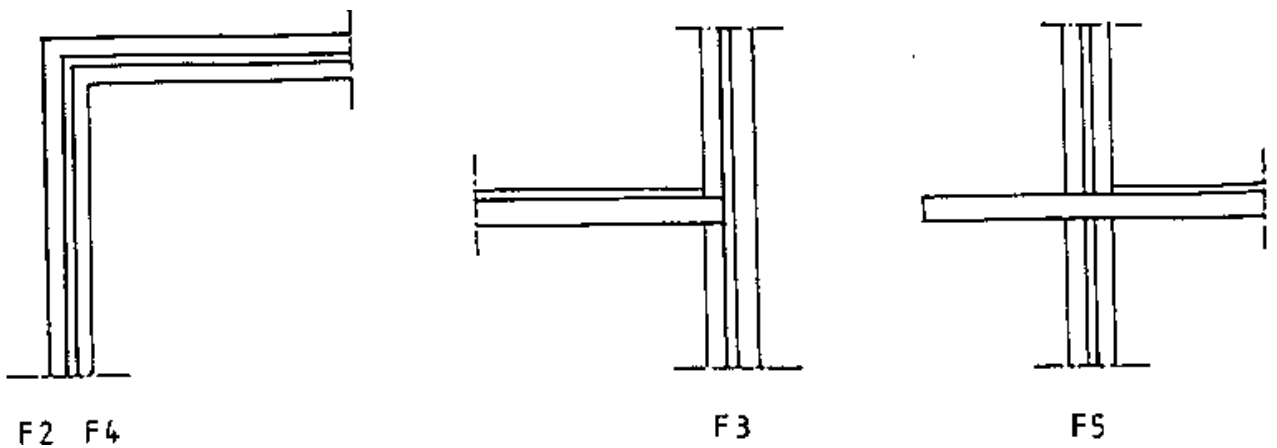
Modelování konstrukce

V této části jsou popsána pravidla pro modelování konstrukcí. Vychází se z faktu, že modelování celé budovy prostřednictvím jednoduchého geometrického modelu není obvykle proveditelné. Ve většině případů může být budova rozdělena na několik částí (včetně přilehlé zeminy, kde to je vhodné) použitím rovin řezů. Toto rozdělení musí být provedeno tak, aby byl vyloučen rozdíl ve výsledku výpočtu rozdělené a nerozdělené budovy.

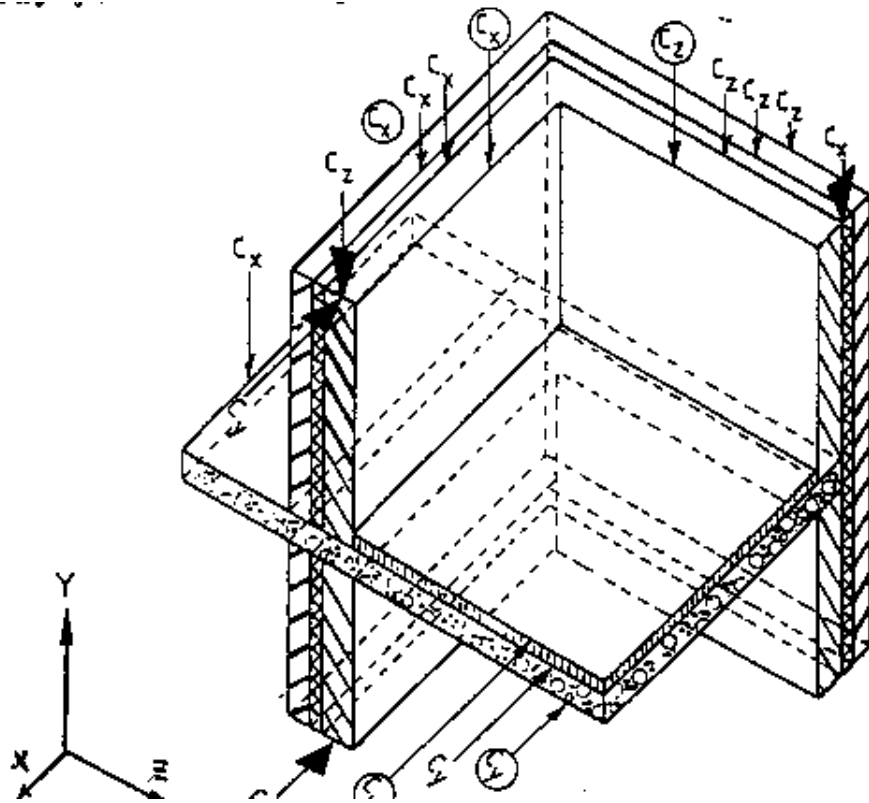
Za jistých předpokladů se mohou modely zjednodušit. Zásadně však výpočty na modelech bez zjednodušení musí mít přednost před výpočty provedenými na modelech zjednodušených.



Obrázek 1 - 3-D model s pěti bočními prvky a jedním 3-D centrálním prvkem. F1 až F5 mají stejné řezy kolmé alespoň na jednu osu. C je zbývající část.



Obrázek 2 – Kolmé řezy bočních elementů 3-D modelu mohou být řešeny jako 2-D modely. F2 až F5 jsou na obrázku 1.



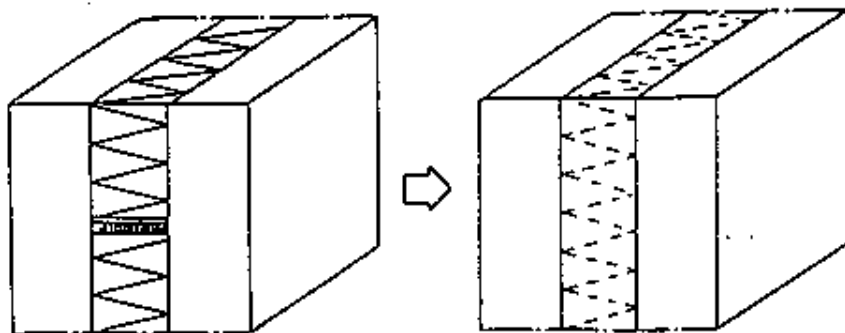
Obrázek 3 – Příklad 3-D modelu znázorňující hraniční roviny.

C_x jsou hraniční roviny kolmé na osu x

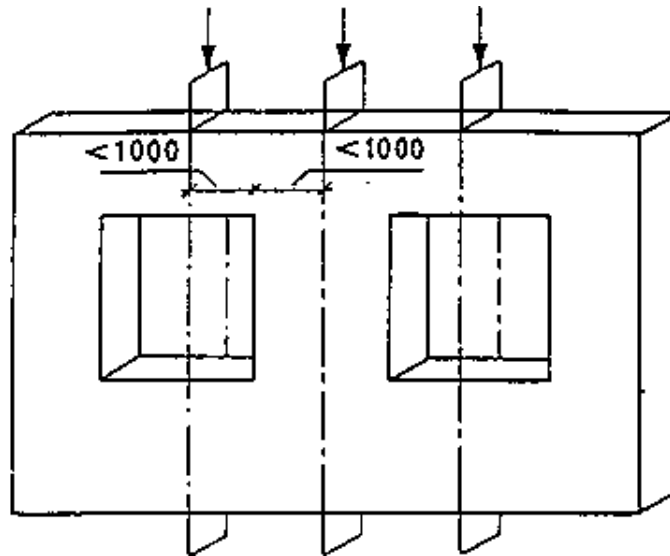
C_y jsou hraniční roviny kolmé na osu y

C_z jsou hraniční roviny kolmé na osu z

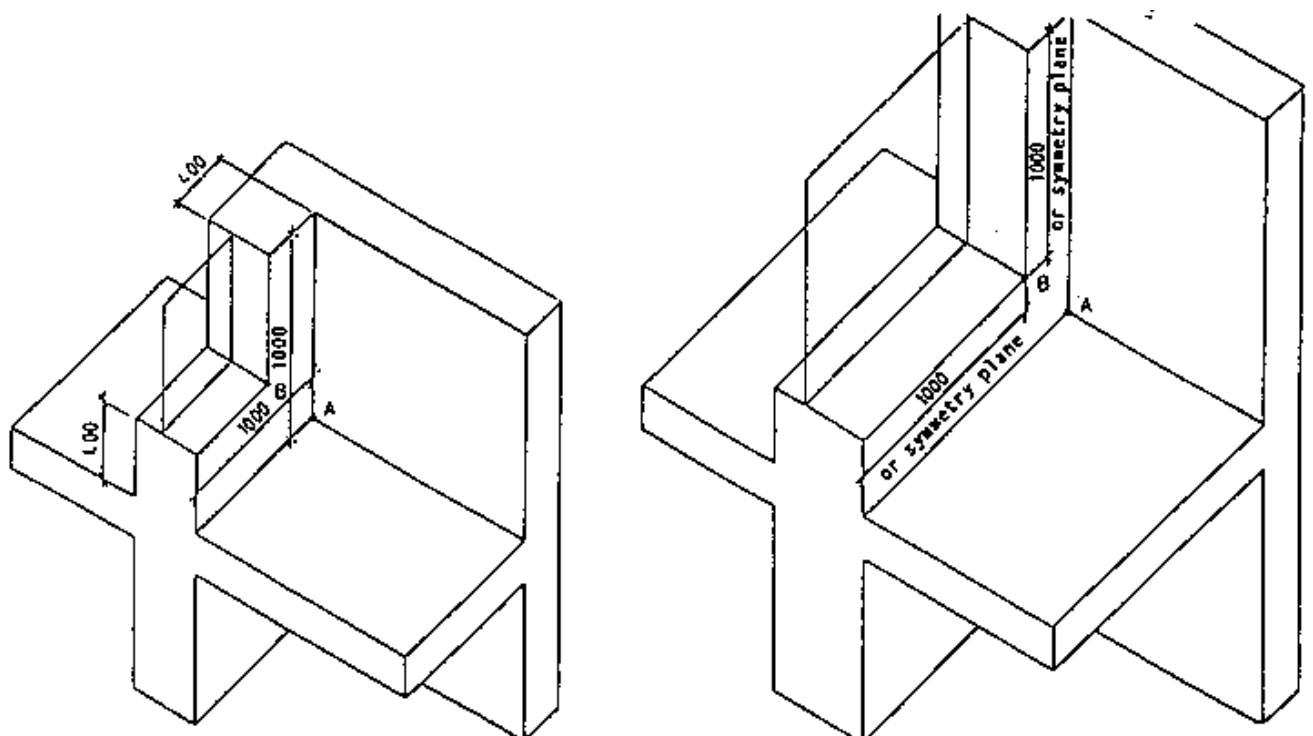
Roviny řezu jsou označeny zvětšenými šipkami. Roviny oddělující boční prvky od středního prvku jsou zakroužkované.



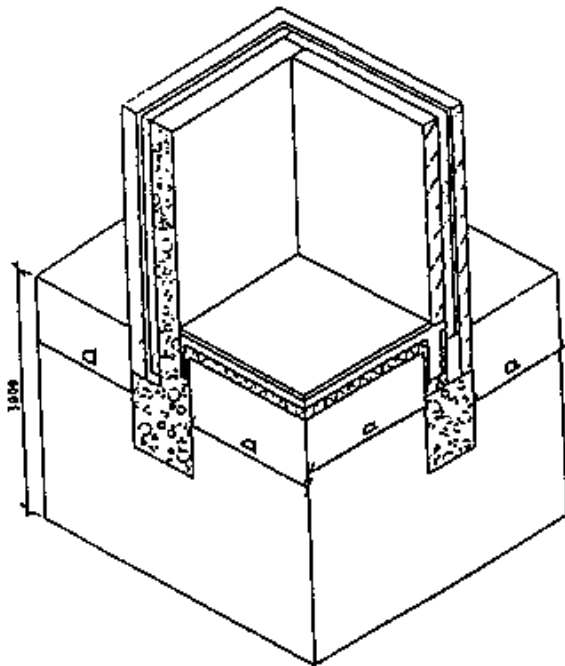
Obrázek 4 – Příklad malého bodového tepelného mostu obsaženého v kvazihomogenní vrstvě, způsobujícího 3-rozměrný tepelný tok



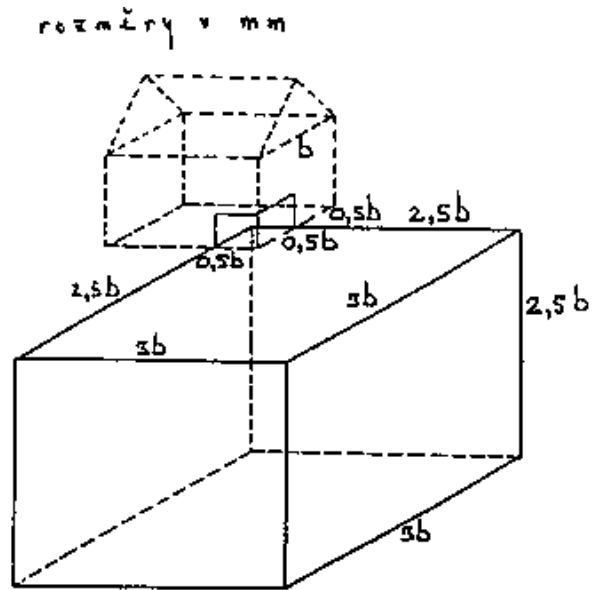
Obrázek 5 – Roviny symetrie, které mohou být použity jako roviny řezů



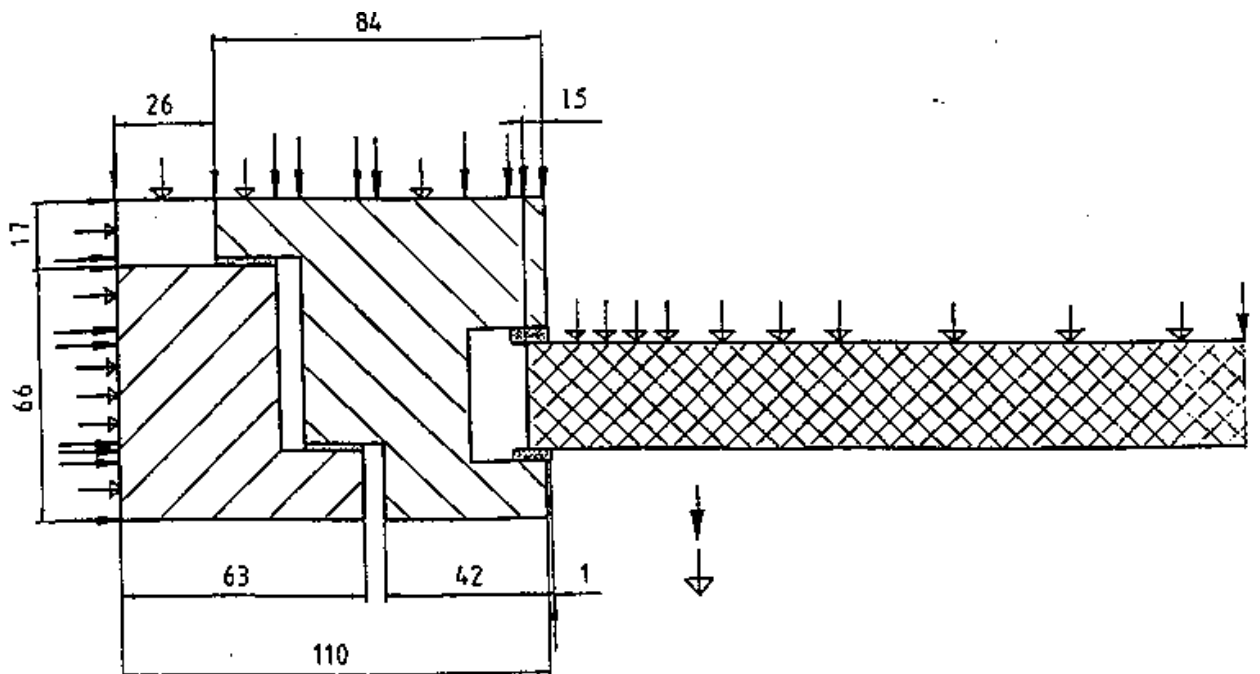
Obrázek 6 – Dva tepelné mosty A a B jednoho modelu.
Tepelný most nejbližší rovině řezu nesplňuje podmínku vzdálenosti alespoň 1 m od nejbližší roviny řezu (vlevo). Tento problém je vyřešen prodloužením modelu ve dvou směrech (vpravo)



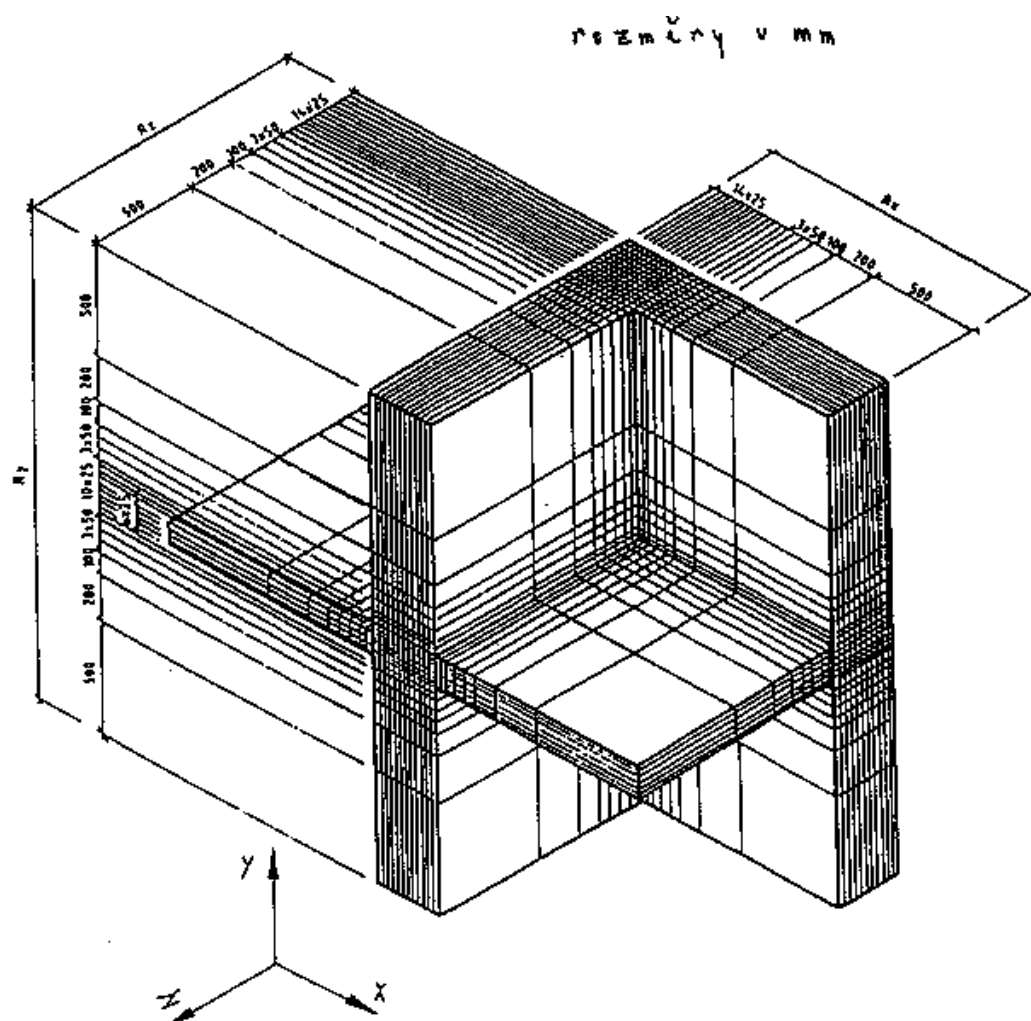
Obrázek 7a – Rozměry přilehlé půdy
- výpočet povrchové teploty.



Obrázek 7b – Rozměry přilehlé půdy
- výpočet tepelného toku



Obrázek 8a – Příklad hraničních rovin a pomocných rovin ve 2-D geometrického modelu



okenního rámu

Obrázek 8b – Příklad konstrukčních rovin doplněných pomocnými rovinami

Příklady zjednodušení

Podmínky úpravy rozměrů pro zjednodušení geometrického modelu

Úprava rozměrů může být uplatněna pro materiály o tepelné vodivosti menší než 3 W/(mK) .

a) Místní změny rozměrů na povrchu bloku materiálu přilehlému k vnějšímu nebo vnitřnímu povrchu: rozměr místního výstupku d_{cor} v místě povrchu, který není rovinný, vztažený ke střední rovině povrchu, nesmí přesáhnout hodnotu

$$d_{\text{cor}} = R_{\text{cor}} \cdot \lambda$$

kde d_{cor} je rozměr místního převýšení kolmý na střední rovinu vnitřního nebo vnějšího povrchu,

R_{cor} - tepelný odpor materiálu rovný $0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,

λ - tepelná vodivost materiálu bloku W/(mK) .

Jako příklad je možno uvést šikmé povrchy – viz obrázek 9, dále – zaoblené rohy, profilované povrchy, např. střešní tašky apod.

b) Změny ve styku dvou oblastí různých materiálů

ba) změna geometrie na styku může být provedena jen ve směru kolmém na vnitřní povrch,

bb) změna geometrie na styku musí být provedena tak, aby byl materiál o menší tepelné vodivosti nahrazen materiálem o větší tepelné vodivosti.

Jako příklad lze uvést těsnící pásky, spojovací části, přizpůsobovací bloky, stěnové kapsy, šikmé povrchy a jiné detaily styků a spojů - viz obrázek 10, ve kterém jsou uvedeny čtyři možnosti kombinace zjednodušení a, b, c, d při provedení styku mezi třemi materiálovými bloky, v závislosti na poměru jejich tepelné vodivosti.

Materiálový blok	λ	Zjednodušení			
		a	b	c	d
1	1	$\lambda_1 > \lambda_2$	$\lambda_1 > \lambda_2$	$\lambda_1 < \lambda_2$	$\lambda_1 < \lambda_2$
2	2				
3	3		$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 > \lambda_2$	$\lambda_3 < \lambda_2$

c) Zanedbání tenkých vrstev

Mají-li vrstvy tloušťku menší než 1 mm, mohou být zanedbány.

Např. kovové membrány, které jsou použity jako hydroizolační nebo parotěsné vrstvy.

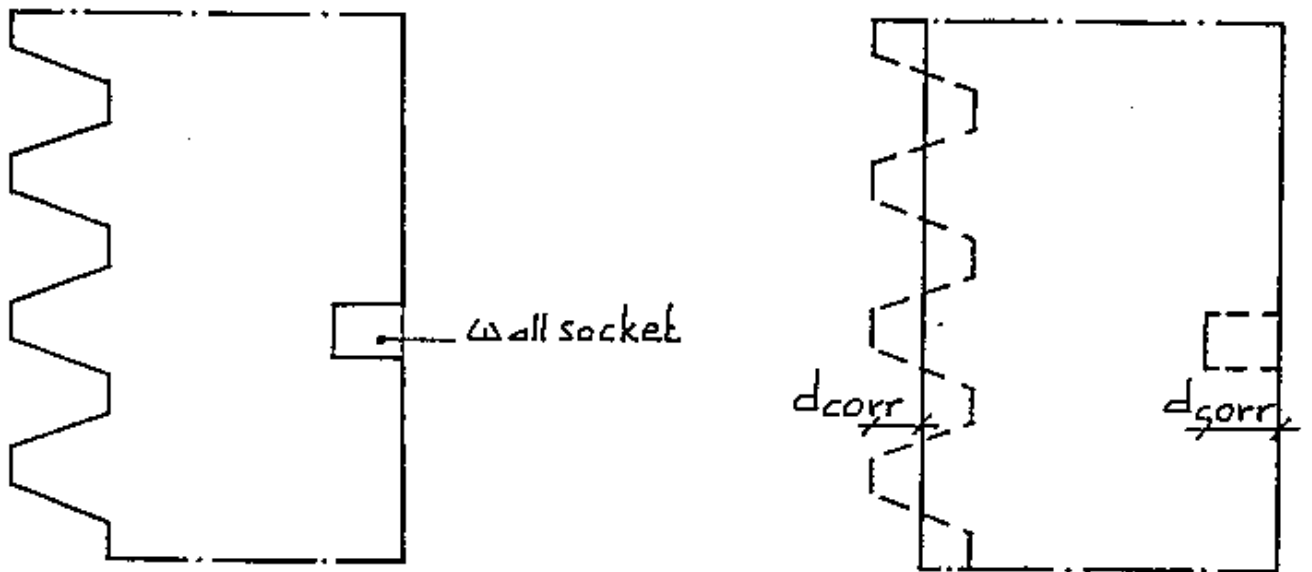
d) Zanedbání přídavných vrstev připevněných k vnějšímu povrchu, např. dešťové žlaby a odpadní potrubí.

Podmínky pro použití kvazihomogenních materiálových vrstev pro zjednodušení geometrického modelu

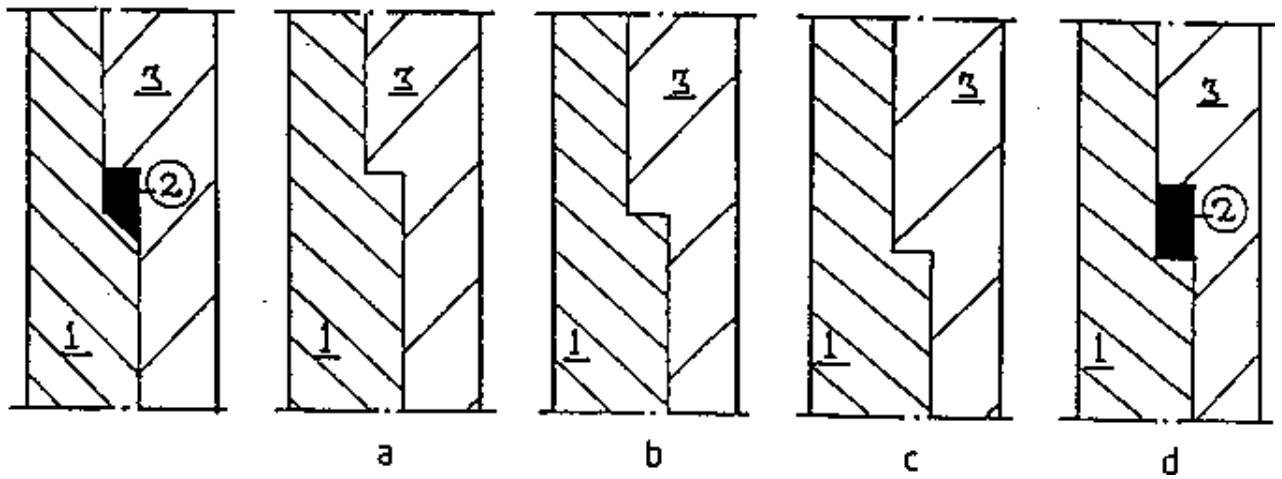
Obecné podmínky pro zahrnutí nevýznamných lineárních a bodových tepelných mostů

a) Příslušné vrstvy materiálů jsou umístěny v části konstrukce, která se po zjednodušení stane bočním prvkem,

b) Tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy není po zjednodušení větší než 1,5 násobek nejmenší tepelné vodivosti materiálu v této vrstvě před provedením zjednodušení.



Obrázek 9 – Místní změny na vnitřním nebo vnějším povrchu



Obrázek 10 – Čtyři možnosti pro provedení změny styku

Výpočet tepelné propustnosti L_{2-D}

Tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy musí být počítána podle rovnice

$$\lambda' = \frac{d}{\frac{A}{L_{2-D}} - R_{si} - R_{se} - \sum \frac{d_j}{\lambda_j}}$$

kde λ' je výsledná tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy W/ (mK) ,
 d - tloušťka kvazihomogenní vrstvy, m
 A - plocha stavebního prvku, m²,
 L_{2-D} – tepelná propustnost stanovená řešením 2-D nebo 3-D teplotního pole, W/K,
 d_j - tloušťky stejnorodých vrstev, které jsou součástí konstrukce, m,
 λ_j - tepelná vodivost příslušných stejnorodých vrstev W/ (mK) .

Poznámka: Použití uvedené rovnice je zvláště vhodné v případech, kdy se vyskytuje větší počet identických nevýznamných tepelných mostů (stěnové spony, výztuž, děrované bloky apod.) . Výpočet L_{2-D} může být omezen na základní oblast, která reprezentuje nestejnorodou vrstvu. Např. stěnová dutina se čtyřmi sponami na čtverečný metr může být posuzována jako základní plocha o rozměru 0, 25 m² na jednu sponu.

Výpočet vnitřní povrchové teploty a lineárního součinitele prostupu tepla nebo bodového součinitele prostupu tepla

Tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy může být stanovena takto

$$\lambda' = \frac{\lambda_o \cdot A_o + \dots + \lambda_n \cdot A_n}{A_o + \dots + A_n}$$

kde λ_j je výsledná tepelná vodivost kvazihomogenní vrstvy, W/ (mK) ,
 $\lambda_o, \dots, \lambda_n$ – tepelná vodivost základních materiálů, W/ (mK) ,
 A_o, \dots, A_n – plochy základních materiálů měřených v rovině vrstvy, m²,

musí však být přitom splněny tyto předpoklady

a) tepelné mosty v posuzované vrstvě jsou v pravoúhlem směru,

nebo ve směru málo se odchylicím od pravoúhlého směru, na vnitřní nebo vnější povrch konstrukce a pronikají vrstvou v celé její tloušťce,

b) tepelný odpor konstrukce (od povrchu k povrchu) je po zjednodušení aspoň 1, 5 m²K/W,

c) podmínky stanovené v níže uvedené tabulce jsou splněny aspoň pro jednu ze skupin S

S	λ_{tb}	A_{tb}	R_o	$R_{t,i}$	λ_i	d_i
	W/ (mK)	m ²	m ² K/W	m ² K/W	W/ (mK)	m
1	> 1,5	$\leq 0,05 \cdot l_{tb}$	$\leq 0,5$			
2	> 3	$\leq 30 \cdot 10^{-6}$	$\leq 0,5$			
3	> 3	$\leq 30 \cdot 10^{-6}$	> 0,5	$\geq 0,5$		
4	> 3	$\leq 30 \cdot 10^{-6}$	> 0,5	< 0,5	$\geq 0,5$	$\geq 0,1$

V tabulce značí

λ_{tb} je tepelná vodivost tepelného mostu, který má být zahrnut do kvazihomogenní vrstvy,

A_{tb} - plocha příčného řezu tepelného mostu,

l_{tb} - délka lineárního tepelného mostu,

R_o - tepelný odpor vrstvy bez přítomnosti bodových tepelných mostů,

$R_{t,i}$ - celkový tepelný odpor vrstev mezi kvazihomogenní vrstvou a vrstvou považovanou za vnitřní povrch,

λ_i - tepelná vodivost vrstvy mezi kvazihomogenní vrstvou a vnitřním povrchem s největší hodnotou součinu

$(\lambda_i \cdot d_i)$.

Poznámky:

1. Skupina 1 zahrnuje lineární tepelné mosty, např. spoje ve stavebních konstrukcích, dřevěné výplně ve vzduchových dutinách nebo izolovaných dutinách zanedbatelné tloušťky.

2. Skupina 2 zahrnuje prvky, jako jsou stěnové spojky zabudované ve stěně nebo v betonu, nebo umístěné ve vzduchové dutině, hřebíky a vruty ve vrstvě základního materiálu nebo pásy s uvedeným maximálním tepelným odporem.

3. Skupina 3 a 4 zahrnuje prvky jako jsou dutinové spojky, které procházejí izolační vrstvou s vyšším tepelným odporem než je uvedený ve skupině 2. Vnitřní plášť musí mít tepelně technické vlastnosti takové, že eliminují vliv tepelných mostů na vnitřní povrchovou teplotu. Tento případ může nastat, když vnitřní plášť má dostatečný tepelný odpor (skupina 3), nebo tepelná vodivost vnitřního pláště je taková, že tepelný tok procházející přes dutinovou spojku je rovnoměrně rozveden po vnitřním povrchu. Většina zděných nebo betonových vnitřních plášťů patří do skupiny 4.

V normě se dále uvádí dané výpočtové hodnoty, metoda stanovení výpočtových hodnot a výpočtové metody

Výpočtové metody

Tato část obsahuje pravidla pro výpočet tepelných toků mezi buňkami a přilehlým prostředím, tepelných toků v rovinách řezů, řešení soustavy rovnic, výpočet rozložení teploty, stanovení tepelné propustnosti L_{2-D} , stanovení teploty na vnitřním povrchu.

Dále obsahuje výčet dat, která musí být ve zprávě o výpočtu, odhad chyby.

Příloha A (normativní) obsahuje postup při ověření metody

Příloha B (normativní) obsahuje hodnoty tepelného odporu vzduchových vrstev a válcových dutin v konstrukcích, ekvivalentní tepelnou vodivost horizontálních válcových dutin v konstrukcích, ekvivalentní tepelnou vodivost vertikálních válcových dutin v konstrukcích.

Příloha C (normativní) popisuje způsob stanovení lineárních a bodových součinitelů prostupu tepla.

Příloha D (informativní) uvádí příklady použití kvazihomogenních vrstev, např. pro zděné stěnové konstrukce s izolovanými dutinami a stěnovými spojkami, pro dřevěnou izolovanou stěnu s rámovou konstrukcí.

Příloha E (informativní) pojednává o problematice odporů při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukcí, zjednodušený výpočet odporu při přestupu tepla.

Příloha F (informativní) uvádí postup při stanovení tepelné propustnosti L_{2-D} .

Příloha G (informativní) způsob výpočtu povrchové kondenzace vodní páry.

15. CEN/TC 89 N 309 E Stavební prvky – Součinitel prostupu tepla - Tabulkové hodnoty pro okna a vícenásobná zasklení – výpočtové hodnoty

Tato norma stanovuje obecně přijatelné hodnoty součinitele prostupu tepla oken a vícenásobného zasklení. Tyto hodnoty mohou být použity pro navrhování, zejména pro výpočty:

- a) tepelné ztráty oken a zasklením,
- b) tepelného zisku okny v letním období

V těchto hodnotách nejsou zahrnuty vlivy tepelných mostů vznikajících ve sparách a spojeních s obvodovým pláštěm budovy – tento problém se řeší samostatně.

Propustnost a pohltivost slunečního záření se stanovuje na základě slunečního činitele podle prEN 410.

Součinitel prostupu tepla oken U_w (W/m^2K) se stanovuje podle rovnice:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_f}$$

kde A_g je plocha skla (m^2),

U_g - součinitel prostupu tepla zasklení (W/m^2K),

A_f - plocha rámců (m^2),

U_f - součinitel prostupu tepla rámců (W/m^2K),

l_g - délka obvodu okna uvažovaná při stanovení přídavné tepelné ztráty prostřednictvím lineární hodnoty

součinitele prostupu tepla Ψ_g ,

Ψ_g - lineární součinitel prostupu tepla (W/mK).

V normě jsou uvedeny hodnoty součinitele prostupu tepla oken, při uvažování rámců dřevěných, plastových a kovových a vícenásobného zasklení při výplni mezer mezi skly vzduchem,

argonem a kryptonem jednak pro čirá skla, jednak s různými hodnotami emisivity.

16. prEN ISO Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích - Tepelné toky a povrchové teploty – Část 2: Výpočet lineárních tepelných mostů (ISO/DIS 10211-2:1995)

Část 2 této normy stanovuje podmínky na 2-D geometrickém modelu lineárního tepelného mostu pro numerický výpočet:

a) lineárního součinitele prostupu tepla lineárního tepelného mostu,

b) dolní meze minimální povrchové teploty.

Tyto podmínky zahrnují geometrická ohraničení a rozdělení modelu, okrajové teplotní podmínky a hodnoty tepelných veličin a použité vztahy.

Tato norma je založena na následujících předpokladech:

a) v modelu existuje ustálený stav,

b) všechny fyzikální vlastnosti jsou nezávislé na teplotě,

c) v modelu nejsou vnitřní zdroje tepla,

d) uvažuje se pouze jeden stav vnitřního prostředí.

Definice jsou stejné jako v Části 1 ČSN EN ISO 10211 – 1.

Pravidla modelování

Geometrický model zahrnuje 2-D centrální prvek, 2-D boční prvek a také přilehlou vrstvu zeminy. Geometrický model je rozčleněn prostřednictvím rovin řezů – viz obrázky 1 až 4b.

Roviny řezů mají být umístěny takto:

a) v rovině symetrie, je-li vzdálena méně než 1 m od středního prvku,

b) ve vzdálenosti aspoň 1 m od středního prvku, jestliže není blíže rovina symetrie,

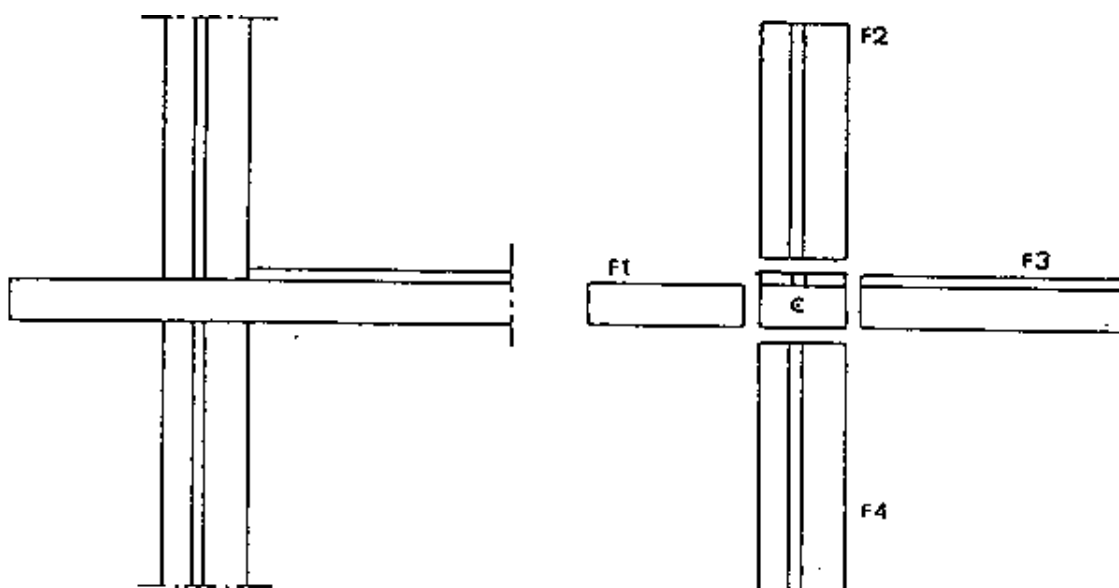
c) v přilehlé vrstvě zeminy podle tabulky 1 v normě.

Rozměrové přizpůsobení

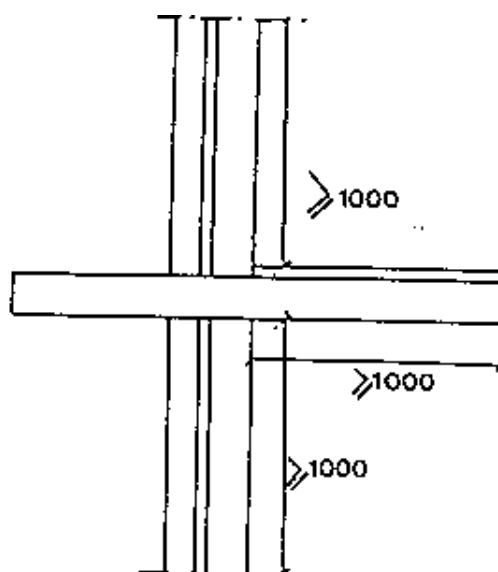
Přizpůsobení skutečných rozměrů modelu geometrickému modelu je přípustné tehdy, když nemá významný vliv na výsledek výpočtu.

Tento předpoklad se považuje za splněný, jsou-li splněny podmínky uvedené v ČSN EN ISO 10211 – 1, v článku 5. 2. 1.

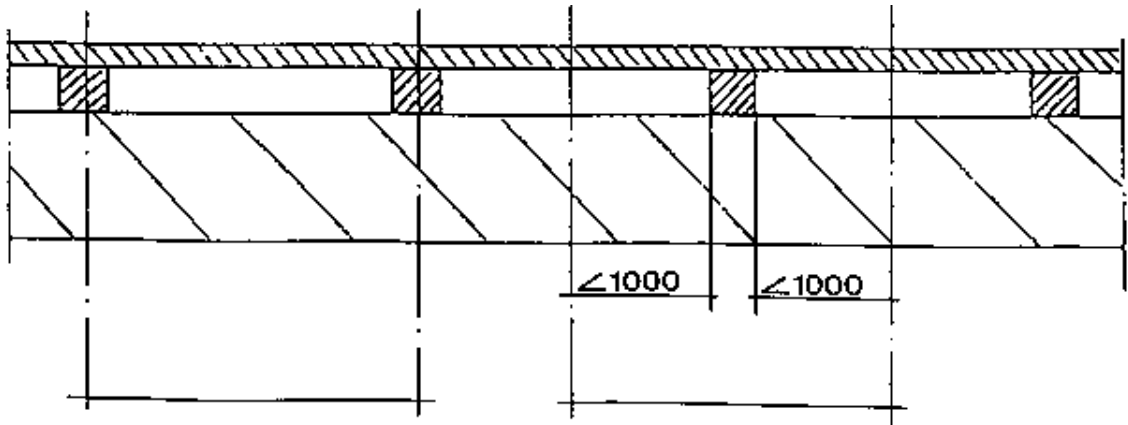
Poznámka: Bodové tepelné mosty, které se mohou vyskytovat v modelu, se zanedbávají. Mohou se však řešit v rámci součinitele prostupu tepla nebo počítat na základě 3-D modelu podle ČSN EN ISO 10211 – 1.



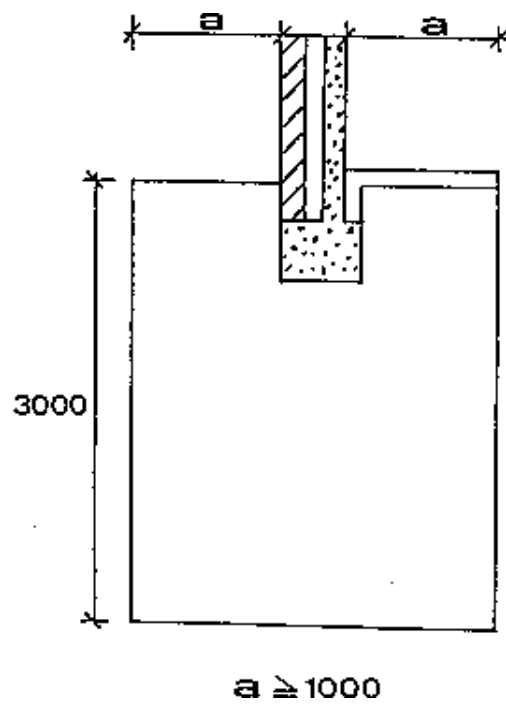
Obrázek 1 – 2-D model se čtyřmi pobočnými prvky a středním prvkem. F1 až F4 mají konstantní průřez. C je zbývající část



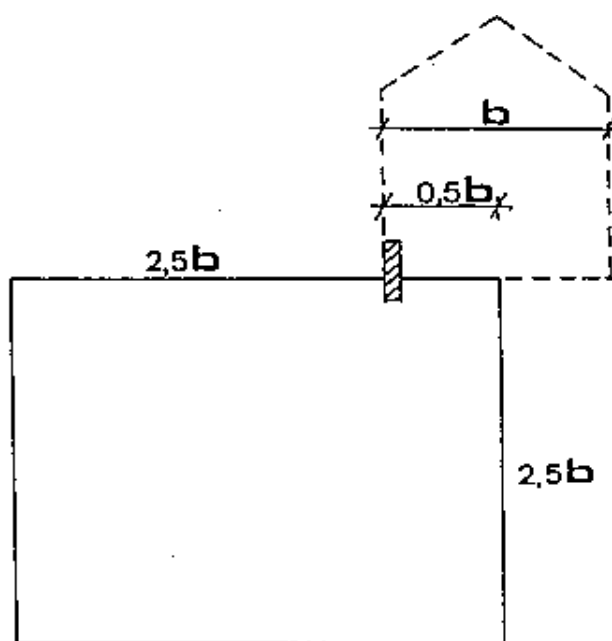
Obrázek 2 – Umístění řezu rovin vzdálených 1 m od středního prvku



Obrázek 3 – Symetrické roviny, které mohou být použity jako řez rovin



Obrázek 4a: Rozměry zeminy – výpočet povrchové teploty



Obrázek 4b: Rozměry zeminy – výpočet tepelného toku

Pomocné roviny

Počet pomocných rovin v modelu musí být právě takový, že přidání dalších rovin nezmění výsledek výpočtu poměrného rozdílu teploty o více než 0,005.

Poznámka: Splnění tohoto požadavku je v mnoha případech dosaženo následující volbou vzdáleností:

a) vzdálenost mezi sousedními paralelními rovinami nemá přesáhnout tyto hodnoty:

- 25 mm od středního prvku
- mezi bočními prvky, měřeno od konstrukčních řezů oddělujících střední prvek a boční prvky:
- 25, 25, 50, 50, 50, 100, 500, 1000, 2000 a 4000 mm.

Pro konstrukce s menšími rozměry (např. okenní profily) je potřebné jemnější dělení.

Výpočtové hodnoty

Viz článek 6 v ČSN EN ISO 10211 – 1.

Poznámka: Části článků 6. 2. 1 a 6. 2. 3 v ČSN EN ISO 10211 – 1 se nepoužívají.

Výpočtové metody

Výpočtový program může být ověřen podle přílohy A v ČSN EN ISO 10211 – 1.

Pravidla výpočtu

V rovinách řezů se uvažují adiabatické podmínky (tj. nulový tepelný tok) , s výjimkou vodorovných řezů v zemině v případě, počítá-li se povrchová teplota. Teplota těchto řezů odpovídá roční průměrné vnější teplotě vzduchu.

Rozložení teploty uvnitř každé buňky modelu se počítá interpolací mezi teplotami v uzlech.

Poznámka: Je postačující lineární interpolace.

Stanovení tepelné propustnosti L^{2D} , tepelného toku a lineárního součinitele prostupu tepla

Uvažují se pouze dvě okrajové teploty, vnější a vnitřní teplota.

Stanovení tepelné propustnosti L^{2D} a tepelného toku

Tepelný tok Φ z vnitřního do vnějšího prostředí je dán vztahem

$$\Phi = L^{2D} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

kde L^{2D} je lineární tepelná propustnost získaná z 2-D výpočtem prvku oddělujícího dvě uvažovaná prostředí.

Stanovení lineárního součinitele prostupu tepla

Je dán vztahem

$$\psi = L^{2D} - \sum_{j=1}^j U_j \cdot l_j$$

kde ψ je lineární součinitel prostupu tepla lineárního tepelného mostu oddělujícího dvě uvažovaná prostředí,
 U_j – součinitel prostupu tepla 1-D prvku j oddělujícího dvě uvažovaná prostředí,
 l_j – délka uvažovaná při stanovení hodnoty U_j .

Stanovení teploty na vnitřním povrchu

Obvykle se uvažují dvě okrajové teploty. Třetí okrajová teplota přichází v úvahu jen tehdy, když je součástí geometrického modelu také zemina.

Dvě okrajové teploty

V tomto případě se stanoví povrchová teplota ze vztahu v bezrozměrném tvaru

$$\zeta_{Rsi}(x, y) = \frac{\theta_i - \theta_{si}(x, y)}{(\theta_i - \theta_e)}$$

nebo

$$f_{Rsi}(x, y) = \frac{\theta_{si}(x, y) - \theta_e}{(\theta_i - \theta_e)}$$

kde $\zeta_{Rsi}(x, y)$ je poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu v bodě (x, y) ,

$f_{Rsi}(x, y)$ - teplotní činitel vnitřního povrchu v bodě (x, y) ,

$\theta_{si}(x, y)$ - teplota na vnitřním povrchu v bodě (x, y) ,

θ_i - teplota vnitřního vzduchu,

θ_e - teplota vnějšího vzduchu.

Poměrný teplotní rozdíl vnitřního povrchu a teplotního činitele musí být stanoven s menší chybou než 0,005.

Tři okrajové teploty

Jestliže je součástí geometrického modelu také zemina, uplatňují se při výpočtu tři okrajové teploty. V tomto případě je nutno použít váhového činitele g . Teplotní váhové činitele umožňují výpočet teploty v jakémkoliv místě na vnitřním povrchu se souřadnicemi (x, y, z) ve formě lineární funkce libovolné množiny okrajových podmínek.

Teplotní váhový činitel pro místo (x, y) je dán vztahem

$$\theta_{si}(x, y) = g_1(x, y) \cdot \theta_1 + g_2(x, y) \cdot \theta_2 + g_3(x, y) \cdot \theta_3$$

s podmínkou

$$g_1(x, y) + g_2(x, y) + g_3(x, y) = 1$$

Způsob výpočtu váhových činitelů je příloze A.

Vnitřní povrchová teplota θ_{si} v určitém místě se vypočítá prostřednictvím zjištěných hodnot g_1 , g_2 a g_3 a skutečných okrajových teplot z výše uvedené rovnice.

V normě se dále vyjmenovávají vstupní a výstupní data.

V příloze A (informativní) je popsán způsob stanovení váhových činitelů pro tři okrajové podmínky, v příloze B (informativní) zjednodušená metoda výpočtu teploty na vnitřním povrchu v průřezu tepelného mostu.

17. CEN/TC 89 N 667 E METODA VÝPOČTU SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA ZÁVĚSOVÝCH STĚN

1. Úvod

Nejspolehlivějším způsobem stanovení součinitele prostupu tepla závěsových stěn je experimentální způsob.

Existují však situace, ve kterých je užitečné využít výpočetních postupů, např. při předběžných nebo orientačních úvahách o skladbě závěsových stěn, při kontrolních a porovnávacích výpočtech ap.

Tomuto problému se věnuje norma CEN/TC 89 N 667 E :
Curtain walling-Calculation of thermal transmittance-Simplified method (1998-07-09).

Uvádí se v ní, že nahrazuje dosud neexistující normu EN.

Metoda výpočtu součinitele prostupu tepla závěsových stěn je založena na stanovení výsledné hodnoty jako váženého průměru součinitele prostupu tepla zasklení a neprůsvitné části.

U zasklené části (okna) se stanovuje hodnota součinitele prostupu tepla rovněž jako vážený průměr zasklení, rámu a křídel.

Nejsložitější je však problém zahrnutí vlivu přiléhajících částí k závěsové stěně na hodnotu součinitele prostupu tepla. Tento problém se samozřejmě dnes už řeší poměrně snadno, pokud je k dispozici výpočetní program umožňující řešit dvojrozměrné, popř. trojrozměrné teplotní pole. Aby nebyl konstruktér nebo tepelný technik odkázán jen na takové programy, je vypracován výpočetní postup ke stanovení součinitele prostupu tepla závěsových stěn založeným na zjednodušujících předpokladech, a to je obsahem citované normy.

Závěsová stěna se považuje za systém skládajícím se ze zasklené části a z neprůsvitné části, které jsou upevněné na rámech. Ve výpočtu se nepředpokládá jejich zastínění.

2. Použitelnost metody

Předložená metoda je použitelná k řešení následujících problémů:

- různých typů zasklení (sklo nebo plast, jednoduché zasklení, vícenásobné zasklení, s nízkou nebo běžnou emisivitou

povrchů skel, s mezerami vyplněnými vzduchem nebo jinými plyny)

- rámu vyrobených z kovu, dřeva, UPVC s nebo bez tepelných mostů
- různých typů neprůsvitných panelů opláštěvaných kovovým, skleněným, keramickým pláštěm nebo pláštěm z jiného materiálu.

Ve výpočtu není zahrnut

- efekt slunečních zisků
- tepelná ztráta větráním
- kondenzace vodní páry

- vliv ventilace v dvojitých nebo zdvojených oknech v neprůsvitných panelech a stěnových plochách
- vliv přídavných tepelných ztrát v koutech a rozích závěsových stěn.

3.Značky a symboly

A - plocha, m^2

T - teplota, K

U - součinitel prostupu tepla, $W/(m^2K)$, speciálně:

U_f - součinitel prostupu tepla rámu, U_g - součinitel prostupu tepla zasklení,

l - délka, m

ψ - lineární součinitel prostupu tepla, $W/(m K)$

Indexy:

w - okno,

cw - závěsová stěna,

d - rozvinutí

e - vnější

f - rám

g - sklo

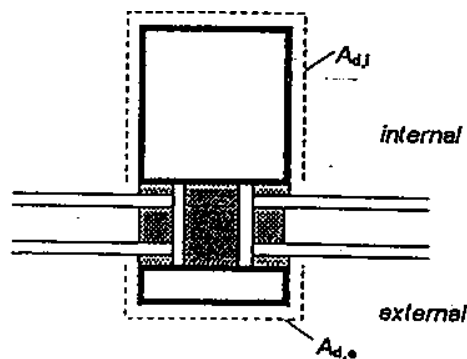
i - vnitřní

m - dělicí sloupek

p - panel (neprůsvitný)

t - vodorovná příčle

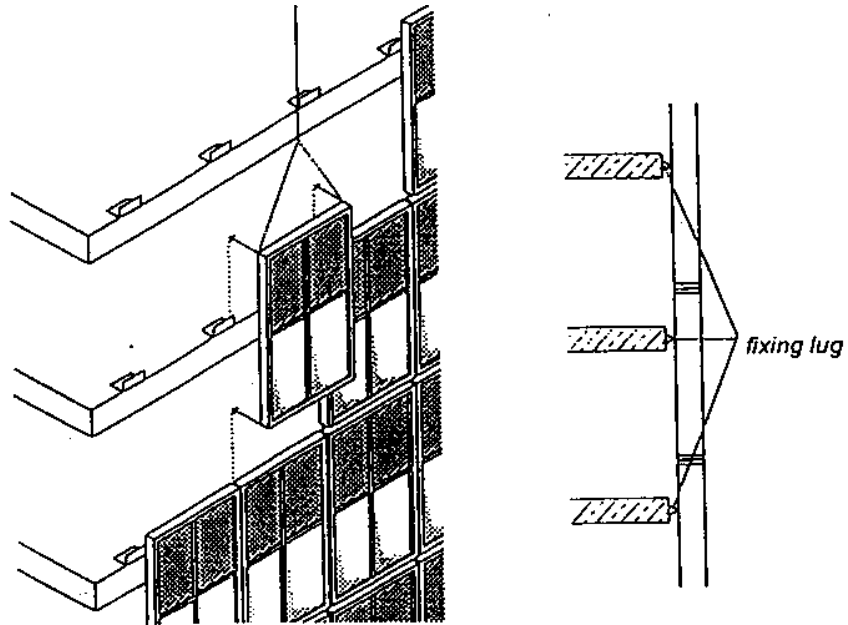
Na obr.1.1 je znázorněna rozvinutá vnější a vnitřní plocha.



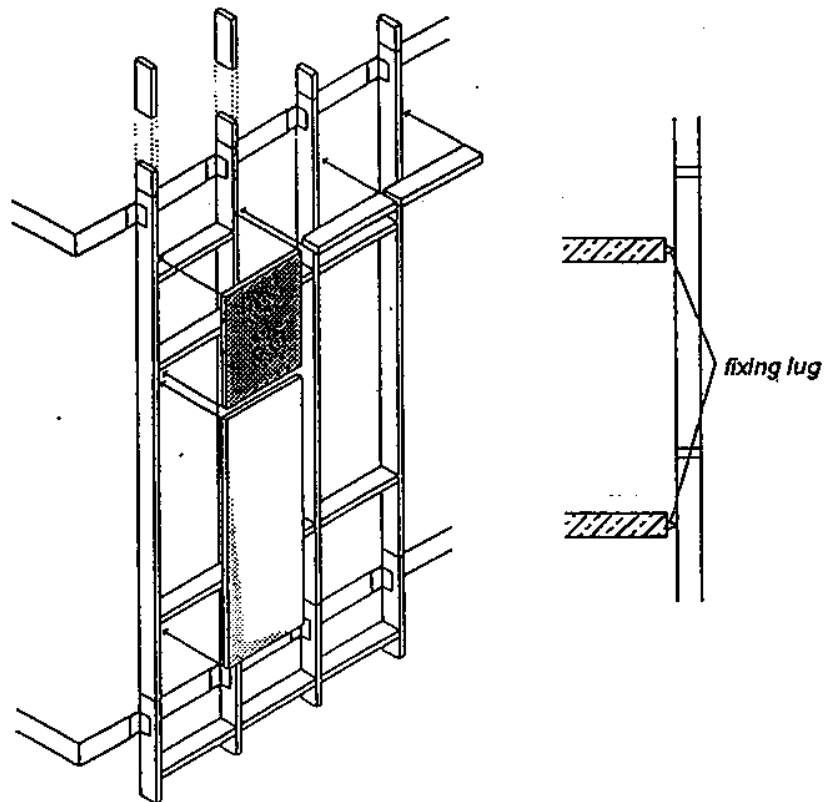
Obrázek 1.1: Vnitřní a vnější rozvinutá plocha

4.Geometrické charakteristiky

Základní principy stěn závěsových systémů jsou ukázány na obrázcích 1.2 a 1.3.

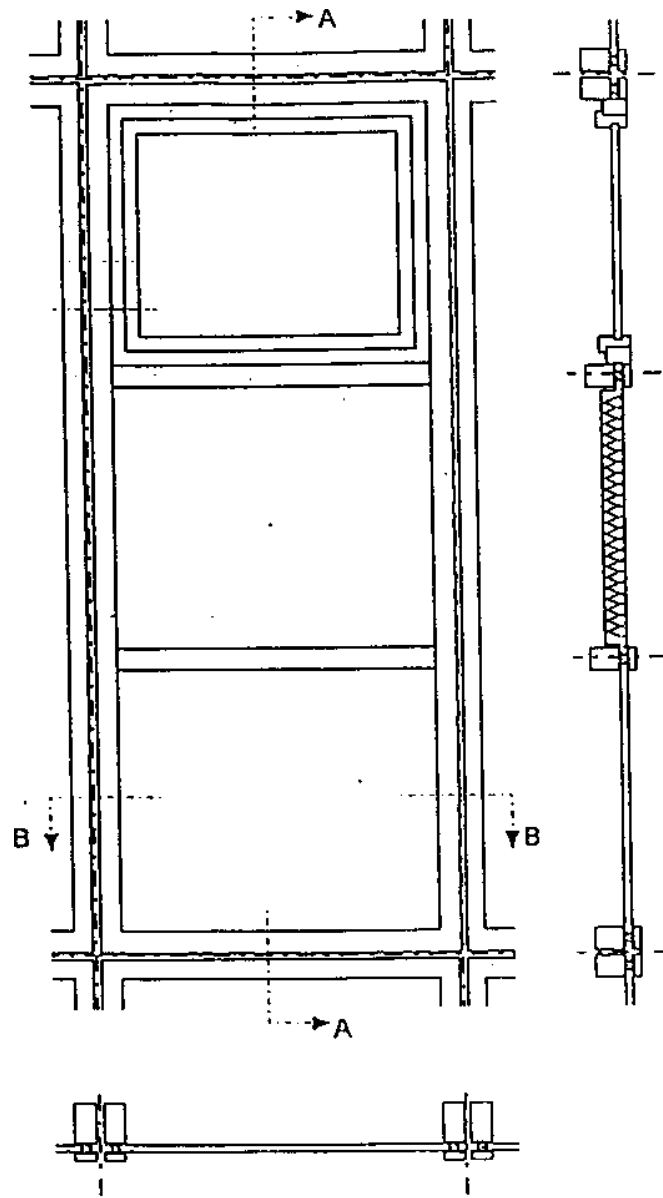


Obrázek 1.2 Princip konstrukce 1

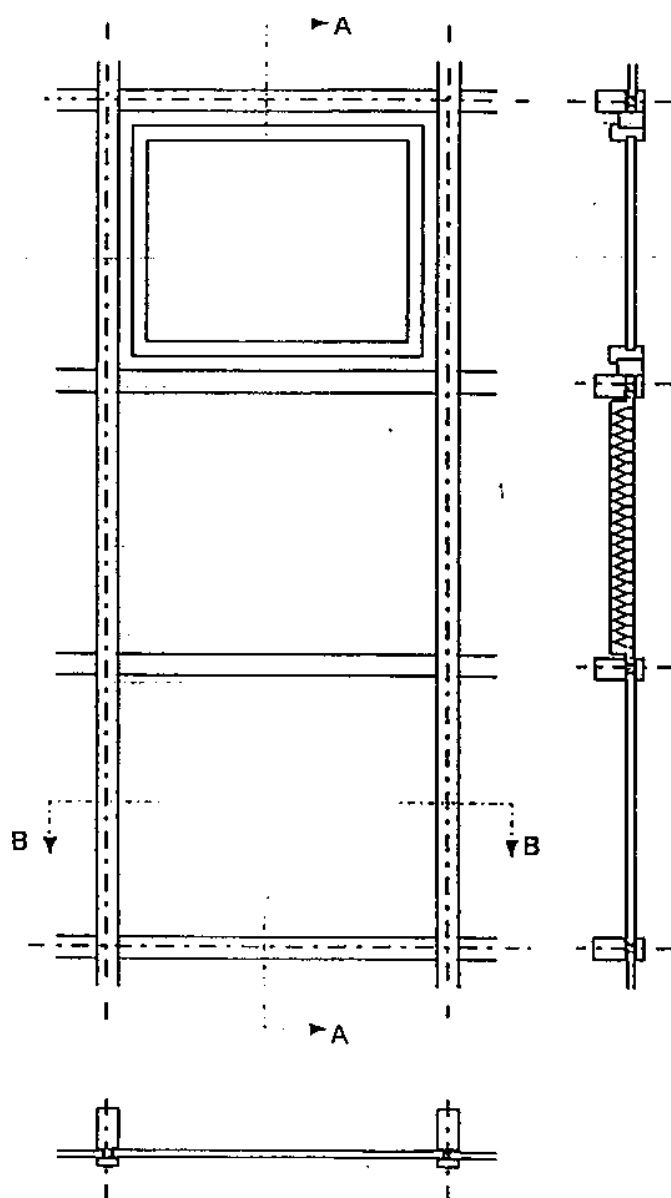
Obrázek 1.3. Princip konstrukce 2
4.1 Definice ploch

Předpokládá se, že obvod mezi oddělenými plochami je stálý.

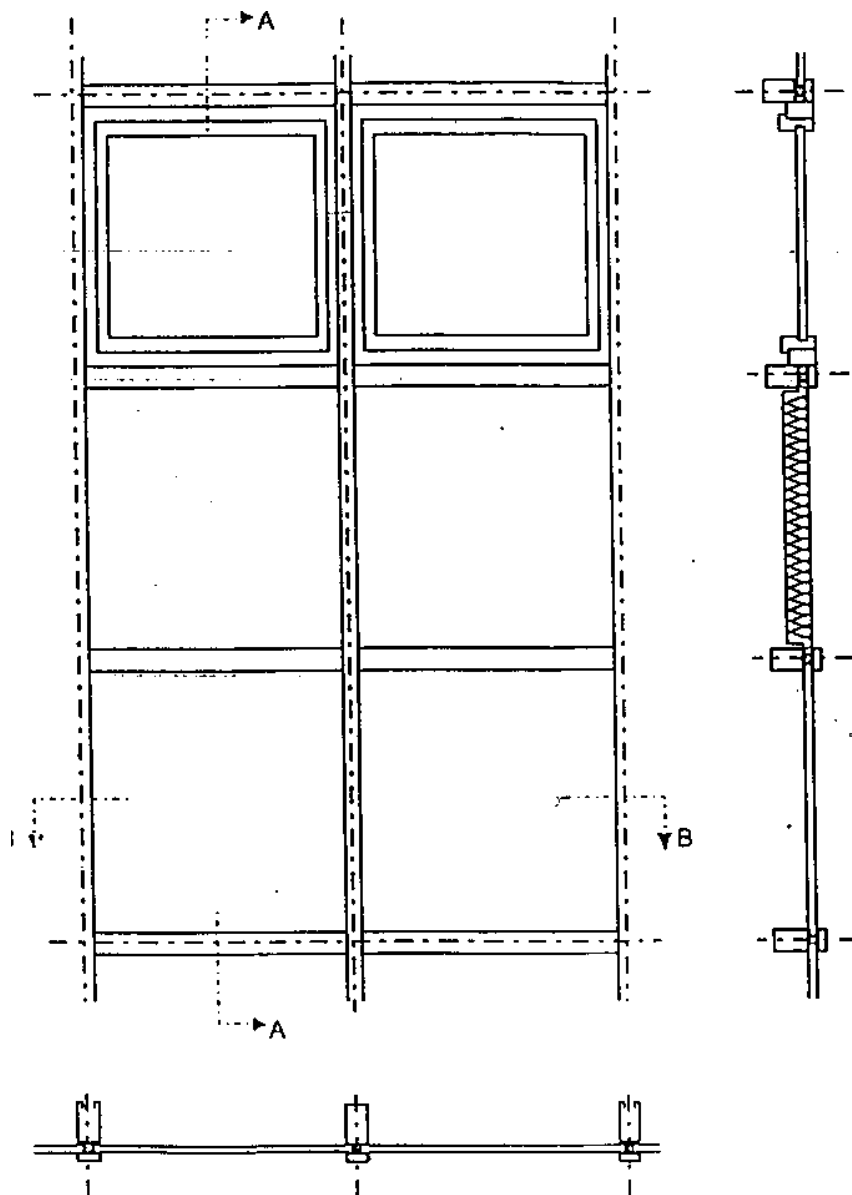
Obvod úplného prvku se stanovuje podle principů uvedených na obrázcích 2.1 až 2.4.



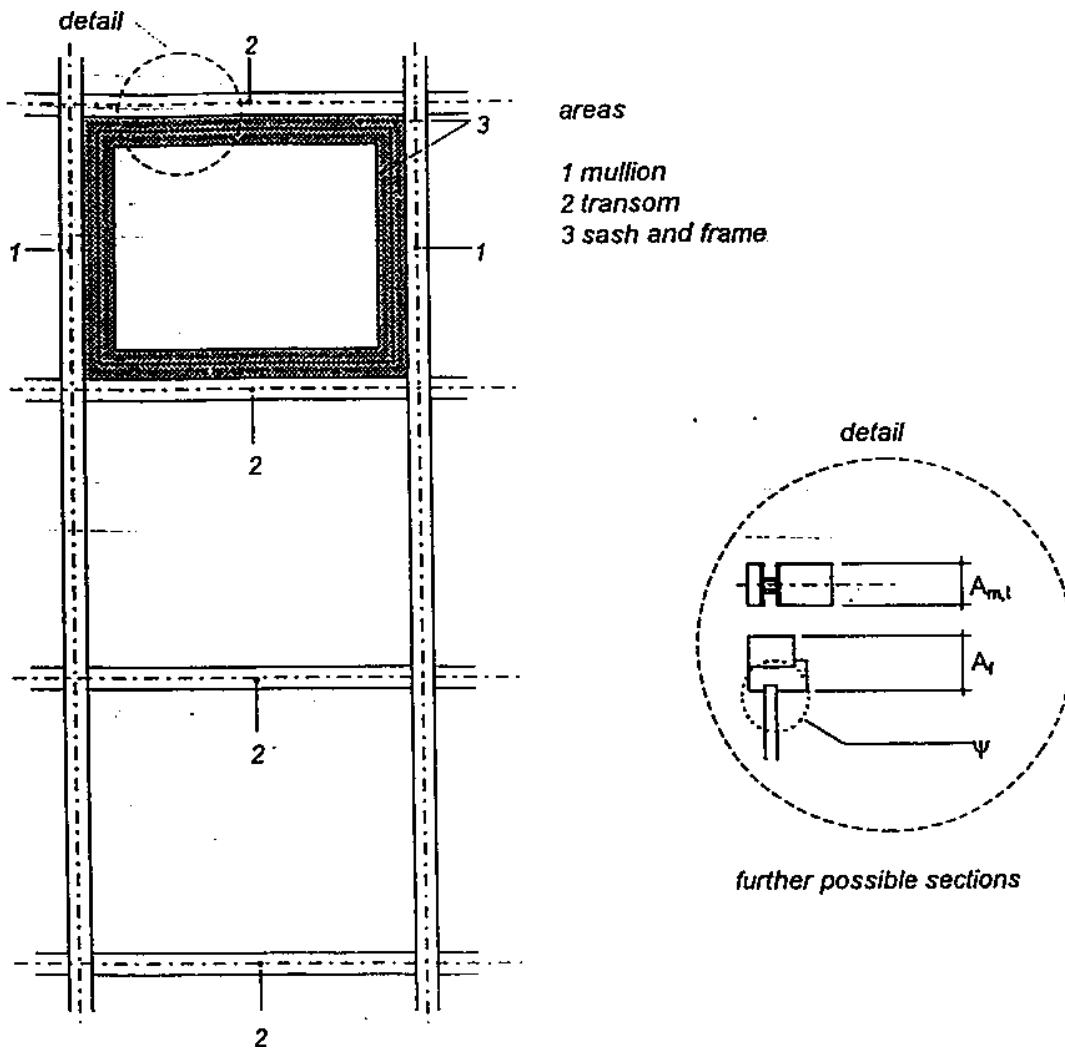
Obrázek 2.1 – Obvod a modul fasády typu 1 v případě rámové konstrukce



Obrázek 2.2 – Obvod a modul fasády typu 2 v případě vetknuté konstrukce



Obrázek 2.3 – Obvod ve smíšené konstrukci



Obrázek 2.4 – Definice ploch okenního křídla, rámu a dělicího sloupku a vodorovné příčle

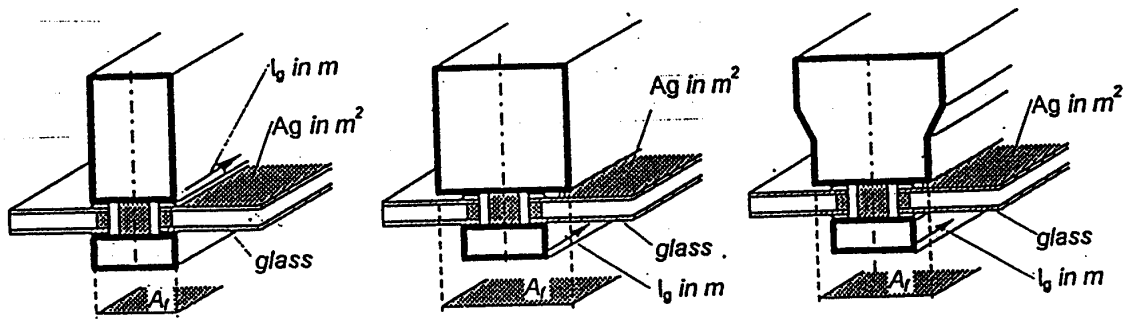
4.2 Plocha zasklení a neprůsvitné části stěny

Dílčí plocha zasklení A_g nebo neprůsvitného panelu A_p je menší než může být pozorovatelná plocha z obou stran - viz obrázek 3.

Všechny výstupky zasklené plochy vzniklé z důvodu těsnění jsou zanedbávány.

4.3 Celkový vizuální obvod zasklení nebo neprůsvitné části stěny

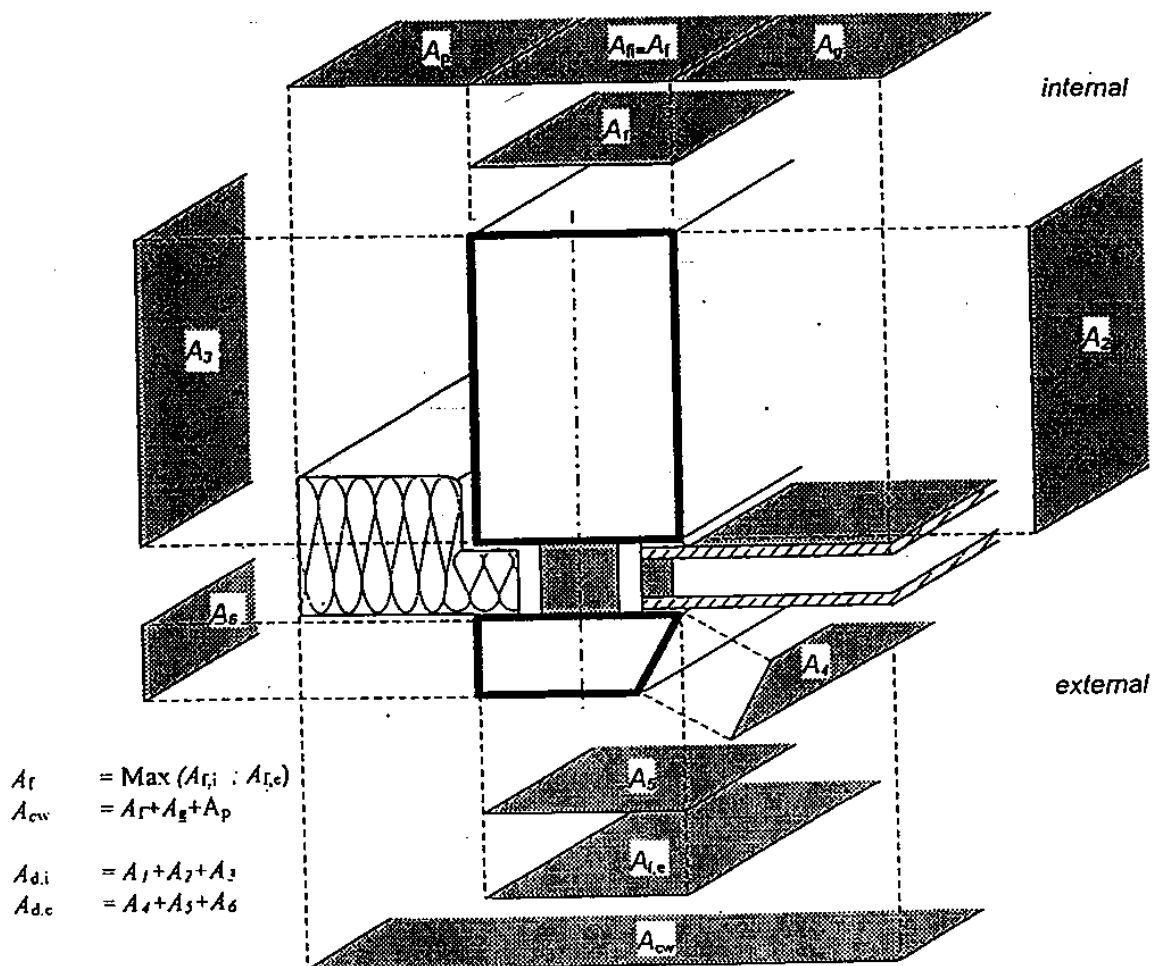
Celkový obvod zasklení l_g (nebo neprůsvitného panelu l_p) je dán součtem viditelného obvodu skleněného panelu (nebo neprůsvitného panelu). Jestliže jsou viditelné obvody rozdílné z obou stran, použije se ten, který je větší - viz obrázek 3.



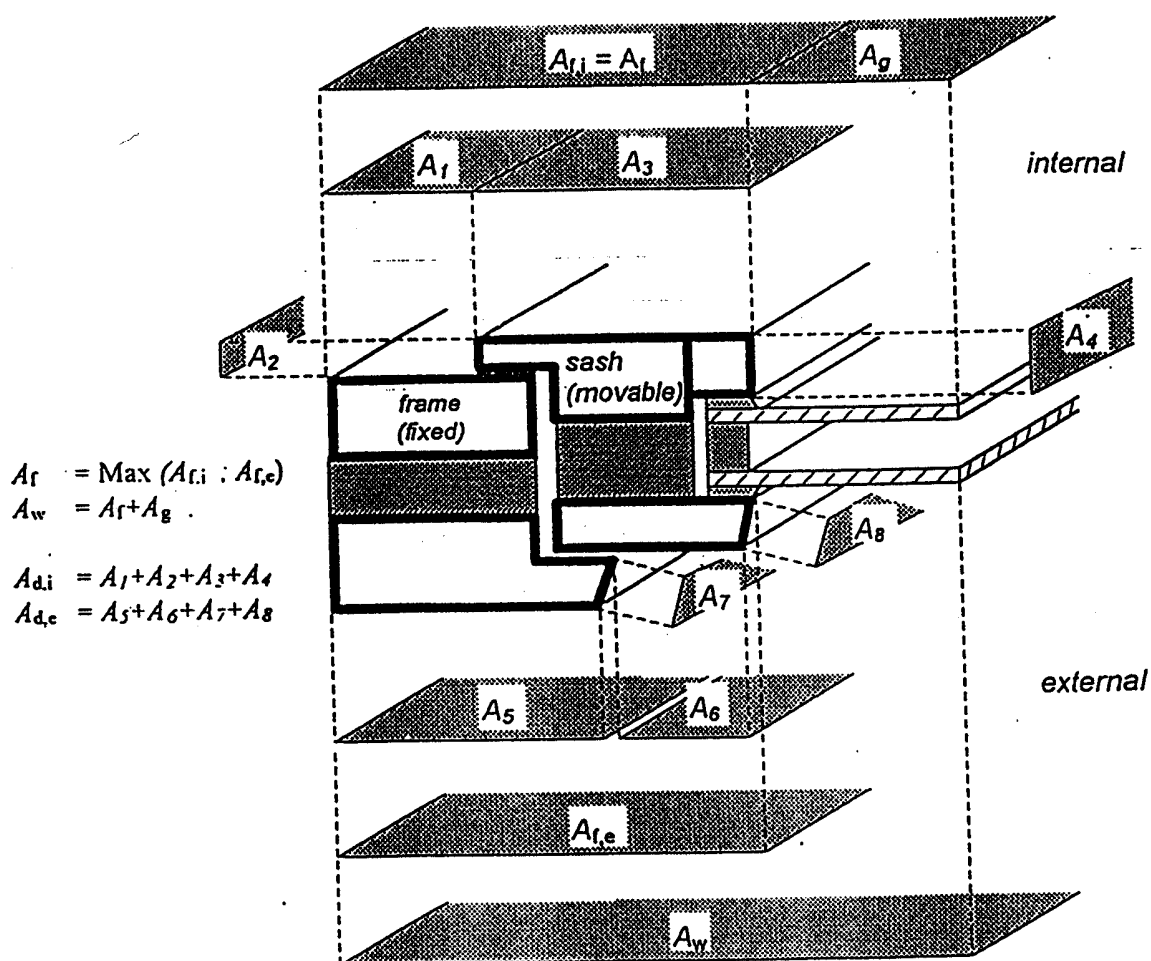
Obrázek 3 Znárodnění zasklené plochy a obvodu

4.4 Plocha rámu

Definice ploch - viz také obrázek 4.1 a 4.2



Obrázek 4.1 Znárodnění různých ploch v sekci dělicího sloupku a vodorovné příčle



Obrázek 4.2. Znáornění různých ploch v sekci rám – okenní křídlo

$A_{f,i}$ - Vnitřní průmět plochy rámu

Vnitřní průmět plochy rámu je plocha průmětu vnitřního rámu na plochu paralelní se zasklením.

$A_{f,e}$ - Vnější průmět plochy rámu

Vnější průmět plochy rámu je plocha průmětu vnějšího rámu na plochu paralelní se zasklením.

A_f - Plocha rámu

Jako výpočtová plocha rámu se uvažuje větší plocha průmětu z obou ploch viditelných z obou stran.

$A_{d,i}$ - Vnitřní rozvinutá plocha rámu

Vnitřní rozvinutá plocha rámu je plocha rámu, která je v kontaktu s vnitřním vzduchem - viz obrázek 1.1.

$A_{d,e}$ - Vnější rozvinutá plocha rámu

Vnější rozvinutá plocha rámu je plocha rámu, která je v kontaktu s vnějším vzduchem - viz obrázek 1.1.

4.5 Celková plocha

Plocha okna A_w v m^2 je součet plochy rámu A_f a zasklení A_g a plochy panelu A_p .

5. Výpočet prostupu tepla

5.1 Prostup tepla modulu

Hodnoty U_f okenních křídel a rámu, stejně jako vodorovných příčlů a sloupků jsou stanovovány samostatně. Plochy jednotlivých částí jsou definovány na obrázku 2.4.

Prostup tepla modulu a závěsového systému C_{cw} se stanovuje podle rovnice :

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum l_g \psi_g + \sum l_p \psi_p}{\sum A_g + A_f + A_p}$$

kde U_g , U_p - prostup tepla zasklení a panelu,

U_f - prostup tepla rámu,

ψ_g , ψ_p - lineární prostup tepla zahrnující kombinaci tepelného efektu výplně a rámu (další symboly jsou definovány v odstavci 2).

Hodnoty lineárního prostupu tepla ψ_g jsou v tabulce A.1 v Příloze A nebo mohou být vypočteny podle prEN ISO 10077-2.

V případě jednoduchého zasklení, ψ_g se uvažuje ve výše uvedené rovnici rovno nule.

Hodnoty lineárního prostupu tepla ψ_p jsou v tabulce A.2 v Příloze A nebo mohou být vypočteny podle prEN ISO 10077-2.

5.2. Prostup tepla zabudované fasády o různém modulu

Výpočet $U_{cw, tot}$ celé fasády, zabudované mimo modul s různou velikostí a/nebo odchylkou, se počítá podle rovnice:

$$U_{cw, tot} = \frac{\sum U_{cwi} \cdot A_{cwi}}{\sum A_i}$$

kde $\sum U_{cwi}$ - součet hodnot prostupu tepla různých modulů,

$\sum A_i$ - součet ploch různých modulů.

5.3. Interakce mezi stěnou a přiléhajícími částmi ke stěně

5.3.1. Kout skla

Použije se tabulek v Příloze E a/nebo procedura specifikovaná v prEN ISO 10077-1 a 2.

5.3.2. Kout panelu

Použije se tabulek v Příloze E a/nebo procedura specifikovaná v prEN ISO 10077-2.

6. Vstupní data

Tepelné vlastnosti použité k vyhodnocení prostupu tepla závěsových stěn a postupy se získají v následujících normách

- Příloha A Hodnoty lineárního prostupu tepla
- prEN 12412-2 Naměřené hodnoty U ráků
- EN ISO 6946 Stavební části a prvky - Tepelný odpor a prostup tepla - Metoda výpočtu
- prEN 673 Tepelná izolace zasklení - Výpočtové postupy k určení prostupu tepla vícenásobného zasklení
- prEN 674 Postupy měření při stanovování prostupu tepla (U_g - hodnoty) vícenásobného zasklení (metoda teplé desky)
- prEN 1098 Postupy měření při stanovování prostupu tepla (U - hodnoty) vícenásobného zasklení (Kalibrace a metoda teplé desky)
- prEN ISO 10077-1 části oken a dveří - Prostup tepla - část 1 - Jednoduchá metoda
- prEN ISO 10077-2 části oken a dveří - Prostup tepla - část 2 - Numerický výpočet
- CEN/TC 89 N 422 Stavební materiály a výrobky – energetické vlastnosti
 - Tabulkové hodnoty pro navrhování

Není-li možné provést měření nebo výpočet, je možno použít hodnot uvedených v prEN ISO 1007-1.

Norma dále obsahuje:

Přílohu A (normativní) - Lineární prostup tepla spojení rám/panel.

Přílohu B (informativní) – Principy výpočtu plošné hustoty prostupu tepla U_{cw} závěsové stěny.

Přílohu C – Příklad výpočtu.

18.prEN 832:1994 Tepelné chování budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění obytných budov).

Tato norma popisuje jednoduchou metodu pro hodnocení bytových domů z hlediska spotřeby energie, která je nutná pro vytápění.

Způsob výpočtu umožňuje stanovit:

- a) tepelnou ztrátu při vytápění budovy s konstantní teplotou,
- b) potřebné množství energie za rok, která je nutná k udržování požadované vnitřní teploty,
- c) roční energii spotřebovanou otopnou soustavu při vytápění budovy.

Budova se přitom může rozdělit na několik zón, jsou-li v ní požadované teploty rozdílné. Výpočet se může dále provádět po měsících, nebo pro celé vytápěcí období.

Poznámka: V dalším textu se ponechává číslování jednotlivých článků uplatněné v prEN 832.

4 Úvod

4.1 Výpočet spotřeby energie je založen na energetické bilanci obsahující tyto složky:

- * tepelnou ztrátu prostupem a větráním mezi vnitřním a vnějším prostředím
- * tepelnou ztrátu prostupem a větráním vznikající uvnitř zóny
- * vnitřní tepelné zisky
- * tepelný zisk ze slunečního záření
- * činitele využití tepelných zisků
- * účinnost zdroje tepla, rozdělenou na výkon otopné soustavy a regulaci otopné soustavy
- * přívod energie do otopné soustavy budovy

4.2 Způsob výpočtu platí pro nové budovy. Může se však uplatnit také pro stávající budovy - v tomto případě jsou v Příloze A doplňkové pokyny.

4.3 Stanovení hranic a zón

Hranice vytápěného prostoru tvoří stěny, poslední podlaží a plochá střecha nebo střecha oddělující vytápěný prostor od nevytápěného prostoru nebo od vnějšího vzduchu.

Vytápěný prostor se může, je-li to účelné, rozdělit na více teplotních oblastí - zón. Jestliže se však vytápěný prostor vytápí na stejnou teplotu a když jsou vnitřní zisky a zisky ze slunečního záření relativně malé nebo téměř stejné pro rozdělenou budovu, provádí se výpočet pro budovu uvažovanou jako jedna zóna.

Rozdělení na více zón není nutné, když:

- požadované teploty v jednotlivých zónách se neliší o více než 4 K a podíl ztrát a zisků je menší než 0,4
- dveře mezi jednotlivými zónami budou pravděpodobně otevřené

- zóna je malá a při výpočtu lze očekávat, že nevznikne větší chyba při stanovení celkové tepelné ztráty budovy větší než 5 %, uvažuje-li se jako jedna zóna.

4.4 Výpočtové údaje

Zdroje a výpočtové údaje: Pokud nejsou k dispozici žádné evropské normy, používají se údaje národních norem nebo jiné podklady. V informativních přílohách této normy jsou číselné údaje, popř. způsoby výpočtu na jejichž základě je možno požadované hodnoty stanovit.

Výpočtové údaje vztahované k budově:

V - vytápěný prostor,

V_u - prostor ohraničující nevytápěnou zónu (n),

C - vnitřní tepelná kapacita vytápěné zóny podle 7.2,

τ - časová konstanta vytápěné zóny,

η_h - účinnost vytápěcí soustavy.

Klimatické údaje:

- měsíční nebo roční průměrné teploty vnějšího vzduchu, θ_e

- měsíční nebo roční globální sluneční záření na plochu v každém směru, q_{sj} (J/m^2).

Údaje o vnitřním prostředí

- požadovaná vnitřní teplota, θ_i

- průměrná hodnota vnitřních tepelných zisků vztahující se k časovému úseku výpočtu, Φ_i

- doba přerušení vytápění a větrání

5 Tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta budovy, uvažovaná jako jedna zóna, při konstantní a stejné vnitřní teplotě, v uvažovaném časovém úseku, je:

$$Q_i = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t \quad (2)$$

kde θ_i je vnitřní teplota,

θ_e - vnější teplota,

t - čas,

H - jednotková tepelná ztráta budovy,

$$H = H_T + H_V + H_G \quad (3)$$

H_T - jednotková tepelná ztráta prostupem, podle 5.1,

H_G - jednotková tepelná ztráta zeminou (podlahou na rostlé půdě), podle 5.2,

H_V - jednotková tepelná ztráta větráním, podle 5.3.

Jednotkový tepelný tok nevytápěnou zónou se stanoví ze vztahu

$$H_{ie} = H_{ue} \cdot b = H_{iu} \cdot (1 - b) \quad (4)$$

kde b je činitel redukce,

$$b = \frac{H_{iu}}{H_{iu} + H_{ue}} \quad (5)$$

H_{iu} - jednotková tepelná ztráta mezi vnitřním prostorem a nevytápěnou zónou,
 H_{ue} - jednotková tepelná ztráta mezi nevytápěnou zónou a vnějším prostředím.

5.1 Jednotková tepelná ztráta prostupem se stanoví podle prEN 33 789.

Poznámka: V příloze E je uveden návod pro uplatnění tepelných mostů.

Co se týká vyhřívání a nevyhřívání prvků obvodového pláště budov - viz Příloha C.

5.2 Tepelná ztráta podlahou na rostlé půdě H_G se stanovuje podle prEN 1190. Je v ní také výpočet měsíční ztráty zeminou a rovněž jednoduchý způsob výpočtu stacionární jednotkové tepelné ztráty zeminou H_G .

Poznámka: V mnoha případech, ve smyslu předložené normy, je vyhovující stacionární složka jednotkové tepelné ztráty zeminou.

Ztráta zeminou Q_G má být stanovena pro každý časový úsek výpočtu t zvlášť, jestliže tvoří podstatnou část celkové tepelné ztráty, nebo když ztráta zeminou má ve výpočtu zvláštní význam.

V tomto případě se H_G vypočítá ze vztahu:

$$H_G = \frac{Q_G}{(\theta_i - \theta_e) \cdot t} \quad (6)$$

5.3 Jednotková tepelná ztráta větráním:

$$H_v = V \cdot \rho_a \cdot c_a \quad (7)$$

V - tok větracího vzduchu v budově,
 $\rho_a \cdot c_a$ - objemová tepelná kapacita vzduchu.

Poznámka: Jestliže je V v m^3/h , je $\rho_a \cdot c_a = 0,33 \text{ Wh}/(m^3K)$.
 Použije-li se jednotka SI, je V v m^3/s a $\rho_a \cdot c_a = 1200 \text{ J}/(m^3K)$.

Tok větracího vzduchu V_v se může stanovit na základě výměny vzduchu n :

$$V_v = V \cdot n \quad (8)$$

kde V je prostor vytápěné zóny, stanovené na základě vnitřních rozměrů budovy.

Minimální větrání: Stanovuje se podle národních norem. Nejsou-li v nich potřebné údaje, doporučuje se:

$$n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}, \text{ z toho } V_v = 0,5 \cdot V \text{ m}^3/\text{h} \quad (9)$$

Přirozené větrání: Jako celková výměna vzduchu se uvažuje ta, která je větší z hodnoty n_{\min} a n_d - což je výpočtová hodnota výměny vzduchu, tj.

$$n = \max(n_{\min}; n_d) \quad (10)$$

Nejsou-li k dispozici údaje v národních normách, mohou se použít průměrné hodnoty z tabulek F.2 a F.3 v Příloze F.

(Problematika mechanického větrání a mechanické systémy s výměníky tepla se zde neuvádějí.)

6 Tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky Q_i a zisky ze slunečního záření Q_s tvoří celkové tepelné zisky Q_g :

$$Q_g = Q_i + Q_s \quad (15)$$

6.1 Vnitřní tepelné zisky Q_i

Zahrnují všechny zisky, které se ve vytápěných prostorách vyvíjejí z jiných zdrojů než z otopných soustav, např.

- lidmi
- elektrickými spotřebiči a osvětlením
- čisté zisky z užitkové a odpadní vody.

Průměrné měsíční nebo roční hodnoty se stanoví ze vztahu:

$$Q_i = (\Phi_{ih} + b \cdot \Phi_{iu}) \cdot t = \Phi_i \cdot t \quad (16)$$

kde Φ_{ih} je průměrný tepelný zisk z vnitřních zdrojů ve vytápěné zóně,

Φ_{iu} - průměrný tepelný zisk z vnitřních zdrojů v nevytápěné zóně,

Φ_i - průměrný tepelný zisk z vnitřních zdrojů,
 b - činitel podle rovnice (5).

Poznámka: Existují podstatné rozdíly mezi různými domácnostmi a různými klimatickými zónami a proto by měly být tyto hodnoty uvedeny v národních normách. Nejsou-li k dispozici, doporučuje se uvažovat 5 W na m^2 podlahové plochy vytápěné zóny.

6.2 Zisky ze slunečního záření

$$Q_s = \sum_j q_{sj} \sum_n A_{snj}$$

kde první součet se vztahuje na všechny směry j a druhý na všechny plochy n , na něž sluneční záření dopadá, dále je

q_{sj} - absolutní hodnota globálního slunečního záření ve směru j dopadající na příslušnou plochu v uvažovaném časovém období,

A_{snj} - účinná plocha povrchu přijímající sluneční záření - odpovídá ploše černého tělesa, která má tentýž solární zisk, jako uvažovaná plocha. Zisky ze slunečního záření v nevytápěných zónách se násobí příslušnými redukčními činiteli b stanovenými podle vztahu (5) a připočtou se k tepelným ziskům vytápěné zóny - viz Příloha D.

6.2.2 Účinná přijímající plocha

$$A_{sn} = A_n \cdot (1 - s_n) \cdot F_{Cn} \cdot F_{Fn} \cdot g_n \quad (18)$$

kde A_n - přijímající plocha, např. plocha okna,

s_n - stínící činitel,

F_{Cn} - činitel stálých závěsů (záclon),

F_{Fn} - redukční činitel zahrnující vliv rámců uvažovaných transparentních ploch a odpovídající podílu transparentní plochy a celkové plochy A_n zasklení,

g_n - celková propustnost slunečního záření zasklení n .

6.2.3 Celková propustnost zasklení

Celková propustnost slunečního záření g ve vztahu (18) se stanovuje jako podíl množství energie dopadající na nezastíněný prvek a množství energie, které prvkem prochází. Pro okna a jiné zasklené prvky obvodového pláště je uveden způsob jejího stanovení v prEN 410, kde se určuje jako celková propustnost záření dopadající kolmo na zasklení. Tento údaj g je větší než časově závislá propustnost a proto musí být korigován:

$$g_w = F_w \cdot g \quad (19)$$

Poznámka: Odkazy na tyto činitele korekce jsou, spolu s typickými hodnotami, v Příloze G.

6.2.4 Stínící činitelé

Stínící činitel s , jehož rozsah je mezi 0 a 1, se redukuje v důsledku

- stínění jinými budovami
- stínění okolním prostředím
- stínění vyššími budovami
- stínění jinými prvky vlastní budovy
- polohou oken ve vztahu k vnější hraně obvodových stěn.

Stanoví se ze vztahu:

$$s = 1 - \frac{q_{s, ps}}{q_s} \quad (20)$$

kde $q_{s, ps}$ je absolutní hodnota intenzity záření, která dopadá na přijímající plochu se stálým stíněním v uvažovaném časovém intervalu,
 q_s absolutní hodnota intenzity záření, které dopadá na přijímající plochu nezastíněnou.

Poznámka: V Příloze G jsou některé údaje stínících činitelů.

6.2.5 Stínící prvky

Vliv stínících prvků se uvažuje tehdy, když působí trvale. Tento činitel je dán podílem průměrné hodnoty slunečního záření, které proniká do budovy se stínícími prvky a hodnotou slunečního záření, které proniká do budovy bez stínících prvků - hodnoty jsou v Příloze G.

6.2.6 Zvláštní prvky

Pro zvláštní prvky, jako jsou skleníky, transparentní tepelné izolace, větrané stěny ap., jsou uvedeny způsoby stanovení stínícího účinku v Příloze C a D.

7 Tepelná ztráta

7.1 Tepelná ztráta při konstantní požadované teplotě:

$$Q_h = Q_l - \eta \cdot Q_g \quad (21)$$

Přitom je $Q_l = 0$ a $\eta = 0$, jestliže je průměrná teplota vnějšího vzduchu vyšší než vnitřní teplota. Účinnost představuje redukci sčítaných tepelných zisků (vnitřních a pasivních solárních zisků). Tímto činitelem se může zahrnout do výpočtu i dynamické chování budovy.

7.2 Účinnost tepelných zisků

Za předpokladu dokonalé regulace otopné soustavy lze využít pro hodnocení účinnosti tepelných zisků následující parametr -

podíl : zisk/ztráty, y :

$$y = \frac{Q_g}{Q_l} \quad (22)$$

a dále časová konstanta τ , která označuje tepelnou zátěž vytápěné zóny:

$$\tau = \frac{C}{H} \quad (23)$$

kde C je účinná vnitřní tepelná kapacita, tzn. množství tepla, které je akumulováno ve stavbě (ve stavebních konstrukcích), za předpokladu, že vnitřní teplota se mění sínusově s periodou 24 h a amplitudou 1 K. V Příloze H je uveden postup výpočtu tepelné kapacity.

Tato účinná tepelná kapacita se může stanovit také podle národních norem v závislosti na typu budovy. Tato hodnota může být považována za dostatečně přesnou, jestliže je 10 krát menší než ztráty.

Účinnost se stanoví ze vztahu:

$$\eta = \frac{1 - y^a}{1 - y^{a+1}}, \quad \text{když } y \neq 1 \quad (24)$$

$$\eta = \frac{a}{1 + a}, \quad \text{když } y = 1 \quad (25)$$

kde a je číselný parametr, který závisí na časové konstantě τ_0 a stanoví se z rovnice:

$$a = a_0 + \frac{\tau}{\tau_0} \quad (26)$$

Hodnoty a_0 a τ_0 jsou v tabulce:

	a_0	τ_0 (h)
výpočet po měsících	1	16
celoroční výpočet	0,8	28

Hodnoty účinnosti pro výpočet po měsících a pro různé hodnoty časové konstanty jsou na obrázku 2 v prEN 832.

Poznámka: Účinnost je vyjádřena nezávisle na vlastnostech otopné soustavy, protože se předpokládá dokonalá teplotní regulace a okamžitá reakce. Účinek setrvačnosti otopné soustavy s nedokonalou regulací může být rovněž významný a závisí na podílu: zisk/ztráty a může být zahrnut do výpočtu účinnosti regulačního systému – viz 9.2.

7.3 Účinek přerušovaného vytápění

Přerušování otopného provozu (vytápění) vede, v důsledku poklesu průměrné vnitřní teploty, ke zmenšení spotřeby energie – výpočet - viz 7.1, kde se dosazuje místo požadované teploty průměrná vnitřní teplota. Zmenšení tepelné ztráty se pak může vypočítat přímo.

Poznámka: Účinek přerušovaného vytápění je nejvýhodnější regulovat v národních normách. Nejsou-li v nich potřebné údaje, lze použít postup uvedený v Příloze J.

8 Roční tepelná ztráta

8.1 Výpočet po měsících

Roční tepelná ztráta je dána součtem měsíčních hodnot – přitom není stanovena doba vytápění:

$$Q_h = \sum_h Q_{nh} \quad (27)$$

8.2 Výpočet za rok

Následující popsany způsob platí pro bytové stavby, ve kterých se uvažuje jedna zóna a je známá doba vytápění (otopného období) t .

8.2.1 Stanovení délky otopného období

První a poslední den otopného období se může stanovit pro jednotlivé geografické oblasti a pro typické budovy podle národních norem. Pro kratší otopné období nebo při vysokých tepelných ziscích se doporučuje hranice otopného období stanovit. Za hraniční dny se považují ty dny, ve kterých jsou tepelné zisky a tepelné ztráty v rovnováze, tj. platí-li:

$$\theta_e = \theta_i - \frac{Q_g}{H \cdot t} \quad (28)$$

kde θ_e je vnější teplota,

θ_i - vnitřní teplota,

Q_g - vnitřní a solární zisky,

H - jednotková tepelná ztráta,

t - doba, na kterou se vztahuje výpočet.

Tepelné zisky v rov.(28) mohou být stanoveny podle národních norem nebo regionálních hodnot denního globálního slunečního záření vztahujícího se na hraniční dny otopného období. Měsíční průměrné hodnoty denních teplot a tepelné zisky se vztahují k 15.dni měsíce. Lineární interpolací se může stanovit den, pro který je splněna rovnice (28).

8.2.2 Určení tepelné ztráty

Postup:

1. Vypočítají se jednotkové tepelné ztráty H pro otopné období podle odstavce 5.
2. Určí se vnitřní tepelné zisky Q_i podle 6.1.
3. Určí se solární zisky Q_s podle 6.2.
4. Určí se účinnost zisků podle 7.2 s činiteli pro různá časová období podle rov.(26)
5. Vypočítá se tepelná ztráta za otopné období podle vztahu:

$$Q_h = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t - \eta \cdot (Q_i + Q_s) \quad (29)$$

Poznámka: Součin $(\theta_i - \theta_e) \cdot t$ charakterizuje denostupně, které se v různých zemích stanovují různě. Rov. (29) může být přizpůsobena národním normám pro použití denostupňů.

9. Spotřeba energie

Následující definovaná účinnost a tepelná ztráta se vztahuje na tepelný tok a může být použita k určení energie, která je potřebná k vytápění. Součástí otopných soustav jsou různá pomocná a doplňková zařízení (např. čerpadla, ventilátory, regulační prvky ap.), která spotřebovávají obvykle určité množství elektrické energie. Část této energie se získá zpět pro vytápění. Tato zařízení závisí na druhu otopného systému a nejsou v tomto výpočtu uvažována, avšak musí být zahrnuta do energetické bilance budovy. Pro výpočet účinnosti platí prEN xxx.

9.1 Přívod energie

Množství energie Q , které musí přivádět otopná soustava v daném časovém období, se stanoví podle vztahu:

$$Q + Q_r = Q_h + Q_l \quad (30)$$

kde Q je spotřeba energie budovy pro vytápění,

Q_r - teplo, které se získá z provozu pomocných zařízení otopné soustavy a okolí,

Q_h - tepelná ztráta,

Q_l - celkové tepelné ztráty vznikající při provozu otopné soustavy.

9.2 Tepelná ztráta otopné soustavy

Celkové tepelné ztráty jsou:

$$Q_l = Q_e + Q_c + Q_d + Q_g + Q_{gc} \quad (31)$$

kde Q_e - přídavná tepelná ztráta vyvolaná nerovnoměrností teplot. Tato ztráta zahrnuje, mj. přídavné ztráty vnějšími plochami nebo nevytápěnými zónami sáláním a konvekcí mezi otopnými tělesy a za nimi se nacházejícími plochami,

Q_c - přídavná tepelná ztráta vznikající nepružností regulace vnitřní teploty a rozvodného systému. Tato ztráta závisí na vlastnostech regulačního systému a charakterizují otopnou soustavu,

Q_d - tepelná ztráta rozvodného systému, které nepřispívá k tepelné ztrátě. Tyto ztráty závisí na umístění potrubí, jeho tepelné izolaci, teplotě otopného média ap.,

Q_g - tepelná ztráta tepelných zdrojů během provozu a pohotovostního stavu,

Q_{gc} - přídavná tepelná ztráta vznikající nepružností regulace tepelných zdrojů, která závisí podstatně na vlastnostech regulačního zařízení včetně otopné soustavy.

9.3 Účinnost otopné soustavy

Spotřeba energie v budově se může stanovit také ze vztahu:

$$Q + Q_r = \frac{Q_h}{\eta_h} \quad (32)$$

kde účinnost otopné soustavy je definována takto:

$$\eta_h = \frac{Q_h}{Q_h + Q} \quad (33)$$

Norma obsahuje dále následující Přílohy:

A (normativní): Pokyny pro použití normy pro stávající budovy

B (normativní): Způsob výpočtu pro budovy s více zónami

C (normativní): Přídavná tepelná ztráta zvláštních prvků v obvodovém plášti (např. vytápěné stěny, podlahy, stropy, větraná solární stěna ap.)

D (normativní): Solární zisky zvláštních prvků (např. zimní zahrady, skleníky ap.)

E (informativní): Tepelné mosty

F (informativní): Údaje pro hodnocení přirozeného větrání

G (informativní): Údaje o solárních ziscích

H (informativní): výpočet tepelné kapacity

J (informativní): Účinek přerušovaného vytápění

K (informativní): Přesnost metody

L (informativní): Příklad

19.prEN 12831 Otopné soustavy v budovách – Metoda výpočtu návrhových tepelných ztrát

Norma obsahuje předmluvu, úvod, předmět, normové odkazy, definice a symboly, princip metody, postup výpočtu, požadovaná data, návrhové klimatické údaje, vnitřní návrhové teploty, návrhové tepelné ztráty pro místnost a zónu, návrhové tepelné ztráty pro budovu nebo část budovy, pokyny pro výpočet tepelných ztrát ve zvláštních případech, návrhovou tepelnou zátěž, přílohy.

Předmět normy

Tato norma uvádí metodu výpočtu tepelných ztrát pro základní případy při návrhových podmínkách

Základní případy jsou převažujícími ve většině budov, které se v praxi vyskytují s limitovanou výškou místnosti (nepřevyšující 5 m) s předpokladem ustáleného vytápění při návrhových podmínkách. Patří sem obytné budovy, administrativní budovy, školy, knihovny, nemocnice, rekreační objekty, věznice, obchodní domy, průmyslové budovy.

V normě jsou také informace o tom, jak postupovat ve speciálních případech, a to jestliže:

- a) je vytápění přerušované nebo se provozuje zřídka,
- b) jde o vysoké budovy a velké prostory,
- c) teplota vzduchu a průměrná teplota vnitřních ploch se v budovách významně liší.

Princip metody

Princip metody uplatněný pro základní případy se opírá o tyto zásady:

- a) rozdělení teplot (vzduchu a operativní) se předpokládá, že je uniformní,
- b) tepelné ztráty se počítají pro podmínky ustáleného stavu s konstantními hodnotami teplot a charakteristik prvků budov.

Metoda zahrnuje výpočet zóny, část budovy nebo celou budovu a poskytuje výsledky pro dimenzování otopných těles (zónový výpočet) a zásobování teplem (výpočet pro celou budovu).

Předpokládá se její uplatnění v budovách běžně izolovaných (návrhová tepelná ztráta není větší než 60 W na metr čtverečný podlahové plochy) – obytných, obchodních a průmyslových.

Pro výpočet návrhových tepelných ztrát zóny se uvažují tři složky:

- a) tepelné ztráty prostupem, což jsou ztráty do vnějšího prostředí vyvolané vedením tepla prostřednictvím obvodových konstrukcí,
- b) tepelné ztráty větráním, což jsou ztráty do vnějšího prostředí vyvolané větráním nebo infiltrací,
- c) přídatné tepelné ztráty vznikající v důsledku toho, že sousední zóny jsou vytápěny na různé teploty.

Postup výpočtu

Postup výpočtu tepelných ztrát zóny má následující kroky:

- a) stanovení návrhových vnějších teplot, roční průměrné teploty a průměrné rychlosti větru,
- b) specifikování statusu každé zóny a vnitřních návrhových teplot každé vytápěné zóny,
- c) specifikování hranic každé vytápěné a nevytápěné zóny,
- d) stanovení dimenzí a tepelných charakteristik všech prvků budovy pro každou zónu,
- e) výpočet jednotkových tepelných ztrát prostupem a jejich vynásobení návrhovými rozdíly teplot k získání návrhových tepelných ztrát prostupem,
- f) výpočet jednotkových tepelných ztrát větráním a jejich vynásobení návrhovými rozdíly teplot k získání návrhových tepelných ztrát větráním,
- g) výpočet jednotkových tepelných ztrát mezi zónami i a j a jejich vynásobení rozdíly teplot k získání přídatných tepelných ztrát prostupem,

h) součet návrhových tepelných ztrát prostupem, větráním a přídatných tepelných ztrát k získání celkových návrhových tepelných ztrát,

i) součet návrhových tepelných ztrát a tepelných zisků k získání celkového návrhového výkonu.

Požadovaná data

Klimatické údaje

$\theta_{d,e}$ Vnější návrhová teplota

$\theta_{m,e}$ Roční průměrná návrhová teplota

$\theta_{d,i}$ Vnitřní návrhová teplota pro každou zónu

v_m Průměrná rychlost větru

Údaje o budově – pro každou zónu

n_{ex} Minimální výměna vnějšího vzduchu

V Objem zóny nebo nevytápěného prostoru

N_P Počet osob pobývajících v zóně

q_p Minimální tok vnějšího vzduchu na osobu

q_{inf} Tok vzduchu proudící netěsnostmi obvodového pláště

q_{su}, q_{ex} Množství přiváděného a odváděného vzduchu

A_{wr} Plocha vnějších oken, dveří a průduchů

U_j Součinitel prostupu tepla pro každý stavební prvek

A_j Plocha každého stavebního prvku

ψ_k Lineární součinitel prostupu tepla pro každý lineární tepelný most

l_k Délka každého lineárního tepelného mostu

Celkové tepelné ztráty

Stanoví se, pro zónu, z rovnice

$$P_{d,i} = P_{dt,i} + P_{dv,i} + \sum P_{da,ij}$$

j

kde $P_{dt, i}$ je návrhová tepelná ztráta prostupem,

$P_{dv, i}$ - návrhová tepelná ztráta větráním,

$P_{da, ij}$ - přídavné tepelné ztráty uvnitř zón ze zóny i do zóny j vytápěné, popř. a s předpokladem, že budou vytápěné na odlišný rozdíl teplot.

$P_{dt, i}$ a $P_{dv, i}$ se stanovují z rovnic

$$P_{dt, i} = \Delta\theta_{d, i} + H_{dt, i} \text{ a}$$

$$P_{dv, i} = \Delta\theta_{d, i} + H_{dv, i}$$

kde $H_{dt, i}$ a $H_{dv, i}$ jsou návrhové jednotkové tepelné ztráty prostupem a větráním, které jsou vztaženy na jednotku teplotního rozdílu mezi vnitřním a vnějším prostředím,

$\Delta\theta_{d, i}$ je návrhový teplotní rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím a stanoví se z rovnice

$$\Delta\theta_{d, i} = \theta_{d, i} - \theta_{d, e}$$

kde $\theta_{d, i}$ je vnitřní návrhová teplota,

$\theta_{d, e}$ je vnější návrhová teplota.

Jednotkové tepelné ztráty prostupem

Jednotkové tepelné ztráty prostupem mají tři složky

$$H_{dt, i} = H_{dt, ie} + H_{dt, iue} + H_{dt, ig}$$

kde $H_{dt, ie}$ odpovídá přímým tepelným ztrátám prostupem ze zóny i do vnějšího prostředí,

$H_{dt, iue}$ - odpovídá přímým tepelným ztrátám prostupem ze zóny i do vnějšího prostředí nevytápěným prostředím u,

$H_{dt, ig}$ - odpovídá tepelným ztrátám prostupem do rostlé půdy.

$H_{dt, ie}$ se stanoví ze vztahu

$$H_{dt, ie} = \sum_j A_j U_j e_j + \sum_i \Psi_i l_i$$

kde A_j je plocha každého prvku j mezi vnitřním a vnějším prostředím,

U_j - součinitel prostupu tepla, stanovuje se podle prEN 6946-1 pro neprůsvitné prvky a prEN 31 077 pro dveře a okna,

e_j - činitel korekce vztažený k povrchu j a korigující součinitele přestupu tepla uvažovaný podle návrhových podmínek. Uvažuje se pro U_j , jehož hodnota je větší než $2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a stanovuje se podle vztahu

$$e_j = 1/(1 - \alpha U_j)$$

Hodnoty α se uvažují podle rychlosti větru, jestliže je

$$v_m \leq 2 \text{ m/s} \quad \alpha = 0,02$$

$$2 \text{ m/s} < v_m < 6 \text{ m/s} \quad \alpha = 0,03$$

$$v_m \geq 6 \text{ m/s} \quad \alpha = 0,04$$

l_k - délka lineárního tepelného mostu k mezi vnitřním a vnějším prostředím,

Ψ_k - lineární součinitel prostupu tepla tohoto tepelného mostu.

V normě se dále uvádí postup stanovení tepelných ztrát nevytápěným prostorem a zeminou.

Jednotkové tepelné ztráty větráním

Tepelné ztráty větráním

Stanoví se z rovnice

$$H_{dv,r} = q_{v,r} \cdot \rho \cdot c_p$$

kde $q_{v,r}$ je objemový tok vnějšího vzduchu při θ_i , m^3/s

ρ - hustota vzduchu při θ_i , kg/m^3 ,

c_p - měrná tepelná kapacita vzduchu při θ_i , $\text{kJ}/\text{kg K}$.

Zjednodušený výpočet je možný podle rovnice, jestliže je $q_{v,r}$ v m^3/h :

$$H_{dv,r} = 0,34 \cdot q_{v,r}$$

Minimální hodnota výměny vnějšího vzduchu je dána vztahem:

$$q_{v,mex} = n_{ex} \cdot V_r$$

kde n_{ex} je výměna vzduchu, h^{-1}

V_r - objem zóny, m^3

Minimální výměna vzduchu se řídí požadavky na čistotu vzduchu. Nejsou-li v národních normách potřebné údaje, je možno použít hodnoty v následující tabulce.

Tabulka 1 – Výměna vzduchu n_{ex} v závislosti na typu místnosti

Typ místnosti	n_{ex}
Normální	0,3
Kuchyně a koupelny s oknem	1,0
Prádelny apod.	2,0

V normě se uvádí také postup stanovení minimální výměny vzduchu v závislosti na počtu osob pobývajících v místnosti, problém infiltrace netěsnostmi v obvodovém plášti budov a mechanického větrání. Obsahuje také způsob výpočtu přídatných tepelných ztrát.

Podobně jako se stanovují tepelné ztráty pro zónu, stanovují se tepelné ztráty i pro celou budovu.

Zvláštní kapitola je věnována výpočtu tepelných ztrát ve zvláštních případech, tak jak byly popsány v úvodní části.

V normě jsou tyto přílohy:

A(informativní) – Základní meteorologické parametry pro výpočet tepelného výkonu.

B(informativní) – Základní parametry tepelné pohody ve vnitřním prostředí.

C(informativní) – Doporučené hodnoty výměny vzduchu na osobu.

D(informativní) – Výpočet výkonu pro přerušované vytápění.

E(informativní) – Vnitřní zdroje tepla a tepelná kapacita z hlediska jejich vlivu na zásobování teplem.

F(informativní) – Příklad výpočtu návrhového tepelného výkonu pro základní případ.

20.CEN/TC 89 N 215 E OKNA A DVEŘE – PROSTUP TEPLA – VÝPOČTOVÁ METODA

Norma obsahuje předmět, normativní odkazy, definice, symboly, jednotky a indexy, geometrické charakteristiky, základní rovnice, číselné údaje a přílohy.

Předmět

Tato norma udává pravidla výpočtu součinitele prostupu tepla okna a dveří se zasklením v rámu.

Uvažují se různá zasklení ze skel nebo plastů(jednoduchá nebo vícenásobná zasklení, bez nebo s nízkou emisivitou povrchů, s mezerami vyplněnými vzduchem nebo jinými plyny.Uvažují se také rámy s různých materiálů(dřevo, plasty, kovové bez nebo s přerušením tepelných mostů, rámy s různou kombinací materiálů).Řeší se také problém přídatného tepelného odporu vytvářeného žaluziemi a záclonami.

Výpočtové postupy nezahnují

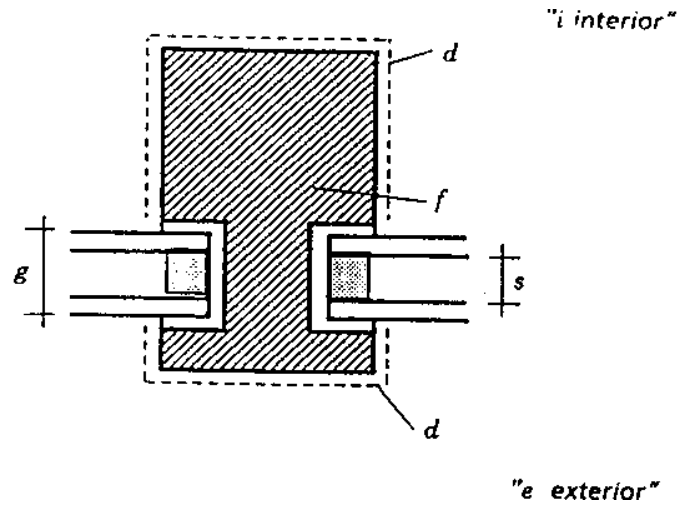
- a)efekt solární radiace,
- b)tepelnou ztrátu způsobenou infiltrací.

Číselné příklady pro různé varianty výpočtových parametrů jsou v příloze.

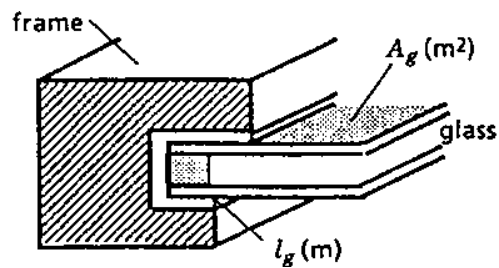
Výsledky výpočtů mohou být použity pro porovnání součinitele prostupu tepla různých oken a dveří nebo jako součást výpočtů spotřeby tepla budov.

Geometrické charakteristiky

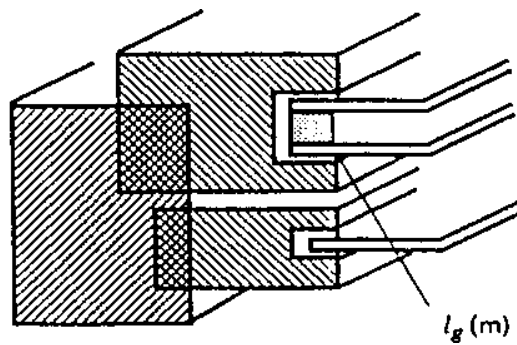
Jsou znázorněny na obrázcích 1 a 2a a 2b.



Obrázek 1



Obrázek 2a

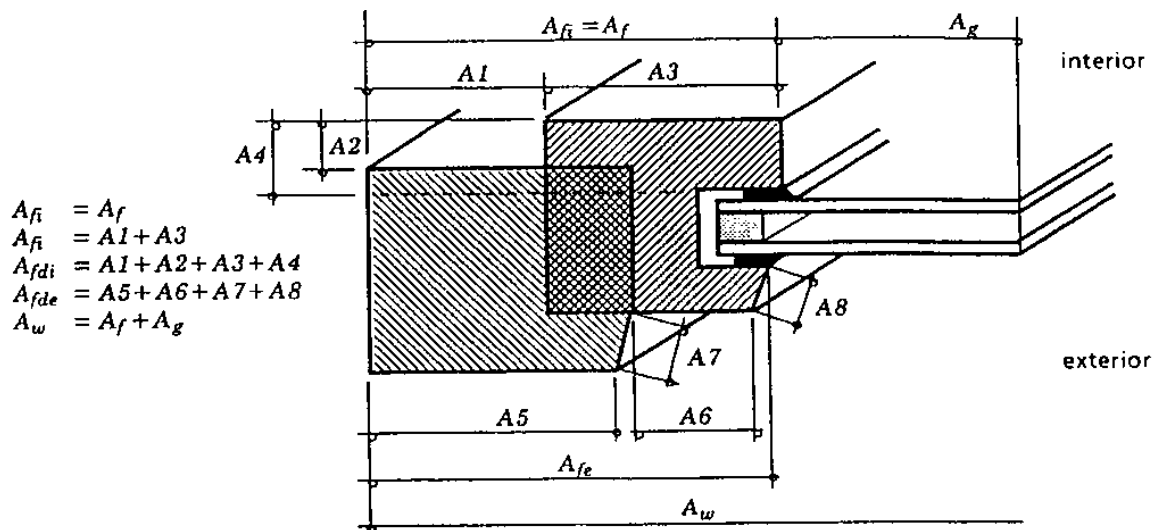


Obrázek 2b

Význam jednotlivých označení:

- d rozvinutá plocha
- g zasklení
- f rám
- s mezera (vyplněná vzduchem nebo jiným plynem)
- A_g plocha zasklení
- l_g délka obvodu zasklení

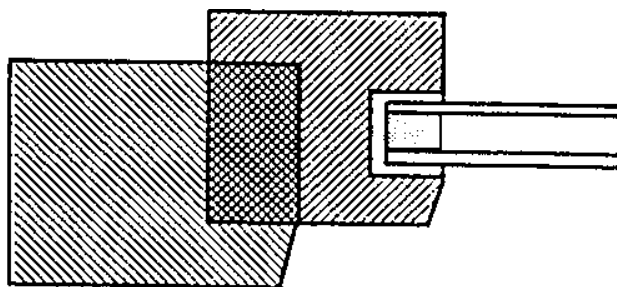
Dále, podle obrázku 3:



- A_f plocha rámu
- A_{fi} vnitřní projekce plochy rámu
- A_{fe} vnější projekce plochy rámu
- A_{fdi} vnitřní rozvinutá plocha rámu
- A_{fde} vnější rozvinutá plocha rámu
- A_w plocha okna

Součinitel prostupu tepla

Jednoduché zasklení (obr.4)



Součinitel prostupu tepla jednoduchého zasklení U_w se stanoví ze vztahu

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_g U_l}{A_g + A_f}$$

kde U_g je součinitel prostupu tepla zasklení bez rohového efektu, $W/(m^2K)$,

U_f - součinitel prostupu tepla bez rohového efektu, $W/(m^2K)$,

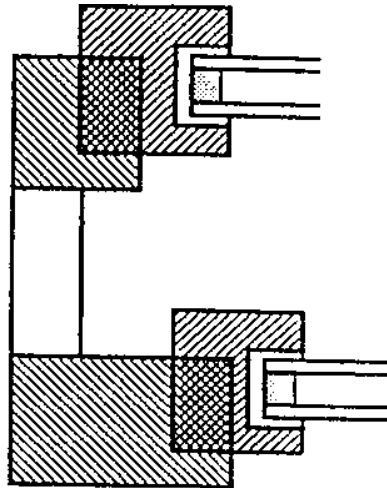
U_l - lineární součinitel prostupu tepla složený z tepelného efektu mezery, zasklení a rámu, $W/(m^2K)$,

l_g - obvod zasklení, m,

A_g - plocha zasklení, m^2 ,

A_f - plocha rámu, m^2 .

Dvojité okno(obr.5)



Součinitel prostupu tepla dvojitého okna U_w se stanoví ze vztahu

$$U_w = \frac{1}{(1/U_{w1} - R_i + R_s - R_e + 1/U_{w2})}$$

kde U_{w1} , U_{w2} – součinitelé prostupu tepla vnějšího, popř.vnitřního okna, $W/(m^2K)$,

R_i - příslušný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně vnějšího okna, $W/(m^2K)$,

R_e - příslušný odpor při přestupu tepla na vnější straně vnitřního okna, $W/(m^2K)$,

R_s - tepelný odpor mezery mezi skly, $W/(m^2K)$.

Podobný vztah platí i pro zdvojené okno.

Součinitel zasklení U_g *a) jednoduché zasklení*

$$U_g = \frac{1}{(R_e + r \cdot d + R_i)}$$

kde R_e je odpor při přestupu tepla na vnější straně, $W/(m^2K)$,

r - měrný tepelný odpor skla, mK/W , může se uvažovat $r = 1,00 mK/W$,

d - tloušťka skla, m ,

R_i - odpor při přestupu tepla na vnitřní straně, $W/(m^2K)$.

b) vícenásobné zasklení

$$U_g = \frac{1}{(R_e + r \cdot \Sigma d + \Sigma R_s + R_i)}$$

kde R_s je tepelný odpor výplně mezery mezi skly, m^2K/W .

V normě se dále uvádí výpočet součinitele prostupu tepla oken s uzavřenými stínícími prostředky, součinitele prostupu tepla dveří a číselný příklad. Také se uvádí soupis podkladů, které musí být ve zprávě.

Přílohy obsahují:

A(informativní) – Vnitřní a vnější odpory při přestupu tepla

B(informativní) – Měrný tepelný odpor skla

C(informativní) – Tepelný odpor výplně mezery mezi skly

D(informativní) – Součinitel prostupu tepla rámu

E(informativní) – Lineární součinitel prostupu tepla s kovovou úpravou skel

F(informativní) – Přídavný tepelný odpor ΔR pro okna s uzavřenými žaluziemi.

21.CEN/TC 89 N 455 E Tepelné chování budov – Prostup tepla zeminou – Výpočtová metoda

Tato norma obsahuje, vedle předmluvy a úvodu, předmět, normativní odkazy, definice a symboly, tepelné vlastnosti, vnitřní teploty a klimatické údaje, prostup tepla a tepelný tok, parametry použité ve výpočtech, deska na rostlé půdě, neizolovaná nebo úplně izolovaná, deska na rostlé půdě s rohovou izolací, podlaha na trámčích, vytápěný suterén, nevytápěný suterén. Dále obsahuje přílohy A až K.

Předmět

Tato norma udává metodu výpočtu součinitele prostupu tepla a tepelného toku pro stavební prvky, které jsou v tepelném kontaktu se zeminou, včetně s deskami umístěnými na podlaze tvořené zeminou, podlahami na trámčích a suterénů.

Je použitelná pro stavební prvky, které jsou jejími částmi pod horizontální úrovní ohraničujících stěn budov

- a) pro desky na podlaze tvořené zeminou, podlahy na trámcích, na úrovni vnitřního povrchu podlahy,
- b) pro suterény na úrovni vnějšího povrchu zeminy.

Zahrnuje výpočet ustálené části prostupu tepla (roční průměrné množství tepla) a část roční periodické změny teploty (sezonní změny prostupu tepla kolem ročního průměru). Tyto sezonní změny jsou udány pro jednotlivé měsíce; norma není použitelná pro kratší časové periody.

Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti zeminy mají být specifikovány v národních normách. Pokud je známé místo výstavby, mají se použít hodnoty odpovídající tomuto místu s uvažováním normálního obsahu vlhkosti.

Jestliže je znám typ půdy nebo je specifikován, použijí se hodnoty podle tabulky 1.

Tabulka 1 – Tepelné vlastnosti zeminy (λ - tepelná vodivost, W/(mK),
 ρc – objemová tepelná kapacita (J/m³K))

Kategorie	Popis	λ , W/(mK)	ρc , J/m ³ K
1	jíl, naplavenina	1, 5	3.10 ⁶
2	písek, štěrk	2, 0	2.10 ⁶
3	stejnorodá hornina	3, 5	2.10 ⁶

Nejsou-li k dispozici žádné údaje mohou se použít tyto hodnoty:

$$\lambda = 2 \text{ W/(mK)} \text{ a } \rho c = 2.10^6 \text{ J/m}^3\text{K.}$$

Tepelné vlastnosti stavebních materiálů – návrhové hodnoty jsou definovány v prEN ISO 10456.

Odpory při přestupu tepla na vnitřní a na vnější straně konstrukcí R_{si} , R_{se} se uvažují podle EN ISO 6946.

Vnitřní teplota a klimatická data

Pro výpočet množství tepla se potřebuje

- a) roční průměrná vnitřní teplota,

b) jestliže se uvažuje změna vnitřní teploty – amplituda změny vnitřní teploty vztažená k ročnímu průměru; tato amplituda je definována jako polovina rozdílu mezi maximem a minimem z průměrných teplot pro každý měsíc.

Klimatická data:

a) roční průměr vnější teploty vzduchu,

b) jestliže se uvažuje změna vnější teploty – amplituda změny vnější teploty vzduchu vztažená k ročnímu průměru; tato amplituda je definována jako polovina rozdílu mezi maximem a minimem z průměrných teplot pro každý měsíc,

c) pro podlahy na trámčích, ve kterých je přirozené větrání – průměrná rychlost větru, měřená ve výšce 10 m.

Prostup tepla

Součinitel prostupu tepla podlah a suterénů se vztahuje na složku ustáleného šíření tepla. Způsob stanovení součinitele prostupu tepla podává, pro různé varianty, tabulka 2 v normě.

Řešení tepelných mostů v rozích podlah je založeno na těchto předpokladech:

a) uvažuje se adiabatická podmínka na úrovni vnitřního povrchu desky na zemině, nebo na úrovni vnějšího povrchu zeminy v suterénu,

b) jednotné tepelné vlastnosti zeminy pod touto úrovní.

Problematika tepelných mostů se také řeší prostřednictvím „rohového činitele“ $\Delta\Psi$. Stanoví se z tabulek (viz prEN ISO 14683 nebo národních tabulek nebo se získá numerickým výpočtem – viz přílohu A.

Množství tepla se stanoví podle přílohy B a C.

Jestliže je známa hloubka spodní vody a tok vody, zahrne se do výpočtu činitele G, a to tak že se tepelné propustnosti L_S vynásobí tímto činitelem G – viz přílohu G.

Metoda v této normě je použitelná i v následujících situacích, modifikovaná v příslušných přílohách:

a) pro výpočet vnitřních teplot v budovách (příloha D),

b) pro desku na zemině se zabudovaným otopným systémem (příloha H),

c) pro chladné prostory.

Parametry potřebné pro výpočet

Plocha, obvod a charakteristické rozměry podlahy: Součinitelé L_s , L_{pi} , L_{pe} závisí na obvodu podlahy (P) nebo na její ploše (A) nebo na podílu (P/A).

Poznámka: Součinitel L_s je jednotková tepelná propustnost v ustáleném stavu (W/K), L_{pi} je jednotková vnitřní periodická tepelná propustnost (W/K), L_{pe} je jednotková vnější periodická tepelná propustnost (W/K).

Rovnice v této normě udávají celkový tepelný tok podlahou, vztažený k vytápěné ploše podlahy, jejíž rozměry jsou stanoveny podél vnitřní strany stěn ohraničujících budovu, včetně tloušťky všech vnitřních stěn nebo jejich částí. Tloušťka vnějších stěn ohraničujících budovu je součástí jako přímý parametr.

Poznámka: Pouze malá chyba vzniká ve výsledku, použije-li se vnější rozměr (měřeno na vnější straně stěn ohraničujících budovu) pro určení P a A .

Vzhledem k tomu, že tepelný tok podlahou je trojrozměrný, závisí na velikosti a tvaru podlahy. Vliv rozměrů budovy se uvažuje ve spojitosti se složkami ustáleného stavu prostupu tepla v poměru obvodu a plochy. Ve výpočtech se však častěji vyskytuje termín „charakteristický rozměr“ podlahy B' , definovaný jako podíl plochy A a poloviny obvodu:

$$B' = \frac{A}{(1/2)P}$$

Poznámka: Je-li délka podlahy neurčitá, B' je šířka podlahy; při čtvercovém tvaru podlahy je B' polovina délky jedné strany.

V případě suterénu se B' počítá z plochy a obvodu podlahy suterénu, avšak bez stěn suterénu.

Pro zjednodušení výpočtů jednotkové tepelné propustnosti se zavádí koncept „ekvivalentní tloušťky“. Na základě ekvivalentní tloušťky se vyjadřuje tepelný odpor. V této normě se označení:

d_t vztahuje k podlahám,

d_w vztahuje ke stěnám suterénu pod úrovní zeminy.

Jednotková tepelná propustnost v ustáleném stavu je vztažena k poměru tloušťky a charakteristického rozměru podlahy a jednotková periodická tepelná propustnost k poměru ekvivalentní tloušťky a hloubce průniku periodicity.

Výpočet desky na zemině: bez izolace a s úplnou izolací

Prostup tepla závisí na charakteristickém rozměru podlahy B' a celkové ekvivalentní tloušťce d_t , podle následující rovnice:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se})$$

kde w je celková tloušťka stěn, včetně všech vrstev,

R_f – tepelný odpor zahrnující všechny izolační vrstvy nad i pod a uvnitř podlahové desky a všechny povrchové vrstvy podlahy. Tepelný odpor desek z hutného betonu a tenkých povrchových vrstev podlah je možno zanedbat. Tuhé jádro pod deskou se uvažuje se stejnou tepelnou vodivostí jako zemina a jeho tepelný odpor se neuvažuje.

Výpočet základní hodnoty součinitele prostupu tepla U_o závisí na tepelné izolaci podlahy.

Jestliže je $d_t < B'$ (podlaha bez izolace nebo s nevýznamnou izolací)

$$U_o = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right)$$

Jestliže je $d_t \geq B'$ (dobře izolovaná podlaha)

$$U_o = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t}$$

Jestliže je rohový tepelný most podlahy zanedbatelný, pak

$$U = U_o$$

a v jiných případech

$$U = U_o + 2 \Delta\Psi/B'$$

kde $\Delta\Psi$ se vztahuje k rozdílu výšky mezi vnitřním povrchem podlahy a vnější úrovní zeminy; může se zanedbat, jestliže je tento rozdíl menší než 0,6 m.

Jednotková tepelná propustnost v ustáleném stavu je

$$L_s = A U_o + P \Delta\Psi$$

Podobně se v normě popisuje i postup výpočtu desky na zemině s rohovou izolací, podlahy na trámciích, vytápěného suterénu, nevytápěného suterénu.

Obsah příloh:

- A(normativní) – Číselný příklad
- B(normativní) – Výpočet tepelného toku
- C(normativní) – Jednotková periodická tepelná propustnost
- D(normativní) – Aplikace dynamického simulačního programu
- E(normativní) – Větrání pod podlahou na trámciích
- F(informativní) – Tepelné vlastnosti zeminy
- G(informativní) – Vliv proudící vody
- H(informativní) – Deska na zemině se zabudovaným vytápěcím systémem
- J(informativní) – Chladné prostory
- K(informativní) – Pracovní příklad

II. TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY

1. ČSN 72 7300 Tepelně izolační materiály a výrobky Názvy a definice

V této normě se definují pojmy z oblasti tepelně izolačních materiálů. Její obsah je rozdělen do těchto skupin:

- obecné pojmy
- druhy materiálů
- vlastnosti a charakteristiky.

K obecným pojmům patří definice:

- tepelně izolačního materiálu (je to materiál, jehož tepelná vodivost nepřekračuje hodnotu 0,175 W/(mK)
- krycího materiálu
- pórovitého materiálu
- zrnitého materiálu
- vláknitého materiálu
- vlákna
- anorganického vlákna

Druhy materiálů a výrobků:

- vlna
- anorganická vlna
- minerální vlna
- skleněná vlna
- keramická vlna
- plst'
- pás z minerální plsti
- rohož z anorganické vlny
- prošívaná rohož
- lamelové rohože
- matrace z anorganické vlny
- deska
- deska z anorganických vláken
- lamelová deska
- skruž
- skruže z anorganických vláken
- dělené skruže
- segmenty z anorganických vláken
- provazec

Vlastnosti a charakteristiky

- průměr vlákna
- granálie
- obsah granálií
- obsah organických látek
- objemová hmotnost vláknitého materiálu
- optimální objemová hmotnost

- plošná hmotnost
- pevnost v tlaku při 10% deformaci
- pevnost v tahu
- pevnost desky v ohybu
- stlačitelnost
- relaxace
- rozlupčivost
- součinitel tepelné vodivosti
- tepelná odolnost
- mezní teplota použití
- hořlavost
- vlhkost
- navlhavost
- nasákavost
- odolnost proti vodě
- odolnost proti kyselinám
- odolnost proti alkáliím
- odolnost proti plísním a dřevokazným houbám
- korozní účinek na kovy
- odolnost proti vibracím
- modul kyselosti
- granulometrické složení

2.ČSN 72 7301 Tepelně izolační materiály a výrobky Klasifikace

Tato norma platí pro tepelně izolační materiály a výrobky a stanoví jejich obecnou klasifikaci.

Tepelně izolační materiály a výrobky se třídí podle těchto hlavních znaků:

- druhu základní výchozí suroviny
- struktury
- obsahu pojiva
- tvaru
- hořlavosti.

Podle druhu základní výchozí suroviny se materiály a výrobky třídí na:

- anorganické
- organické.

Podle struktury se materiály a výrobky třídí na:

- vláknité
- pórovité
- zrnité (sypké)

Podle obsahu pojiva se materiály a výrobky třídí na:

- obsahující pojivo
- neobsahující pojivo

Podle tvaru se materiály a výrobky třídí na:

- volného tvaru(vlna, perlit aj.)
- ploché(desky, rohože, plst aj.)
- tvarové(skruže, dělené skruže, segmenty aj.)
- šňůrové(šňůry, provazce aj.).

Podle hořlavosti se materiály a výrobky třídí na:

- nehořlavé
- nesnadno hořlavé
- hořlavé.

3.ČSN 72 7308 Minerální vlna.Technické požadavky

Tato norma platí pro výrobu, zkoušení, dodávání a přejímání minerální vlny vyrobené rozvlákněním roztavených přírodních hornin, silikátových odpadů nebo jejich směsí.Nevztahuje se na vlnu vyrobenou z čistého čediče.

Minerální vlna se třídí na druh A a B:

A – je určen pro zabezpečování běžných tepelně a zvukově izolačních požadavků,

B – je určen pro zabezpečování náročných tepelně a zvukově izolačních požadavků, především v podmínkách dlouhodobé tepelně vlhkostní expozice.

Fyzikálně-chemické vlastnosti jsou uvedeny v čl.2.1 citované normy.Požadavky se vztahují na tyto vlastnosti:

- modul kyselosti
- střední průměr vláken
- obsah granulí velikosti nad 20 mm
- vlhkost
- obsah organických látek
- obsah síry
- odolnost proti vodě, pH
- tepelná odolnost.

Pro potřeby tepelné techniky a energetiky budov se uvádějí

informativní hodnoty tepelné vodivosti λ (W/(mK))v závislosti na střední teplotě a pro objemovou hmotnost minerální vlny 150 kg/m³ – viz tabulku II.1.

Tabulka II.1 – Tepelná vodivost minerální vlny(orientační hodnoty – jsou to nejvyšší hodnoty pro danou teplotu)

t(°C)	λ (W/(mK))
25	0, 042
100	0, 054
200	0, 077
300	0, 107
400	0, 150
500	0, 220
600	0, 305

Hmotnostní vlhkost nemá být větší než 1, 5%.

V normě se dále uvádějí: podmínky zkoušení, pravidla prověřování dodávky, způsob balení, značení, doprava a skladování a požadavky z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví.

4. ČSN 72 7311 Desky z minerální vlny. Technické požadavky

Tato norma platí pro desky z minerální vlny na bázi syntetických pojiv s modifikačními přísadami nebo bez nich a stanoví jejich obecnou technickou charakteristiku.

Neplatí pro desky z minerální vlny: dekorační, vyztužené, s vertikálně orientovaným vláknem, z vlny z mechanicky taženým vláknem a pro desky zpracované mokřím způsobem.

Podle objemové hmotnosti se vyrábějí desky těchto značek: 50;75;125;175;200;300;400.

Požadují se tyto vlastnosti:

- délka, šířka, tloušťka
- objemová hmotnost
- tepelná vodivost
- stlačitelnost při měrném zatížení 2000 Pa
- pružnost
- pevnost v tlaku při 10% deformaci
- nasákavost.

Tepelná vodivost λ (W/(mK)), objemová hmotnost ρ (kg/m³), hmotnostní nasákavost n(%) je v tabulce II.2.

Tabulka II.2 – Tepelná vodivost λ (W/(mK)), objemová hmotnost ρ (kg/m³), hmotnostní nasákavost n(%) pro jednotlivé značky desek z minerální vlny a při průměrné teplotě (25 ± 5)°C

Veličina	Značka desky						
	50	75	125	175	200	300	400
ρ (kg/m ³)	Od 35 Do 50	Od 51 Do 75	Od 76 Do 125	Od 126 Do 175	Od 176 Do 250	Od 251 Do 350	Od 351 Do 450
λ (W/(mK))	0,049	0,049	0,047	0,052	0,052	0,060	0,066
n (%)	-	-	-	-	40	20	10

V normě se dále uvádějí: pravidla prověřování dodávky, zkušební metody, balení, značení, doprava a skladování.

5.ČSN 72 7312 Prošívané rohože z minerální vlny

Tato norma platí pro prošívané rohože z minerální vlny obsahující i neobsahující organické látky, s krycím materiálem přišitým z jedné nebo dvou stran anebo bez krycího materiálu, určené pro tepelnou izolaci stavebních konstrukcí a průmyslového zařízení.

Podle objemové hmotnosti se vyrábějí rohože těchto značek:50;75;100;125;150.

Požadují se tyto vlastnosti:

- délka, šířka, tloušťka
- objemová hmotnost
- tepelná vodivost
- vlhkost.

Tepelná vodivost λ (W/(mK), objemová hmotnost ρ (kg/m³) je v tabulce II.3.

Tabulka II.3 – Tepelná vodivost λ (W/(mK))(1 – při teplotě 10°C; 2 – při teplotě 25°C; 3–při teplotě 300°C), objemová hmotnost ρ (kg/m³), pro jednotlivé značky rohoží z minerální vlny

Veličina	Značka				
	50	75	100	125	150
ρ (kg/m ³)	Od 35 Do 50	Od 51 Do 75	Od 76 Do 100	Od 101 Do 125	Od 126 Do 150
λ (W/(mK))					
1	0, 045	0, 045	0, 045	0, 045	0, 050
2	0, 048	0, 045	0, 050	0, 054	0, 058
3	0, 135	0, 130	0, 115	0, 115	0, 130

Hmotnostní vlhkost: maximální hodnota $u_m = 2\%$.

V normě se dále uvádějí: pravidla přejímky, zkušební metody, balení, značení, doprava a skladování.

6.ČSN 72 7313 Lamelové rohože z minerální vlny

Tato norma platí pro lamelové rohože z minerální vlny, určené pro tepelnou izolaci potrubí a zakřivených povrchů průmyslových zařízení u nichž teplota izolovaných povrchů nepřekračuje 200°C, vyrobené z vláknitých pruhů – lamel, přilepených ke krycímu materiálu (skleněná tkanina, Al-fólie apod.) tak, že vlákna jsou vůči krycímu materiálu uspořádána převážně kolmo.

Podle objemové hmotnosti se vyrábějí rohože těchto značek: 50; 75; 100; 125.

Požadují se tyto vlastnosti:

- délka, šířka, tloušťka
- objemová hmotnost
- tepelná vodivost
- stlačitelnost
- vlhkost.

Tepelná vodivost λ (W/(mK)), objemová hmotnost ρ (kg/m³) je v tabulce II.4.

Tabulka II.4 – Tepelná vodivost λ (W/(mK)) (1 – při teplotě 10°C; 2 – při teplotě 25°C; 3 – při teplotě 125°C), objemová hmotnost ρ (kg/m³), pro jednotlivé značky rohoží z minerální vlny

Veličina	Značka		
	50	75	125
ρ (kg/m ³)	Od 35 Do 50	Od 51 Do 75	Od 101 Do 125
λ (W/(mK))			
1	-	0,050	0,045
2	-	0,053	0,050
3	-	0,088	0,086

Hmotnostní vlhkost: maximální hodnota $u_m = 1,5\%$.

V normě se dále uvádějí: pravidla přejímky, zkušební metody, balení, značení, doprava a skladování.

7.ČSN 64 3510 Desky z pěnového polystyrenu

Tato norma platí pro desky z pěnového polystyrenu, vyrobené ze suspenzního zpěňovatelného polystyrenu s přídavkem nebo bez přídavku zhášedla. Desky jsou určeny pro tepelnou izolaci stavebních krycích konstrukcí a průmyslového zařízení při teplotě izolujících povrchů 80°C. Desky patří do skupiny hořlavých materiálů.

Desky s označením PSB-S jsou se zhášedlem, s označením PSB – bez zhášedla.

Podle objemové hmotnosti (v normě je použit termín: hustota) se dělí na tyto druhy: 15; 20; 25; 30; 35.

Požadují se tyto vlastnosti:

- délka, šířka, tloušťka
- objemová hmotnost
- tepelná vodivost
- objemové změny
- stupeň hořlavosti
- nasákavost
- mez pevnosti v ohybu
- pevnost v tlaku při 10% lineární deformaci

Tepelná vodivost λ (W/(mK)), objemová hmotnost ρ (kg/m³) je v tabulce II.4.

Tabulka II.4 – Tepelná vodivost λ (W/(mK)) (1 – při teplotě 10°C; 2 – při teplotě 25°C; 3 – při teplotě 125°C), objemová hmotnost ρ (kg/m³), pro jednotlivé značky rohoží z minerální vlny

Veličina	Druh desky				
	15	20	25	30	35
Objemová – jmenovitá hodnota	14	17, 5	22, 5	27, 5	32, 5
Hmotnost mezní úchylka (kg/m ³)	+1 -1, 5	± 2, 5			
Tepelná vodivost při 20°C	0, 046	0, 044	0, 042	0, 041	0, 040
Nasákavost %(objemová)	5, 0	4, 0	3, 0	2, 8	2, 5

V normě se dále uvádějí: pravidla přejímky, zkušební metody, balení, značení, doprava a skladování.

8.ČSN 70 1680 Pěnové sklo

Tato norma platí pro výrobu a dodávání pěnového skla ve formě desek používaných především pro tepelné izolace ve stavebnictví a průmyslu.

Desky jsou určeny pro prostředí o teplotě od -200°C do +450°C, bez teplotních nárazů, při rychlosti zahřívání nebo ochlazování nejvýše 40°C/h s použitím vodotěsných a parotěsných zábran.

Na deskách se kontroluje:

- vnější vzhled
- rozměry(délka, šířka, tloušťka)
- odchylka od pravouhlosti
- objemová hmotnost
- nasákavost
- pevnost v tlaku
- pevnost v ohybu
- tepelná vodivost.
- Fyzikální vlastnosti desek:
- objemová hmotnost, nejvýše 180 kg/m³
- nasákavost, nejvýše 2%(objemová)
- tepelná vodivost, při střední teplotě 0°C, nejvýše:
0,075 W/(mK)

V normě se uvádějí metody zkoušení, postup při balení, dopravě a skladování.

9.ČSN 72 7320 Expandovaný perlit. Metody zkoušení

Tato norma platí pro písek z expandovaného perlitu, který je určený pro výrobu tepelně izolačních výrobků a stanoví metody zjišťování sypané hmotnosti, granulometrického složení, obsahu neexpandovaných částic, vlhkosti, tepelné vodivosti a stlačitelnosti perlitu.

10.ČSN 72 7371 Stavební desky z dřevěné vlny a cementu

Tato norma platí pro výrobu, dodávání a zkoušení stavebních desek z dřevěné vlny a cementu.

Zkouší se:

- tvar a rozměry(délka, šířka, tloušťka)
- hmotnost
- pevnost v tahu za ohybu
- stlačitelnost
- tepelná vodivost
- objemová hmotnost.

Nejvyšší hodnota tepelné vodivosti:0,12 W/(mK).

11.prEN 13162:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z minerální vlny - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky z minerální vlny hromadně vyráběné, které se používají jako tepelné izolace budov.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky použité v tepelně izolačních systémech nebo ve vícevrstvých spojených deskách, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí pro výrobky, které mají jmenovitou tepelnou vodivost větší než 0,06 W/(mK) nebo jmenovitý tepelný odpor menší než 0,25 m²K/W (hodnoty jsou vztaženy k teplotě 10°C).

Tato norma neplatí také pro výrobky, které nejsou vyráběny hromadně a pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Výrobky z minerální vlny mají tvar rohoží, plsti, pásů, rolí a desek.

Pro výrobky z minerální vlny se používá označení: **MW**

b) Požadavky

ba) Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravouhlost
- rovinnost
- rozměrová stabilita
- pevnost v tahu rovnoběžně s rovinnou deskou
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při vyšších teplotách
- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- napětí nebo pevnost v tlaku
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- deformace při bodovém zatížení
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- dynamická tuhost
- stlačitelnost
- zvuková pohltivost
- odpor při proudění

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %; ve sporných případech musí být vzorky před měřením uloženy nejméně 6 h v prostředí o teplotě $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $(50 \pm 5)\%$
- velikost vzorků, měrné plochy a počet vzorků
- $\geq(800 \times 800)$ mm, $\geq(500 \times 500)$ mm, 1 vzorek
- $\geq(500 \times 500)$ mm, $\geq(250 \times 250)$ mm, 2 vzorky
- $\geq(400 \times 400)$ mm, $\geq(200 \times 200)$ mm, 3 vzorky
- $\geq(300 \times 300)$ mm, $\geq(100 \times 100)$ mm, 5 vzorků

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě jmenovité nebo výrobní tloušťce. Uplatňuje se přitom menší hodnota. Není-li to možné, jsou měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

U výrobků, na něž působí tlak větší než 10 kPa, se musí měřit tepelně technické vlastnosti při skutečné tloušťce.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z následujících rovnic:

$$\lambda_{\text{VYP}} = \lambda_{\text{PR}} + k \cdot s_{\lambda} \quad (\text{II.1})$$

$$R_{\text{VYP}} = R_{\text{PR}} - k \cdot s_R \quad (\text{II.2})$$

kde k je činitel závislý na počtu změřených hodnot – viz tab.II.1,

s_{λ} - směrodatná odchylka tepelné vodivosti,

s_R – směrodatná odchylka tepelného odporu.

Tabulka II.1 Hodnoty k pro jednostranný 90% toleranční interval v závislosti na počtu měření n.

N	k
3	4,26
5	2,74
7	2,33
10	2,07
15	1,87
20	1,77
50	1,56
100	1,47
300	1,39
500	1,36
Je možná lineární interpolace	

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhuje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhuje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měřili-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

cb) Nasákavost

Krátkodobá nasákavost (W1) se stanovuje podle EN 1609 a dlouhodobá nasákavost (W2) podle prEN 12087. Žádný výsledek zkoušky nesmí překročit hodnoty uvedené v tabulce II.2.

Tabulka II.2 – Třídy nasákavosti

Třídy	Požadavky kg/m ²	
	Krátkodobá	Dlouhodobá
WO	Žádné	
W1	≤ 1,0	–
W2	–	≤ 3,0

Zkoušky nasákavosti se provádějí na vzorcích (200 x 200)mm a počet vzorků:4

cc)Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost vzorků se řídí čl.6.1 v citované normě. Počet vzorků:3

Poznámka:Výrobky z minerální vlny, nejsou-li povrchově upraveny nebo mají-li na povrchu látku s otevřenými póry, např.skleněnou síťovinu, jsou pro vodní páru zcela propustné a faktor difuzního odporu se může uvažovat $\mu = 1$, pokud nejsou k dispozici výsledky měření.

12.prEN 13163:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z pěnového polystyrenu - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky hromadně vyráběné z pěnového polystyrenu, kaširované i nekaširované a nevrstvené, které se používají jako tepelné izolace budov.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky použité v tepelně izolačních systémech nebo ve vícevrstvých spojených deskách, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat.Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí pro výrobky, které mají jmenovitou tepelnou vodivost větší než 0,06 W/(mK) nebo jmenovitý tepelný odpor menší než 0,25 m²K/W (hodnoty jsou vztaheny k teplotě 10°C).

Tato norma neplatí také pro pěnový polystyren – granule a pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Výrobky z pěnového polystyrenu mají tvar bloků, desek, rolí a různě tvarovaných prvků.

Pro výrobky z pěnového polystyrenu se používá označení:**EPS**

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravouhlost

- rovinnost
- rozměrová stabilita v normálním klimatu
- schopnost manipulace
- pevnost v ohybu
- napětí v tahu při 10% stlačení
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- deformace při definovaném zatížení tlakem a teplotou
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- dlouhodobá nasákavost při ponoření
- dlouhodobá nasákavost při difuzi
- mrazuvzdornost
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- dynamická tuhost
- stlačitelnost
- objemová hmotnost

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- při referenční tloušťce 50 mm
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %
- velikost vzorků (mm) a počet vzorků
- $\geq (400 \times 400) \times d$, 1 vzorek
- $\geq (300 \times 300) \times d$, 1 vzorek

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

U desek, které mají tepelnou vodivost menší než 0,038 W/(mK) a desky o tloušťce d stejné nebo větší než 50 mm (referenční tloušťka), při které je vliv tloušťky zanedbatelný, se stanoví tepelný odpor R_D na základě tloušťky výrobků a jmenovité tepelné vodivosti odpovídající referenční tloušťce 50 mm, a to podle rovnice (II.3):

$$R_D = d/\lambda_D \quad (II.3)$$

Pro desky o menší tloušťce než 50 mm se hodnota tepelného odporu stanoví na základě změřené tepelné vodivosti a změřené tloušťky z rovnice (II.3).

Alternativně je možno stanovit tepelný odpor pro desky o menší tloušťce než 50 mm na základě jmenovité tepelné vodivosti platné pro tloušťku 50 mm a korekčního činitele F_D uvedeného v tabulce (II.3), a to z rovnice:

$$R_D = (d \cdot F_D) / \lambda_D \quad (II.4)$$

Tabulka II.3 – Korekční činitel F_D korigující vliv tloušťky na tepelnou vodivost (λ_D – tepelná vodivost platná při referenční tloušťce 50 mm, d – tloušťka vzorku)

λ_D W/(mK)	D mm	F_D 1
0,047	20	1,07
	30	1,04
	40	1,02
	50	1,00
0,043	20	1,06
	30	1,03
	40	1,01
	50	1,00
0,040	20	1,06
	30	1,03
	40	1,01
	50	1,00
0,038	20	1,04
	30	1,02
	40	1,01
	50	1,00

Lineární interpolace korekčního činitele je možná mezi hodnotami tepelné vodivosti a/nebo mezi hodnotami tloušťky

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z následujících rovnic:

$$\lambda_D = \lambda_m + k \cdot s_\lambda \quad (II.5)$$

$$R_D = R_m - k \cdot s_R \quad (II.6)$$

kde k je činitel závislý na počtu změřených hodnot – viz tab.II.1,

s_λ - směrodatná odchylka tepelné vodivosti,

s_R – směrodatná odchylka tepelného odporu.

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhuje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

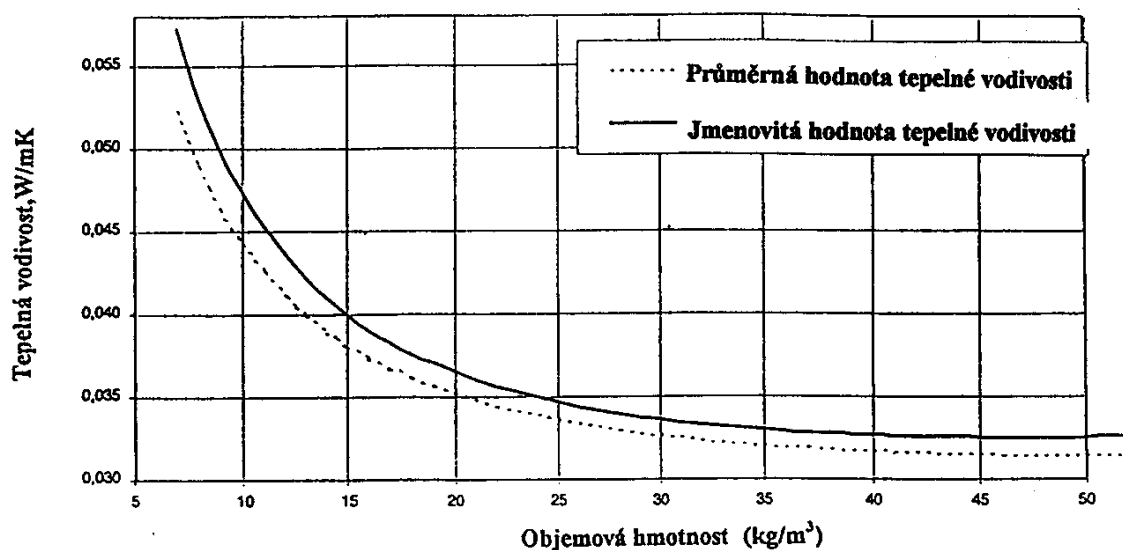
Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhuje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

Návrhová hodnota tepelné vodivosti λ_u se vypočítá z jmenovité tepelné vodivosti λ_D podle prEN ISO 30456 pro různé teploty a vlhkosti.

Poznámka: V rozmezí normálního klimatu je λ_u a λ_D stejná.

Na obrázku II.1 je uvedena závislost mezi jmenovitou tepelnou vodivostí pěnového polystyrenu (při referenční tloušťce 50 mm) a objemovou hmotností.



Obrázek II.1 – Vztah mezi objemovou hodnotou tepelné vodivosti (při referenční tloušťce 50mm) a objemovou hmotností, $1 - \alpha = 0,90$ a $p = 0,90$

Regrese pro $7 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_a \leq 55 \text{ kg/m}^3$, $\lambda_D = 0,022 + 0,11 \cdot 10^{-3} \times \rho_a + 0,239/\rho_a$ (W/mK)

cb) Nasákavost

a) Dlouhodobá nasákavost při ponoření

Stanovuje se podle prEN 12087, a to na 3 vzorcích. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou pro jednotlivé třídy v tabulce II.4.

Tabulka II.4 – Třídy pro dlouhodobou nasákavost při ponoření

Třída	Požadavek % (objemová)
W0	Žádný
W1	≤ 5,0
W2	≤ 3,0
W3	≤ 2,0
W4	≤ 1,0

b) Dlouhodobá nasákavost při difuzi

Stanovuje se podle prEN 12088, a to na 2 vzorcích o velikosti (500 x 500 x d). Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou pro jednotlivé třídy v tabulce II.5.

Tabulka II.5 – Třídy pro dlouhodobou nasákavost při difuzi

Třída	Požadavek % (objemová)
F0	žádný
F1	≤ 15
F2	≤ 10
F3	≤ 5
F4	≤ 3

cc) Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost vzorků (100 x 100 x d). Nejsou-li zadány žádné požadavky, je možno použít hodnot uvedených v tabulce II.6.

Tabulka II.6 – Hodnoty faktoru difuzního odporu μ a součinitele difuze vodní páry δ pro různé třídy pěnového polystyrenu

EPS – Třídy	$\mu(1)$	δ (mg/Pa.h.m)
EPS 30	20 až 40	0,018 až 0,036
EPS 50	20 až 40	0,018 až 0,036
EPS 65	20 až 40	0,018 až 0,036
EPS 80	20 až 40	0,018 až 0,036
EPS 100	30 až 70	0,010 až 0,024
EPS 150	30 až 70	0,010 až 0,024
EPS 200	40 až 100	0,007 až 0,018
EPS 250	40 až 100	0,007 až 0,018
EPS 300	40 až 100	0,007 až 0,018
EPS 400	40 až 100	0,007 až 0,018
EPS T	20 až 40	0,018 až 0,036

Poznámka: Číslo za „EPS“ znamená pevnost v tlaku při 10% stlačení v kPa.

13. prEN 13164:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z extrudovaného polystyrenu - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky hromadně vyráběné z extrudovaného polystyrenu, kaširované i nekaširované a nevrstvené, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky jsou vyráběny ve formě desek. Jsou také speciálně upravovány na hranách a povrchově upravovány.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky pokládané ve více vrstvách nebo ve vícevrstevných spojených deskách a v tepelně izolačních systémech, což je nejčastější forma použití extrudovaného polystyrenu. Nepojednává však o jejich vlivu na statiku budov.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí pro výrobky, které mají jmenovitou tepelnou vodivost větší než 0,06 W/(mK) nebo jmenovitý tepelný odpor menší než 0,50 m²K/W (hodnoty jsou vztaženy k teplotě 10°C).

Pro výrobky z extrudovaného polystyrenu se používá označení:**XPS**

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- požární odolnost

bb)Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při definovaném zatížení tlakem a teplotou
- napětí nebo pevnost v tlaku
- dlouhodobé dotvarování při napětí v tlaku
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- dlouhodobá nasákavost při ponoření
- dlouhodobá nasákavost při difuzi
- mrazuvzdornost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

c)Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost

- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %
- velikost vzorků (mm) a počet vzorků
- (500 x 500) x d, 1 vzorek

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě výrobní tloušťky. Není-li to možné, jsou měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhuje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhuje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

cb) Nasákavost

a) Dlouhodobá nasákavost při ponoření

Stanovuje se podle prEN 12087, a to na 3 vzorcích. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou pro jednotlivé třídy v tabulce II.7. Stanovuje se na vzorcích (200 x 200). Počet vzorků: 2.

Tabulka II.7 – Třídy pro dlouhodobou nasákavost při ponoření

Třída	Požadavek % (objemová)
WI0	Žádný
WI1	0 až 3
WI2	0 až 2
WI3	0 až 1

b)Nasákavost při difuzi

Stanovuje se podle prEN 12088, a to na 1 vzorku a velikosti (500 x 500) mm.Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou pro jednotlivé třídy v tabulce II.8.

Tabulka II.8 – Třídy pro nasákavost při difuzi

Třída	Požadavek % (objemová)
W0	žádný
W1	$3 < W_{dv} \leq 5$
W2	$0 < W_{dv} \leq 3$

cc)Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ .Stanovuje se podle prEN 12088, a to na 5 vzorcích je-li tloušťka $d \leq 100$ mm a na 3 vzorcích, je-li $d > 100$ mm, přičemž v tomto posledním případě musí být plocha vzorku: ≥ 5.103 mm².

14.prEN 13165:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z polyuretanu – tuhé pěny - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky hromadně vyráběné z polyuretanu – tuhé pěny, kaširované i nekaširované nebo s nanesenou vrstvou bez integrovaného zesílení, které se používají jako tepelné izolace budov.Výrobky jsou vyráběny ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky pokládáné ve více vrstvách nebo ve vícevrstvých spojených deskách, laminované a povrchově upravené – což jsou oblasti, ve kterých má polyuretan hlavní použití.Platí také pro výrobky v tepelně izolačních systémech a spojených prvcích.Nepojednává však o jejich vlivu na statiku budov.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat.Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směnicích a normách.

Neplatí také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Pro výrobky z polyuretanu – tuhé pěny se používá označení:**PUR**

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka

- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při definovaném zatížení tlakem a teplotou
- deformace při definovaném zatížení tlakem a teplotou
- napětí nebo pevnost v tlaku
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- rovinnost při jednostranném zvlhčování

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sleduje zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $(50 \pm 10)\%$
- uvažuje se také vliv stárnutí

Velikost vzorků je v tabulce II.9

Tabulka II.9 – Rozměry vzorků

Tloušťka (mm)	Rozměry (mm)
$d \leq 40$	$\geq (200 \times 200)$
$40 < d \leq 80$	$\geq (300 \times 300)$
$d > 80$	$\geq (400 \times 400)$

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě jmenovité tloušťky. Není-li to možné, jsou měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nepůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelná vodivost se udává vždy, tepelný odpor tehdy, když se vyžaduje.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhluje na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhluje na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

V normě je také popsán podrobný postup ke stanovení vlivu stárnutí na tepelně technické vlastnosti.

15.prEN 13166:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z fenolické tuhé pěny - Specifikace

a) Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky hromadně vyráběné z fenolické tuhé pěny, kaširované i nekaširované, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky jsou vyráběny ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky v tepelně izolačních systémech a spojených prvcích. Nepojednává však o jejich vlivu na statiku budov.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Neplatí také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Pro výrobky z fenolické tuhé pěny se používá označení: **PF**

b) Požadavky

ba) Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- rozměrová stabilita
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- napětí nebo pevnost v tlaku
- stabilita při částečném ponoření do vody
- difuze vodní páry – difuzní odpor

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sleduje zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50%

Velikost vzorků, měrná plocha a počet vzorků:

- ≥(300 x 300)mm; ≥(100 x 100)mm, 2 vzorky
- ≥(400 x 400)mm; ≥(200 x 200)mm, 2 vzorky

V případě, že mají vzorky kruhový tvar, musí být jejich plocha ekvivalentní plochám uvedeným výše.

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě výrobní tloušťky. Není-li to možné, jsou měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nepůsobí její kolísání o více než 2%.

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhuje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhuje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

Výrobky s menší tloušťkou než 50 mm se měří při dané tloušťce. Mají-li výrobky větší tloušťku než 50 mm, vytvoří se z nich dva vzorky paralelním řezem, přičemž střední osa těchto vzorků musí být od kaširování vzdálenosti 25% tloušťky výrobku.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1a II.2).

cb)Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím ekvivalentní difuzní tloušťky vrstvy $\mu.d.$ Stanovuje se podle prEN 12086, a to na 10 vzorcích o velikosti (200 x 200)mm, nebo o ploše, která je rovna čtvrtině vyrobené desky. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou v tabulce II.9.

Tabulka II.9 – Třídy pro ekvivalentní difuzní tloušťku vrstvy

Třída	Požadavek M
VO	Žádný
V1	10

16.prEN 13167:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z pěnového skla - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky z pěnového skla hromadně vyráběné, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky se vyrábějí ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro výrobky použité v tepelně izolačních systémech nebo ve vícevrstvých spojených deskách, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směnicích a normách.

Tato norma neplatí pro výrobky, které mají jmenovitou tepelnou vodivost větší než 0,065 W/(mK) nebo jmenovitý tepelný odpor menší než 0,50 m²K/W (hodnoty jsou vztaženy k teplotě 10°C).

Tato norma neplatí také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Pro výrobky z pěnového skla se používá označení: **CG**

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravouhlost
- rovinnost

- rozměrová stabilita
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při vyšších teplotách
- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- pevnost v tlaku
- pevnost v ohybu
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- pevnost v tahu rovnoběžně s rovinnou desky
- deformace při bodovém zatížení
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- dotvarování při zatížení tlakem
- zvuková pohltivost

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %
- velikost vzorků, měrné plochy a počet vzorků
- $\geq(400 \times 400)$ mm, $\geq(200 \times 200)$ mm, 2 vzorky
- $\geq(300 \times 300)$ mm, $\geq(100 \times 100)$ mm, 3 vzorků

(v případě, že vzorky mají kruhový tvar, musí mít ekvivalentní plochu)

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě výrobní tloušťky. Není-li to možné, jsou měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhluje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhluje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

cb) Nasákavost

Krátkodobá nasákavost se stanovuje podle EN 1609. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu 0,5 kg/m².

Dlouhodobá nasákavost se stanovuje podle prEN 12087.

Zkoušky nasákavosti se provádějí na vzorcích (200 x 200)mm a počet vzorků:4

cc) Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Žádný výsledek nesmí být menší než $\mu = 40\,000$. Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost a počet vzorků se řídí čl.6.1 v citované normě.

17.prEN 13168:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z dřevěné vlny - Specifikace

a) Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky z dřevěné vlny hromadně vyráběné, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky se vyrábějí ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma specifikuje také požadavky na hromadně vyráběné vícevrstvé desky z dřevěné vlny, které se vyrábějí ve spojení s jinými izolacemi, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Platí také pro výrobky, které se používají pro zhotovování tepelně izolačních systémů a vícevrstvých spojených desek.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směnicích a normách.

Tato norma neplatí také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Pro izolační desky z dřevěné vlny se používá označení:WW

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- napětí nebo pevnost v tlaku
- pevnost v ohybu
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- objemová hmotnost a plošná hmotnost
- slučitelnost s jinými materiály (obsah chloridu)
- požární odolnost

bb)Pro použití ve zvláštních případech

- dynamická tuhost
- nosnost
- nosnost při nárazu
- deformace při bodovém zatížení
- přilnavost k betonu (neplatí pro desky uplatněné jako mezivrstvy)
- zvuková pohltivost

c)Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca)Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou před měřením v prostředí při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50 %
- velikost vzorků, měrné plochy a počet vzorků
- $\geq(500 \times 500)$ mm, $\geq(200 \times 200)$ mm, 1 vzorek(podle ISO 8301)
- $\geq(500 \times 500)$ mm, $\geq(200 \times 200)$ mm, 2 vzorky(podle ISO 8302)

(počet vzorků se vztahuje na každou jmenovitou tloušťku;v případě, že jde o sporný případ, provádí se měření podle ISO 8302).

Poznámka:Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě jmenovité nebo výrobní tloušťky.Uvažuje se menší hodnota tloušťky.Není-li to možné, jsou tepelně technické vlastnosti měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1a a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhluje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Poznámka: Pro případ, že nejsou tepelně technické vlastnosti změřeny, musí se používat pro všechny izolační desky z dřevěné vlny hodnota tepelné vodivosti 0,1 W/(mK) vztaženou na objemovou hmotnost $\leq 600 \text{ kg/m}^3$.

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhluje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měřili-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

Tepelný odpor vícevrstvé izolační desky z dřevěné vlny se stanovuje jako součet tepelných odporů jednotlivých vrstev. Pro výpočet tepelného odporu se uvažují, v tomto případě, následující hodnoty tepelné vodivosti krycích vrstev výrobků z dřevěné vlny, a to v závislosti na jejich tloušťce:

Tloušťka krycí vrstvy	5,0 mm	$\lambda = 0,150 \text{ W/(mK)}$
	7,5 mm	$\lambda = 0,125 \text{ W/(mK)}$
	$\geq 10,5 \text{ mm}$	$\lambda = 0,100 \text{ W/(mK)}$

cb) Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost vzorků se řídí čl.6.1 v citované normě. Počet vzorků: 5 – pro každou jmenovitou tloušťku.

V normě prEN 12524 se uvádí výpočtová hodnota $\mu = 5$ pro izolační desky z dřevěné vlny bez kaširování a nástřiků.

Pro vícevrstvé izolační desky z dřevěné vlny se stanovuje ekvivalentní difuzní tloušťka.

18.prEN 13169:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z expandovaného perlitu - Specifikace

a) Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky z expandovaného perlitu, kaširované nebo bez kaširování nebo bez vrstvení, hromadně vyráběné, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky se vyrábějí ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování.

Norma platí také pro izolační desky uložené ve více vrstvách a spojené desky a pro výrobky, které se používají pro výrobu tepelně izolačních systémů a vícevrstvé spojené desky, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení.

Pro desky z expandovaného perlitu se používá označení: **EPB**

b) Požadavky

ba) Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- pevnost v ohybu
- rozměrová stabilita
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při vyšších teplotách
- deformace při definovaném tlakovém a teplotním zatížení
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- nasákavost
- napětí nebo pevnost v tlaku
- pevnost v ohybu
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- deformace při bodovém zatížení
- dotvarování

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- v suchém stavu
- velikost vzorků, měrné plochy a počet vzorků
- $\geq(500 \times 500)$ mm, $\geq(250 \times 250)$ mm, 1 vzorek
- $\geq(400 \times 400)$ mm, $\geq(200 \times 200)$ mm, 2 vzorky
- $\geq(200 \times 200)$ mm, $\geq(100 \times 100)$ mm, 4 vzorky

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě výrobní tloušťky vzorku. Není-li to možné, jsou tepelně technické vlastnosti měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobnou chemickou a fyzikální strukturu a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhluje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhluje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měřili-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

cb) Nasákavost při ponoření

Stanovuje se podle EN 1609, a to na 3 vzorcích. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou pro jednotlivé třídy v tabulce II.10. Stanovuje se na vzorcích (300 x 300). Počet vzorků: 3.

Tabulka II.10 – Třídy nasákavosti

Třída	Požadavek (g/cm ³)
W0	Žádný
W1	≤ 0,08
W2	≤ 0,06
W3	≤ 0,04

cc) Difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost vzorků se řídí čl. 6.1 v citované normě. Počet vzorků: 3.

Poznámka: Pro nekaširované a nevrstvené výrobky se může používat hodnota $\mu = 5$.

19.prEN 13170:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z expandovaného korku - Specifikace

a)Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na výrobky z expandovaného korku bez přídavného pojiva, hromadně vyráběné, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky se vyrábějí ve formě desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování a balení.

Norma platí také pro výrobky, které se používají pro výrobu tepelně izolačních systémů a vícevrstevných spojených desek, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí také pro výrobky, jejichž jmenovitá tepelná vodivost je větší než 0,065 W/(mK), nebo jmenovitý tepelný odpor je menší než 0,35 m²K/W a také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení a výrobky, které mohou sloužit jako akustické izolace.

Pro desky z expandovaného korku se používá označení:**ICB**

b)Požadavky

ba)Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravoúhlost
- rovinnost
- pevnost v ohybu
- rozměrová stabilita při normálním klimatu (23°C/50% relativní vlhkosti vzduchu)
- požární odolnost
- obsah vlhkosti
- objemová hmotnost

bb)Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při vyšších teplotách
- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- napětí v tlaku
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- pevnost ve smyku
- nasákavost při krátkodobém částečném ponoření
- propustnost vodní páry
- zvuková pohltivost
- ohybová tuhost
- odpor při proudění

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- obsah vlhkosti
- nasákavost
- propustnost vodní páry

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou umístěny v prostředí více než 48 h, jehož teplota je $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ a $(50 \pm 5)\%$ relativní vlhkost
- velikost vzorků a počet vzorků
- (500 x 500) mm, 2 vzorky
- (300 x 300) mm, 3 vzorky
- (200 x 200) mm, 5 vzorků

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě výrobní tloušťky vzorku. Není-li to možné, jsou tepelně technické vlastnosti měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobné fyzikální vlastnosti a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nepůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhuje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhuje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0,05 m²K/W.

cb) Obsah vlhkosti

Stanovuje se podle prEN 12105. Po libovolné době uložení nesmí vlhkost překročit 8% hmotnostních. Vlhkost se zjišťuje na vzorcích o velikosti a počtu:

- (500 x 500) mm, 5 vzorků

- (300 x 300) mm, 5 vzorků
- (200 x 200) mm, 5 vzorků

cc) Nasákavost při krátkodobém a částečném ponoření

Stanovuje se podle EN 1609, a to na 3 vzorcích o velikosti (200 x 200 x 50)mm. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu 0,5 kg/m².

cd) Propustnost vodní páry

Propustnost vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ . Stanovuje se podle prEN 12086. Velikost vzorků: (100 x 100 x 25)mm nebo (100 x 100 x 50)mm. Počet vzorků: 5. Hodnoty udává výrobce.

Poznámka: Pro nekaširované a nevrstvené výrobky se může používat hodnota $\mu = 5$.

20. prEN 13171:1998 Tepelné izolace pro budovy – Dřevovláknité materiály - Specifikace

a) Předmět normy

Tato evropská norma stanovuje požadavky na dřevovláknité výrobky, včetně kaširovaných a vrstvených, hromadně vyráběných, které se používají jako tepelné izolace budov. Výrobky se vyrábějí ve formě rolí, rohoží, desek a tvrdých desek.

Tato norma popisuje vlastnosti a zkušební metody a ustanovení pro označování a štítkování a balení.

Norma platí také pro výrobky, které se používají pro výrobu vícevrstevných výrobků a spojených prvků, avšak nepojednává o stavebně mechanických vlastnostech těchto systémů.

Platí také pro výrobky uplatněné při výrobě izolačních systémů.

Tato norma nestanovuje úroveň požadavků, kterým musí výrobky vyhovovat. Ta je stanovena, podle použití výrobků, v příslušných směrnících a normách.

Tato norma neplatí pro výrobky, jejichž jmenovitá tepelná vodivost je větší než 0,070 W/(mK), nebo jmenovitý tepelný odpor je menší než 0,5 m²K/W a také pro výrobky použité jako izolace bytových a průmyslových zařízení a výrobky.

Pro dřevovláknité výrobky se používá označení: **WF**

b) Požadavky

ba) Pro všechny druhy použití – stanovují se tyto výrobní vlastnosti:

- tepelný odpor – tepelná vodivost
- délka a šířka
- tloušťka
- pravouhlost
- objemová hmotnost
- rozměrová stabilita
- požární odolnost

bb) Pro použití ve zvláštních případech

- rozměrová stabilita při vyšších teplotách
- rozměrová stabilita při definovaných teplotních a vlhkostních podmínkách
- napětí nebo pevnost v tlaku
- pevnost v tahu kolmo k povrchu desky
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor
- zvuková pohltivost
- ohybová tuhost
- úroveň zvukové izolace
- stlačitelnost
- činitel zvukové pohltivosti

c) Zkoušení

Z hlediska tepelné techniky a energetiky budov se sledují zejména

- tepelný odpor - tepelná vodivost
- nasákavost
- difuze vodní páry – difuzní odpor

ca) Tepelný odpor – tepelná vodivost

Tepelně technické vlastnosti se zkoušejí podle ISO 8301 nebo ISO 8302 za těchto podmínek:

- při střední teplotě 10°C
- vzorky jsou umístěny v prostředí, jehož teplota je 23°C a relativní vlhkost 50%
- velikost vzorků a počet vzorků
- (500 x 500) mm, 1 vzorek

Poznámka: Uvedené tepelně technické vlastnosti se mohou měřit i při jiné teplotě než 10°C, jestliže je potřebná znalost jejich závislosti na teplotě.

Vyjmenované tepelně technické vlastnosti jsou stanoveny na základě jmenovité nebo výrobní tloušťky vzorku. Uvažuje se menší hodnota. Pro výrobky třídy C s pevností větší než 5kPa, se stanovují tepelně technické vlastnosti při výrobní tloušťce výrobku a vždy jsou vztaženy k jmenovité tloušťce. Není-li to možné, jsou tepelně technické vlastnosti měřeny i při jiné tloušťce výrobku, za předpokladu, že

- má materiál podobné chemické a fyzikální vlastnosti a je vyrobený ve stejné šarži
- prokáže-li se, že rozsah tloušťky, ze kterého se vychází při výpočtu tepelné vodivosti λ , nezpůsobí její kolísání o více než 2%.

Jmenovité hodnoty tepelné vodivosti a tepelného odporu se stanovují z rovnice (II.1 a II.2).

Naměřené hodnoty tepelného odporu nebo tepelné vodivosti se udávají na tři platné číslice. Tepelný odpor se musí udávat vždy, tepelná vodivost vždy, když je to možné.

Tepelná vodivost λ_D se zaokrouhluje nahoru na 0,001 W/(mK) a udává se v intervalu 0,001 W/(mK).

Jmenovitá hodnota tepelného odporu R_D se stanovuje na základě jmenovité tloušťky a odpovídající jmenovité hodnoty tepelné vodivosti. Tepelný odpor se zaokrouhluje nahoru na 0,05 m²K/W a udává se v intervalu 0,05 m²K/W.

Měří-li se u výrobků přímo tepelný odpor, musí se jeho hodnota zaokrouhlit dolů na 0,05 m²K/W a rovněž se udává v intervalu 0, 05 m²K/W.

cb) Nasákavost

Stanovuje se podle EN 1609, a to na 4 vzorcích o velikosti (200 x 200)mm. Žádný výsledek nesmí překročit hodnotu uvedenou v tabulce II.11.
Tabulka II.11 – Třídy nasákavosti

Třída	Požadavek (kg/m ²)
WO	Žádný
W1	≤ 2, 0

Dřevovláknité materiály nesmí být použity v takových případech, ve kterých by byly dlouhodobě zatěžovány vlhkostí, jako např. v obrácených střeších.

cc) difuze vodní páry – difuzní odpor

Difuze vodní páry se vyjadřuje prostřednictvím faktoru difuzního odporu μ .
Pro kaširované a vrstvené výrobky se používá ekvivalentní difuzní tloušťka s_d .
Pro zkoušení platí prEN 12086. Velikost vzorků – viz čl.6.2 citované normy. Počet vzorků:3.

Poznámka: Pro nevrstvené výrobky a pro výrobky se síťovinou na povrchu, se mohou používat následující hodnoty:

$$\mu = 5 \text{ při } \rho \leq 200 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 10 \text{ při } \rho > 200 \text{ kg/m}^3$$

21.prEN ISO 13787:1998 Tepelně izolační výrobky pro technická zařízení budov a pro průmyslové instalace **Stanovení deklarovaných hodnot tepelné vodivosti**

Tato norma obsahuje předmluvu, úvod, předmět, normativní odkazy, definice, principy stanovení deklarovaných hodnot tepelné vodivosti, prvotní typ testu a přílohy.

Předmět

Tato norma uvádí postup nutný při stanovování deklarovaných tepelných vlastností tepelně izolačních materiálů a výrobků pro izolování technických zařízení budov a průmyslových instalací pro rozsah teplot – 200 až 1000°C.

Specifikuje postup transformace naměřených hodnot tepelné vodivosti v deklarované hodnoty pro použitý teplotní rozsah.

Tato norma není použitelná pro tepelné izolace obvodových plášťů budov.

Principy stanovení deklarované tepelné vodivosti

Výrobci udávají tepelnou vodivost materiálů a výrobků ve formě křivek jako funkci teploty. Výrobek je nutno podrobit prvotnímu typu testu podle článku 5 této normy.

Měření tepelné vodivosti

Zkoušený vzorek musí být časově stálý před provedeným měřením, je-li to nutné. Jako alternativu je možno přijmout zavedení činitele korekce na stáří vzorku.

Pro měření platí ISO 8302 nebo ISO 8301 pro vzorky ve tvaru desek a pro vzorky válcovitého tvaru EN ISO 8497.

Teplotní rozdíl mezi teplou a studenou stranou má být v rozsahu od 10 K do 40 K pro vzorky ve tvaru desky. Pro vzorky válcového tvaru není tento rozdíl stanoven, neměl by však být menší než 10 K.

Za minimum se považuje měření při třech teplotách. Pro průměrnou teplotu nižší než 500°C, určující křivka pro prvotní test se uplatňuje do intervalu teploty měření 100°C.

Pro průměrnou teplotu vyšší než 500°C, určující křivka pro prvotní test se uplatňuje do intervalu teploty měření 200°C.

Extrapolace výsledků testu mimo uplatněné teploty není přípustná.

Naměřené hodnoty tepelné vodivosti se zaokrouhlují na nejbližší hodnotu 0,001 W/(mK)

Postup při porovnávání a rozhodnutí

Vyberou se tři sady vzorků. Změří se první vzorek podle pokynů uvedených v předcházející části. Výsledky se porovnají s tepelnou vodivostí s danou určující křivkou při odpovídajících teplotách.

a) Jestliže naměřené hodnoty jsou nižší nebo rovné odpovídajícím tepelným vodivostem, přijímá se uplatňovaná křivka za deklarovanou křivku.

b) Jestliže jedna nebo více hodnot převyšuje odpovídající tepelné vodivosti v uplatňované křivce o více než 10%, považuje se prvotní test za chybný.

c) Jestliže žádná z naměřených hodnot nepřekročí odpovídající tepelné vodivosti při 10%, pak se provede měření na dvou nových vzorcích vybraných ze zbývajících dvou sad vzorků. Pro teplotu nižší než 100°C, měří se tepelné vodivosti na druhém a na třetím vzorku při zvětšování teplot o ± 5 K. Při teplotách nad 100°C o ± 10 °C.

Tepelné vodivosti se přepočtou na teploty, při kterých bylo provedeno měření. Vypočítané tepelné vodivosti při odpovídajících teplotách se použijí pro stanovení aritmetického průměru.

Jestliže tyto nové průměrné hodnoty jsou nižší nebo rovné odpovídajícím tepelným vodivostem určující křivky, pak prvotní test je chybný a v tom případě určující křivka je přijata za deklarovanou křivku.

Jestliže jedna nebo více nových průměrných hodnot je vyšší než odpovídající tepelné vodivosti podle určující křivky, pak prvotní test je chybný.

Postup porovnání a rozhodnutí je popsán na vývojové diagramu na obrázku 1 v normě.

Obsah příloh:

A(informativní) – Prvotní test založený na srovnávací křivce

B(informativní) – Statistická metoda pro zavedení deklarované křivce tepelné vodivosti

C(informativní) – Ilustrace postupu stanovení deklarované tepelné vodivosti

D(informativní) – Literatura

22.prEN 12524:1996 Stavební materiály a výrobky – Energetické vlastnosti – Tabulkové návrhové hodnoty

Norma obsahuje předmluvu, úvod, předmět, normativní odkazy, tabulky 1 až 4 a přílohu.

Předmět

Tato norma udává návrhová data v tabelární formě pro výpočty v oblasti šíření tepla a vlhkosti. Údaje platí pro stejnorodé materiály a výrobky.

Tato norma poskytuje také údaje pro odvození návrhových tepelných vlastností pro různé podmínky.

Tabelární návrhové hodnoty

Tepelné vlastnosti uvedené v tabulkách se vztahují k průměrné teplotě 10°C a k obsahu vlhkosti, která je v rovnováze s vlhkým vzduchem o teplotě 23°C a relativní vlhkosti 50%.

Hodnoty tepelné vodivosti se mohou obvykle použít bez korekcí.

Jejich úprava ve vztahu k jiné teplotě a vlhkosti se provádí postupem uvedeným v prEN ISO 10456.

Poznámka: Je-li to vhodné, je možná lineární interpolace.

Tabulka 1 obsahuje návrhové tepelné hodnoty pro materiály obecně a pro určité stavební aplikace. Jsou v ní tyto veličiny:

a) objemová hmotnost ρ , kg/m³

b) tepelná vodivost λ , W/(mK)

c) měrná tepelná kapacita c , J/(kg.K)

d) faktor difuzního odporu μ

Jsou v ní tyto druhy materiálů a výrobků – kovy, dřevo a výrobky ze dřeva, sádra, malta, beton, přírodní kameny, půda, voda, led, sníh, plasty, silikonové materiály, guma, sklo, plyny, hydroizolace, podlahové krytiny.

Pro tepelné izolace a zdící materiály a výrobky, konformní k důležitým standardním evropským výrobkům, jsou návrhové tepelné hodnoty odvozeny podle postupů, které odpovídají výrobním normám.

Tabulka 2 udává účelově zvýšené návrhové tepelné hodnoty stejných izolací a zdících materiálů a výrobků, které nejsou konformní s odpovídající evropskou normalizovanou produkcí.

Jsou zde však jen hodnoty objemové hmotnosti a tepelné vodivosti.

Poznámka: Hodnoty v tabulce 2 jsou odvozeny statisticky, jako nejvyšší vodivostní hodnoty pro každý druh výroby ($u_{23, 50; P=90}$) a pak vynásobeny 1, 2.

V tabulce 3 je uveden obsah vlhkosti v materiálech a výrobcích při rovnováze s vlhkým vzduchem při teplotě 23°C a relativní vlhkosti vzduchu 50% a 80% a přepočítávací vlhkostní koeficient definovaný v prEN 10456. Obsahuje také faktor difuzního odporu.

Tabulka 4 obsahuje difuzní odpor vrstev s definovanou tloušťkou, s označením $\mu \cdot d$ (tj. součin faktoru difuzního odporu μ a tloušťky vrstvy d).

Poznámka: Podle ČSN 730540 se tento součin $\mu \cdot d$ nazývá „ekvivalentní difuzní tloušťka“.

Příloha A (informativní) – obsahuje „Údaje návrhových tepelných hodnot tepelně izolačních materiálů a výrobků a zdících materiálů a produktů konformních k důležitým standardním evropským výrobkům pro vybrané podmínky“

23.CEN/TC 89 N 357 E Tepelná izolace stavebních prvků a zařízení – Část 2: Výpočet optimální ekonomické tloušťky izolačních vrstev

Tato norma obsahuje úvod, předmět, normativní odkazy, symboly, jednotky a definice, výpočtové rovnice, záznam o parametrech a výpočtech, příklad výpočtu.

Předmět

Tato norma popisuje obecnou metodu pro výpočet ekonomicky efektivní tloušťky izolace technických instalací.

Tato metoda je založena na odvození maxima současné hodnoty pořizovacích nákladů (v ECU nebo národních měnách) zařízení, údržby a spotřebované energie. Méně komplikovaný je však způsob odvození ekonomicky efektivní tloušťky z minima, průměrných ročních nákladů, které vedou ke stejným výsledkům.

Tato metoda je dynamickou verzí statických minimálních nákladů.

Výpočtový vztah

Rovnice pro výpočet ekonomicky optimální tloušťky izolace stěny d_w má tvar:

$$d_w = \sqrt{\frac{\lambda(\theta_i - \theta_e) \cdot E \cdot f}{b \cdot k'}} - \frac{\lambda_d}{h_e}$$

kde λ je návrhová tepelná vodivost izolace, W/(mK),

θ_i - teplota media, °C,

θ_e - teplota okolí, °C,

- t - roční provozní doba, h/a,
 E - počáteční cena energie v době investování, ECU/10⁶ Wh,
 f - dynamický faktor, zahrnuje proměnné p, r a a,
 b - faktor, stanovený ze vztahu

$$b = \frac{r \cdot (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$$

- r - reálná diskontní sazba, tj. diskontní sazba mínus inflace, 1/a,
 n - životnost izolace, a,
 k' - vzrůst ceny pro každý další metr tloušťky izolace, ECU/m².m,
 λ_d - tepelná vodivost vlastní stěny, W/(mK),
 h_e - součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny, W/(m²K).

V normě je uveden číselný příklad.;

Přehled norem pro zkoušení tepelně technických vlastností tepelně izolačních materiálů

1. ČSN 64 0526 Zkoušení plastických hmot. Stanovení měrné tepelné vodivosti plastických hmot.
2. ČSN 64 5421 Stanovení nasákavosti lehčených hmot.
3. ČSN 72 7011 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda válce
4. ČSN 72 7012-1 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda desky. Část 1: Společná ustanovení
5. ČSN 72 7012-2 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda desky. Část 2: Metoda chráněné teplé desky
6. ČSN 72 7012-3 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda desky. Část 3: Metoda měřidla tepelného toku
7. ČSN 72 7013 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Metoda koule
8. ČSN 72 7014 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu. Vyhodnocení zkoušek
9. ČSN 72 7302 Tepelně izolační materiály z anorganických vláken. Metody zkoušení
10. ČSN 72 7303 Tepelně izolační materiály z anorganických vláken. Metody zkoušení
11. EN 1609:1996 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při krátkodobém částečném ponoření

12.prEN 12086 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení propustnosti vodní páry

13.prEN 12087 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při dlouhodobém ponoření

14.prEN 12088 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při difuzi

15.EN ISO 12570:1996 Stavební materiály – Stanovení vlhkosti vysušováním při vyšších teplotách

16.ISO 8301:1991 Tepelná izolace – Stanovení tepelného odporu a příslušné vlastnosti v ustáleném stavu – Metoda měřidla tepelného toku

17.ISO 8302:1991 Tepelná izolace – Stanovení tepelného odporu a příslušné vlastnosti v ustáleném stavu – Metoda desky

III.VZDUCHOTECHNIKA

1.ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍM

Ve vztahu k vzduchotechnice je v normě obsažen článek 7.3.11, ve kterém se uvádí, že větrání je možno zajistit přirozeně nebo nuceně ventilátorem podtlakově či přetlakově.

Při podtlakovém větrání je ve vztahu

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e)$$

$$V_v = V_{\text{vent}}$$

kde V_{vent} je objemový tok vzduchu ventilátorem (m^3/s),

t_i – vnitřní výpočtová teplota ($^{\circ}\text{C}$),

t_e – vnější výpočtová teplota ($^{\circ}\text{C}$).

2.ČSN 73 0548 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ

V rámci výpočtu tepelné zátěže se stanovuje produkce tepla ventilátoru a produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech.

Produkce tepla ventilátoru

Vzduch se při průtoku ventilátorem ohřívá. Je-li v proudu vzduchu ventilátor s elektromotorem (např. v sestavných klimatizačních zařízeních) mění se v teplo celý příkon elektromotoru podle vztahu

$$Q_v = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m}$$

kde V je průtok vzduchu ventilátorem (m^3/s),

Δp – celkový tlak ventilátoru(Pa),
 η_v – účinnost ventilátoru,
 η_m - účinnost elektromotoru.

Při umístění elektromotoru mimo proud upravovaného vzduchu se počítá pouze s příkonem ventilátoru

$$Q_v = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_v}$$

Ohřátí vzduchu Δt při průchodu ventilátorem činí

$$\Delta t = \frac{\Delta p}{1200 \cdot \eta_v} \cdot (1 - \eta_v)$$

Účinnost ventilátorů η_v se bere podle údajů výrobce.

Produkce tepla ohřátím ve vzduchovodech

Ohřátí vzduchu ve vzduchovodech lze určit přibližně podle vztahu

$$\Delta t = \frac{k \cdot S \cdot \Delta t_m}{1200 \cdot w \cdot A}$$

kde k je součinitel prostupu tepla(W/(m²K)).Pro neizolovaný vzduchovod, umístěný v úzkém uzavřeném prostoru, lze brát $k \approx 3$,

S - povrch vzduchovodu, kterým prochází teplo(m²),

Δt_m – střední rozdíl teplot mezi vzduchem v potrubí a okolním vzduchem(K),

w - rychlost proudění vzduchu ve vzduchovodu(m/s),

A - průřez vzduchovodu(m²).

3. ČSN 73 0543 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STÁJOVÝCH OBJEKTŮ.

Část 2 Větrání a vytápění

V této normě se uvádí mj.výpočet parametrů zařízení a teplotních údajů při zpětném získávání tepla(ZZT).

Nejnižší požadovaná tepelná účinnost výměníků ZZT η_R , je-li stájový prostor nevytápěný, pro zimní výpočtové hodnoty teplot vnějšího a stájového vzduchu z hlediska tepelné bilance, se stanoví ze vztahu

$$\eta_R = \frac{(M_v \cdot c_a + Z \cdot q_p) \cdot \Delta t_{ie} - Q_c}{M_v \cdot c_a \cdot \Delta t_{ie}}$$

kde q_p je měrná tepelná ztráta prostupem vztažená na 1 zvíře a na 1 K rozdílu výpočtových teplot vnitřního a vnějšího vzduchu(W/K.ks); stanoví se ze vztahu

$$q_p = \frac{Q_p}{Z \cdot \Delta t_{ie}}$$

Z - počet zvířat ve stáji(ks),

Δt_{ie} – rozdíl mezi výpočtovými teplotami vnitřního a vnějšího vzduchu(K),

Q_c - zdánlivá produkce citelného tepla ve stáji(W),

Q_p - tepelná ztráta prostupem(W),

M_v - celkový hmotnostní průtok čerstvého vzduchu zařízením (kg/s), vyjádřený vztahem

$$M_v = \frac{V_a \cdot \rho_a}{3600}$$

V_a - objemový průtok vzduchu(kg/s),

ρ_a - hustota vzduchu(kg/m³),

c_a - měrná tepelná kapacita vzduchu; počítá se s hodnotou

$c_a = 1010 \text{ J/(kgK)}$.

Teplota vzduchu t_i v nevytápěném stájovém prostoru při daném průtoku vzduchu se kontroluje vztahem

$$t_i = t_e + \frac{Q_c}{(M_v - M_R \cdot \eta_R) \cdot c_a + Z \cdot q_p}$$

kde t_i je teplota vnějšího vzduchu(°C),

M_R - hmotnostní průtok vzduchu výměníkem pro ZZT(kg/s).

Potřebný průtok vzduchu M_R výměníkem pro ZZT pro dosažení požadovaného tepelného stavu stájového vzduchu v nevytápěném stájovém prostoru se stanoví ze vztahu

$$M_R = \frac{M_v \cdot c_a + Z \cdot q_p \cdot \Delta t_{ie} - Q_c}{\eta_R \cdot c_a \cdot \Delta t_{ie}}$$

Problematika větrání se zpětným získáváním tepla se v normě doplňuje následujícími pokyny:

Zařízení pro ZZT se navrhuje v ekonomicky a provozně zdůvodněných případech.

U vytápěných prostorů pro drůbež s turnusovým provozem se doporučuje stanovit velikost výměníku pro ZZT pro průtok vzduchu 1 m³/h vztažený na 1 kg hmotnosti drůbeže dosažené při vyskladnění na konci turnusu.

Při návrhu zařízení pro ZZT se doporučuje, se zřetelem na možnost tvoření námrazy, zabezpečit při provozu s kondenzací povrchovou teplotu teplosměnné plochy nad 0°C. V odůvodněných případech, ve kterých to není možné, je nutno zajistit odtávání námrazy při jejím vytvoření.

Výměníky pro ZZT, které nemají samočisticí schopnost nebo nejsou vybaveny automatickým čištěním, je nutno v prašných prostorech chránit vhodnou filtrací znečištěného vzduchu před jeho vstupem do výměníku. Je třeba dát přednost používání filtrů s jednoduchou očišťovací filtrační plochou.

V případech, ve kterých dochází k periodickým se opakujícím náhlému zvýšení koncentrace prachových aerosolů (např. při manipulaci s krmivem), se doporučuje zařízení pro ZZT vypínat po nezbytnou dobu, kdy se vyskytuje zvýšená koncentrace prachu ve stájovém vzduchu.

4.prEN 832 Tepelně technické chování budov – Výpočet spotřeby tepla v obytných budovách

V této normě se mj. pojednává také o mechanickém větrání.

Vychází se z výpočtu celkové výměny vzduchu. Ta je dána součtem toků vzduchu složených z průměrné výměny vzduchu zajišťované větracím systémem V_f a přídavné výměny vzduchu vyvolané větrem V_x

$$V = V_f + V_x$$

U větracích systémů, které jsou v rovnováze, je V_f rovno vyšší hodnotě z hodnot přiváděného množství vzduchu V_S a odváděného množství vzduchu V_E .

Odhad přídavného množství vzduchu V_x se vypočítá ze vztahu

$$V_x = \frac{V \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f \cdot [V_S + V_E]}{e \cdot [V \cdot n_{50}]}}$$

kde n_{50} je výměna vzduchu vztažená na rozdíl tlaku 50 Pa mezi vnitřním a vnějším prostředím, včetně vlivu netěsností,

e - činitel ochrany proti větru – viz tabulku 1 (v normě je to tabulka 3),

f = 15 pro obytné budovy, která má více než jednu fasádu vystavenou náporu větru,

f = 20 pro obytné budovy jen s jednou fasádou vystavenou náporu větru.

Tabulka 1 – Činitel ochrany proti větru e(A – fasáda s vícestranným působením větru, B – fasáda s jednostranným působením větru)

Druh clonění	A	B
Bez clonění: Budovy v otevřené krajině, vysoké budovy v městských centrech	0, 10	0, 03
Mírné clonění: Budovy v krajině v jejichž okolí jsou stromy nebo jiné budovy, budovy na předměstích	0, 07	0, 02
Značné clonění: Budovy střední velikosti, budovy v lese	0, 04	0, 01

Jestliže je mechanický větrací systém v provozu jen po určitou dobu, stanoví se větrací tok ze vztahu

$$V = V_o \cdot (1 - \beta) + (V_f + V_x) \cdot \beta$$

kde V_o je tok vzduchu při vypnutém ventilátoru (tok vzduchu odpovídá přirozenému větrání včetně proudění vzduchovody mechanických systémů),

V_f - projektovaná hodnota větracího toku zajišťovaná mechanickým větráním,

V_x - přídatný tok vzduchu při vypnutém ventilátoru – účinkem větru a komínovým efektem,

β - doba, po kterou je větrací systém vypnut.

U mechanických systémů s proměnlivým projektovaným větracím tokem je V_f průměrným množstvím vzduchu, které dodává ventilátor v průběhu dané doby.

Zařízení se zpětným získáváním tepla

Tepelná ztráta budovy se může zmenšit zpětným získáváním tepla z odváděného vzduchu. Tento efekt se charakterizuje činitelem $(1 - \eta_v)$, kde η_v je účinnost výměníku tepla vzduch/vzduch. Potom se může stanovit účinné množství vzduchu pro výpočet tepelných ztrát:

$$V = V_f \cdot (1 - \eta_v) + V_x$$

Zmenšení spotřeby tepla, které se získá z odváděného větracího vzduchu, se může zahrnout do výpočtu spotřeby tepla příslušných systémů.

IV. VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

1. ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍM

Tato norma sice bezprostředně nepojednává o vnitřním prostředí, ale výpočet tepelných ztrát budov, které slouží k dimenzování otopných systémů, vychází z požadovaných parametrů veličin charakterizujících tepelný stav vnitřního prostředí. Zejména se jedná o teplotu vzduchu t_{ai} a průměrnou teplotu vnitřních ploch místnosti t_{sm} . Při výpočtu tepelných ztrát, podle této normy, se však tyto dvě veličiny sdružují do tzv. vnitřní teploty t_i , a to tak, že se z nich vytvoří aritmetický součet

$$t_i = \frac{t_{ai} + t_{sm}}{2}$$

Poznámka: Vnitřní teplota t_i je totožná s výslednou teplotou t_r .

V normě je tabulka A.3 – obsahující přehled výpočtové vnitřní teploty ve vytápěných místnostech (spolu s relativní vlhkostí vzduchu).

Např. v trvale užívaných **obývacích místnostech** – jako obývací pokoje, ložnice, jídelny, pracovny, dětské pokoje, kuchyně, v **administrativních budovách** – kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny, ve **školních budovách** – jako učebny, kreslírny, kabinety, laboratoře, jídelny, šatny u tělocvičen, **domovy důchodců** – jako obývací místnosti ložnice, jídelny, pracovny, kuchyně, v **obchodních budovách** – jako prodejní místnosti všeobecně, kanceláře, **hotely a restaurace** – jako pokoje pro hosty, hotelové haly, zasedací místnosti, jídelny, sály, **koleje a ubytovny** – jako pokoje, hovorny, společenské místnosti, **divadla, kina, koncertní sály a jiné kulturní místnosti** – jako hlediště a sály včetně přilehlých prostorů - se požaduje

$$t_i = 20^{\circ}\text{C}$$

(relativní vlhkost vzduchu je ve všech případech 60%).

Naproti tomu, např. ve **zdravotnických zařízeních** – jako střediska, polikliniky, ordinace, v nemocnicích – jako vyšetřovány, přípravný – se požaduje

$$t_i = 24^{\circ}\text{C}$$

Podobně se vyjmenovávají požadované vnitřní teploty i pro sportovní budovy, nádraží, letiště, zemědělské stavby, průmyslové stavby (průmysl: hutního a těžkého strojírenství, hutní, strojírenský, sklářský, keramický a porcelánu, dřevařský, papírenský, polygrafický, filmový, textilní, kožedělný a obuvnický, potravinářský, zdravotnický aj.)

2. ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

Také tato norma, podobně jako předcházející, nepojednává přímo o stavu vnitřního prostředí. Avšak, celý její obsah je zaměřen na zajištění požadovaného tepelného stavu vnitřního prostředí (v zimním období spolu s vytápěcím systémem, popř. v letním období spolu s klimatizačním zařízením). Stavební konstrukce budov a jejich části musí mít právě takové tepelně technické vlastnosti, které požadovaný tepelný stav vnitřního prostředí zabezpečují, a to ať už v ustáleném či neustáleném tepelném stavu (podrobný popis požadovaných vlastností stavebních konstrukcí a jejich částí je uveden v části I. Stavební tepelná technika.

3.VYHLÁŠKA 245 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé užitkové vody včetně rozúčtování nákladů na objekty a mezi konečné spotřebitele.Sbírka zákonů č.245/1995

V této vyhlášce se uvádí mj.pravidla pro vytápění, zejména se stanovuje délka otopného období a požadovaná teplota vnitřního vzduchu v budovách.

Délka otopného období

Není-li mezi odběratelem a dodavatelem dohodnuto jinak, začíná otopné období 1.září a končí 31.května následujícího roku.

Dodávka tepla se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu poklesne v příslušné lokalitě pod 13°C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad 13°C pro následující den.

Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením vlivu sálání okolních stěn v 7, 00, 14, 00 a ve 21, 00 h, přičemž teplota měřená v 21, 00 h se počítá dvakrát.

Vytápění se omezí nebo přeruší v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu vystoupí nad 13°C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den.

V průběhu otopného období byty v době od 6, 00 do 22, 00 h, nebytové a společné prostory podle potřeby jsou vytápěny tak, aby byla zabezpečena vnitřní teplota stanovená projektem, která pro obytné místnosti je 20°C.Od 22, 00 do 6, 00 h se vytápění omezí nebo krátkodobě přeruší do té míry, aby byly dodrženy požadavky na tepelnou stabilitu místnosti.

Teplota vzduchu v místnosti

Pro účely této vyhlášky je požadavek předcházejícího odstavce splněn, jestliže v místnosti s otopným tělesem teplota vzduchu naměřená teploměrem uprostřed půdorysu ve výši 1 m nad nášlapnou vrstvou podlahy, bez vlivu oslunění, je proti číselné hodnotě teploty stanovené projektem

- a)vyšší o 1°C v místnosti s jednou venkovní stěnou,
- b)vyšší o 1, 5°C v místnosti s dvěma venkovními stěnami,
- c)vyšší o 2, 0°C v místnosti s třemi nebo více venkovními stěnami, či s nadměrným zasklením.

4. ČSN 73 0543 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STÁJOVÝCH OBJEKTŮ.

Část 2 Větrání a vytápění

Tato norma určuje zásady postupu výpočtu a pokyny pro navrhování větracích a vytápěcích zařízení včetně jejich regulací, které slouží k vytváření a udržování požadovaného stavu vnitřního vzduchu ve stájových, manipulačních a provozních prostorách pro ustájení hospodářských zvířat a manipulaci s nimi, pokud jde o uzavřené prostory.

Zásady stanovené touto normou se vztahují na zařízení v nových, rekonstruovaných a modernizovaných objektech pro užitkové chovy, pro rozmnožovací, plemenné a šlechtitelské chovy a v karanténních stávkách a izolačních stájích.

Norma neplatí pro zařízení v otevřených prostorech a rovněž pro zařízení v provizorních stávkách, v líhnicích drůbeže a pro provozování zařízení.

V rámci definic je mj. definován „stájový vzduch“. Rozumí se jím směs plynů, vodní páry a příměsí v zóně zvířat; jeho stav je charakterizován:

- a) teplotou,
- b) relativní vlhkostí,
- c) rychlostí proudění,
- d) složením a obsahem příměsí (plyny, prach, mikroorganismy).

Pro všechny druhy zvířat (skot, koně, ovce, kozy, prasata, králíky, hrabavou drůbež, vodní drůbež) se uvádějí výpočtové (požadované) hodnoty k nimž patří teplota a relativní vlhkost vzduchu v závislosti na stáří zvířat a jejich hmotnosti.

Např. pro telata ve stáří nad 0, 5 do 3 měsíců, hmotnosti 40 až 100 kg v oddělení mléčné výživy se stelivovým ustájením je výpočtová teplota vzduchu 10°C a relativní vlhkost vzduchu 80%.

Pokud jde o výpočtové hodnoty koncentrace CO₂, ty se uvádějí souhrnně, např. pro skot je výpočtová hodnota CO₂ – v objemových procentech: 0, 25% a počet prachových částic p.p.m. = 2500. Totéž platí pro doporučené rychlosti vzduchu. Např. pro savce je doporučená nejvyšší rychlost proudění vzduchu 0, 05 až 0, 15 m/s při teplotě vzduchu $t_{i, \min}$, stanovené podle čl. 4.2.2 normy. K uvedeným hodnotám se připojují poznámky:

a) U nižších věkových kategorií lze počítat s nižšími hodnotami a u vyšších věkových kategorií s vyššími hodnotami rychlosti proudění vzduchu.

b) Při vyšších teplotách se zvyšuje doporučená nejvyšší rychlost vzduchu vždy o 0, 15 m/s na každé 2 K, o které převyšuje skutečná teplota vzduchu výpočtovou hodnotu.

Vedle výše vyjmenovaných výpočtových parametrů vnitřního vzduchu obsahuje norma:

- a) konstanty pro výpočet biologických produkcí jednoho zvířete,
- b) korekce pro zahrnutí odparu z mokřých ploch ve stáji do produkce vlhkosti,
- c) konstanty pro stanovení výpočtové hmotnosti drůbeže a králíků v závislosti na věku,
- d) konstanty pro stanovení dávek vzduchu pro odvod tepla ze stáje v letním období,
- e) výpočtové hodnoty současnosti provozu místního přitápění z hlediska topného výkonu,

- f) výpočtové hodnoty hmotnostního toku vodní páry a oxidu uhličitého na 1kW tepelného výkonu pro různá paliva při vytápění bez odvodu spalin,
- g) hodnoty činitele γ zohledňujícího vliv hmotnosti stavby,
- h) hodnoty činitele α zohledňujícího vliv velikosti zasklení,
- i) výpočtové stavy venkovního vzduchu a základní hodnoty pro psychrometrické výpočty,
- j) výpočtové hmotnosti drůbeže a králíků (kromě krůt),
- k) výpočtové hmotnosti krůt a krocanů,
- l) celková produkce tepla jednotlivých zvířat v závislosti na teplotě,
- m) celková produkce vodní páry jednotlivých zvířat v závislosti na teplotě,
- n) produkce oxidu uhličitého jednotlivými zvířaty v závislosti na hmotnosti,
- o) dávky vzduchu pro odvod tepla na 1 kus v letním období v objektech pro savce a drůbež.

5.ISO Working Draft.Ventilation for acceptable indoor air quality.

V tomto dokumentu jsou uvedeny požadavky na větrání budov pro bydlení v době pobytu lidí. Tabulka 1 – Požadavky na větrání budov pro bydlení v době pobytu lidí (n – intenzita výměny vzduchu, h^{-1} , V_v – tok větracího vzduchu, l/s)

Prostor	Intenzita výměny vzduchu
Obytný prostor	$n = 0,35 h^{-1}$, avšak nejméně $V_v = 7,5 l/s$ na jednu přítomnou osobu
Kuchyně	50 l/s při používání nebo 12 l/s při trvalém větrání nebo otvíratelných oknech
Koupelny, toalety	25 l/s při používání nebo 10 l/s při trvalém větrání nebo otvíratelných oknech
Garáže:	50 l/s
a) jednotlivé pro každou bytovou jednotku	
b) společné pro několik bytů	7,5 l/s a auto

Poznámky k tabulce:

1. Při výpočtu intenzity výměny vzduchu zahrnuje objem všechny větrané prostory. Větrání je normálně uspokojivě zabezpečeno infiltrací a přirozeným větráním. Dobře utěsněné budovy vyžadují přídatné větrání pro prostory se spalovacím zařízením s přívodem vzduchu z obytných prostor, jako jsou krby a zařízení s nuceným odtahem. Osazení místností se počítá takto: první ložnice, dvě osoby; každá další místnost, jedna osoba. V případě, že je obsazení místností známo, vychází se z této skutečnosti.

2.V kuchyních se předpokládá mechanické větrání.Klimatické podmínky ovlivňují výběr větracího systému.

3.V koupelnách a toaletách se předpokládá mechanické větrání.

4.Pro odsávání z kuchyní, koupelen a toalet může být použit vzduch z přílehlých obytných prostor.Přiváděný vzduch musí splnit požadavky na kvalitu vzduchu ve vnějším prostředí a musí být přiváděný v dostatečném množství.

5.V garážích obvykle postačuje větrání infiltrací nebo přirozeným větráním.

6.prEN 12831 Otopné soustavy v budovách – Metoda výpočtu návrhových tepelných ztrát

V této normě se uvádí mj.minimální výměna vnějšího vzduchu – viz tabulku 1.

Tabulka 1 – Minimální výměna vnějšího vzduchu $n_{ex}(h^{-1})$

Typ místnosti	n_{ex} h^{-1}
Normální	0,3
Kuchyň nebo koupelna s oknem	1,0
Sušárna, prádelna	2,0

Dále parametry tepelné pohody ve vnitřním prostředí budov.Vychází se přitom z normy EN 27730 – ISO 7730, ve které jsou pro hodnocení tepelné pohody použity index PMV a PPD.

Index PMV vyjadřuje průměrnou hodnotu tepelných pocitů velké skupiny lidí nalézajících se v daném prostředí.Index PPD vyjadřuje procento nespokojených osob pobývajících v daném prostředí, tj.těch, kteří pociťují v daném prostředí tepelnou nepohodu.

Index PMV má následující stupnici:

- 3 zima
- 2 chladno
- 1 mírně chladno
- 0 neutrální stav
- 1 mírně teplo
- 2 teplo
- 3 horko

Za značnou nepohodu se považuje stav charakterizovaný rozsahem ± 2 , ± 3 .

Indexy PMV-PPD závisí na 6 parametrech:na fyzické aktivitě člověka(vyjádřenou metabolickým teplem, jednotka met = 58 W/m^2)a tepelně izolační schopnosti jeho oděvu(jednotka clo)a dále na parametrech charakterizujících prostředí, tj.teplotě vzduchu, účinné teplotě okolních ploch(střední radiační teplotě), rychlosti proudění vzduchu a částečném tlaku vodní páry (vlhkosti vzduchu).

Vzhledem k tomu, že vlhkost vzduchu má malý vliv na tepelné pocity člověka a také rychlost proudění vzduchu ve vytápěném prostoru je malá ($v < 0,2$ m/s), může být vliv fyzikálních parametrů prostředí vyjádřen operativní teplotou t_o .

Operativní teplota je definována jako vážený průměr teploty vzduchu t_a a průměrné účinné teploty t_r , jejichž váha je dána tepelnou ztrátou lidského těla vyjádřená součinitelem přestupu tepla prouděním h_c a sáláním h_r :

$$t_o = (h_c t_a + h_r t_r) / (h_c + h_r)$$

Vzhledem k malé rychlosti proudění vzduchu ve vytápěném prostoru – viz výše – uvedená rovnice se zjednoduší tak, že operativní teplota se vyjádří jen na základě teploty vzduchu a průměrné účinné teploty, tj.

$$t_o = (t_a + t_r) / 2$$

Je však možné další zjednodušení této rovnice. Nejsou-li plochy stěn ohraničujících místnost příliš velké a jejich povrchová teplota se vzájemně příliš neliší, je možno nahradit průměrnou účinnou teplotu vnitřních ploch – průměrnou teplotou vnitřních ploch místnosti, stanovenou ze vztahu

$$t_r = \frac{\sum(t_{s,k} A_k)}{\sum A_k}$$

kde $t_{s,k}$ je teplota na povrchu k ,
 A_k - plocha povrchu k .

V obytných budovách za normálních okolností a dobře izolovaných stěn a okny s tepelně izolačními skly a nepřesahuje-li plocha oken 50% plochy stěn, je poměrně malý rozdíl mezi teplotou vzduchu a průměrnou účinnou teplotou, takže lze považovat za přijatelné, že platí rovnost:

operativní teplota = teplota vzduchu = průměrná účinná teplota

$$t_o = t_a = t_r$$

Požadovaná tepelná kvalita prostředí může být rozdělena do tří kategorií – podle přípustného procenta nespokojených – viz tabulku 2.

Tabulka 2 – Kategorie kvality tepelného stavu prostředí

Kategorie	PPD	PMV
A	< 6%	-0,2 < PMV < +0,2
B	< 10%	-0,5 < PMV < +0,5
C	< 15%	-0,7 < PMV < +0,7

V tabulce 3 jsou uvedena návrhová kritéria pro různé typy budov v závislosti na aktivitě člověka a tepelně izolační schopnosti jeho oděvu. Návrhová vnitřní teplota pro výpočet tepelných ztrát může být diferencována podle požadovaného komfortu.

Tabulka 3 – Návrhová vnitřní teplota(t_o – operativní teplota, °C

Typ budovy/ Prostoru	Oděv(clo) zima	Aktivita (met)	Kategorie	t_o (°C) zima
Jednotlivé kanceláře	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Velkoroz- měrné kanceláře	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Zasedací místnosti	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Posluchárny	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Kavárny/ Restaurace	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Učebny	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Školky	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Obchodní domy	1, 0	1, 6	A	17, 5 – 20, 5
			B	16, 0 – 22, 0
			C	15, 0 – 23, 0
Obytné domy	1, 0	1, 2	A	21, 0 – 23, 0
			B	20, 0 – 24, 0
			C	19, 0 – 25, 0
Koupelny	0, 2	1, 6	A	24, 5 – 25, 5
			B	23, 5 – 26, 5
			C	23, 0 – 27, 0
Kostely	1, 5	1, 3	A	16, 5 – 19, 5
			B	15, 0 – 21, 0
			C	14, 0 – 22, 0
Muzea, galerie	1, 0	1, 6	A	17, 5 – 20, 5
			B	16, 0 – 22, 0
			C	15, 0 – 23, 0

7.ČSN ISO 7726(83 3551) Tepelné prostředí – Přístroje a metody měření fyzikálních veličin

Tato norma stanoví minimální charakteristiky zařízení pro měření fyzikálních veličin prostředí, jakož i metod měření těchto veličin.

Jejím záměrem není vymezit obecný index komfortu nebo tepelné zátěže, ale stanovit jednotný postup záznamu dat k určení tohoto indexu. Takto získané údaje mohou být využity i v jiných normách, které se týkají metod měření.

Tuto normu je třeba považovat jako referenční při stanovení

- a) údajů pro výrobce a uživatele přístrojů k měření fyzikálních veličin prostředí,
- b) písemné dohody mezi dvěma stranami o měření těchto veličin.

Norma je vhodná pro sledování horkého, přijatelného nebo chladného prostředí v zóně pobytu člověka.

Norma má tento obsah:

1. Norma komfortu a norma zátěže
2. Fyzikální veličiny prostředí
3. Specifikace měřících přístrojů
4. Měřené veličiny
5. Charakteristiky měřících přístrojů
6. Specifikace měřících metod
7. Specifikace změn fyzikálních veličin v průběhu času
8. Údaje o změnách fyzikálních veličin v průběhu času.

Přílohy obsahují:

- A – Měření teploty vzduchu
- B – Měření střední radiční teploty
- C a D – Měření absolutní vlhkosti vzduchu
- F – Měření rychlosti vzduchu

Tato norma se uvádí pro úplnost a pro připomenutí, že všechny veličiny charakterizující vnitřní prostředí jsou měřitelné a že pro jejich měření platí určitá pravidla. Neuvádí se vlastní postupy při jejich měření.

8. Stanovení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí a budov – Měření a kontrola tepelných ztrát budov.

Také tato norma se uvádí pro úplnost a připomenutí, že při měření tepelných ztrát a vyčíslování spotřeby tepla na vytápění je jeho nezbytnou součástí měření tepelného stavu vnitřního a vnějšího prostředí. Tyto údaje je nutno uvádět v protokolech o měření. Použijí se také pro transformaci naměřených údajů o spotřebě tepla na normovou úroveň. Tím se dostávají na srovnatelnou úroveň s hodnotami předepsanými v požadavkových normách.

Výčet veličin vnitřního a vnějšího prostředí, které se musí podle této normy měřit:

- a) Teplota vnitřního vzduchu
- b) Výsledná teplota
- c) Relativní vlhkost vzduchu
- d) Teplota vnějšího vzduchu
- e) Relativní vlhkost vnějšího vzduchu
- f) Rychlost a směr větru
- g) Intenzita globálního slunečního záření

O B S A H

Úvod

I. STAVEBNÍ TEPELNÁ TECHNIKA

1. ČSN 73 0540 TEPELNÁ OCHRANA BUDOV

Část 1 – Termíny, definice a veličiny pro navrhování a ověřování

Část 2 – Funkční požadavky

Část 3 – Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování

Část 4 – Výpočtové metody pro navrhování a ověřování

2. ČSN 73 0548 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ

3. ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ

4. ČSN 06 0220 ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ – DYNAMICKÉ STAVY

5. ČSN 73 0542 ZPŮSOB STANOVENÍ ENERGETICKÉ BILANCE ZASKLENÝCH PLOCH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ BUDOV

6. ČSN 14 8102 TEPELNÉ IZOLACE CHLADÍREN A MRAZÍREN

7. ČSN EN ISO 9251 TEPELNÁ IZOLACE – PODMÍNKY ŠÍŘENÍ TEPLA A VLASTNOSTI MATERIÁLŮ – SLOVNÍK

8. EN ISO 9228 – ŠÍŘENÍ TEPLA SÁLÁNÍM – FYZIKÁLNÍ VELIČINY A DEFINICE

9. ČSN EN ISO 7345(73 0553) Tepelná izolace - Fyzikální veličiny a definice

10. ČSN EN ISO 9346 (73 0554) Tepelná izolace – Fyzikální veličiny a definice

11. ČSN EN ISO 8497 (73 0556) Tepelná izolace – Stanovení prostupu tepla v ustáleném stavu tepelné izolace pro kruhové potrubí

12. EN 673 Sklo ve stavebnictví – Stanovení tepelné propustnosti (hodnota U) – Výpočetní metoda

13. ČSN EN ISO 6946 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda (ISO 6946:1996).

14. ČSN EN ISO 10 211 – 1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchové teploty – Část 1: Základní výpočtové metody.

15. CEN/TC 89 N 309 E Stavební prvky – Součinitel prostupu tepla - Tabulkové hodnoty pro okna a vícenásobná zasklení – výpočtové hodnoty

16.prEN ISO Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích -
Tepelné toky a povrchové teploty – Část 2: Výpočet lineárních tepelných mostů (ISO/DIS
10211-2:1995)

17.CEN/TC 89 N 667 E METODA VÝPOČTU SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA
ZÁVĚSOVÝCH STĚN

18.prEN 832:1994 Tepelné chování budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění obytných
budov).

19.prEN 12831 Otopné soustavy v budovách – Metoda výpočtu návrhových tepelných ztrát

20.CEN/TC 89 N 215 E OKNA A DVEŘE – PROSTUP TEPLA – VÝPOČTOVÁ
METODA

21.CEN/TC 89 N 455 E Tepelné chování budov – Prostup tepla zeminou – Výpočtová metoda

II. TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY

1.ČSN 72 7300 Tepelně izolační materiály a výrobky
Názvy a definice

2.ČSN 72 7301 Tepelně izolační materiály a výrobky
Klasifikace

3.ČSN 72 7308 Minerální vlna. Technické požadavky

4.ČSN 72 7311 Desky z minerální vlny. Technické požadavky

5.ČSN 72 7312 Prošívané rohože z minerální vlny

6.ČSN 72 7313 Lamelové rohože z minerální vlny

7.ČSN 64 3510 Desky z pěnového polystyrenu

8.ČSN 70 1680 Pěnové sklo

9.ČSN 72 7320 Expandovaný perlit. Metody zkoušení

10.ČSN 72 7371 Stavební desky z dřevěné vlny a cementu

11.prEN 13162:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky
z minerální vlny - Specifikace

12.prEN 13163:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky
z pěnového polystyrenu - Specifikace

13.prEN 13164:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky
z extrudovaného polystyrenu - Specifikace

- 14.prEN 13165:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z polyuretanu – tuhé pěny - Specifikace
- 15.prEN 13166:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z fenolické tuhé pěny – Specifikace
- 16.prEN 13167:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z pěnového skla - Specifikace
- 17.prEN 13168:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z dřevěné vlny - Specifikace
- 18.prEN 13169:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z expandovaného perlitu - Specifikace
- 19.prEN 13170:1998 Tepelné izolace pro budovy – Výrobky z expandovaného korku - Specifikace
- 20.prEN 13171:1998 Tepelné izolace pro budovy – Dřevovláknité materiály - Specifikace
- 21.prEN ISO 13787:1998 Tepelně izolační výrobky pro technická zařízení budov a pro průmyslové instalace – Stanovení deklarovaných hodnot tepelné vodivosti
- 22.prEN 12524:1996 Stavební materiály a výrobky – Energetické vlastnosti – Tabulkové návrhové hodnoty
- 23.CEN/TC 89 N 357 E Tepelná izolace stavebních prvků a zařízení – Část 2:Výpočet optimální ekonomické tloušťky izolačních vrstev

Přehled norem pro zkoušení tepelně technických vlastností tepelně izolačních materiálů

- 1.ČSN 64 0526 Zkoušení plastických hmot.Stanovení měrné tepelné vodivosti plastických hmot.
- 2.ČSN 64 5421 Stanovení nasákavosti lehčených hmot.
- 3.ČSN 72 7011 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.Metoda válce
- 4.ČSN 72 7012-1 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.Metoda desky.
Část 1:Společná ustanovení
- 5.ČSN 72 7012-2 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.Metoda desky.
Část 2:Metoda chráněné teplé desky

6.ČSN 72 7012-3 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.Metoda desky.

Část 3:Metoda měřidla tepelného toku

7.ČSN 72 7013 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.Metoda koule

8.ČSN 72 7014 Stanovení součinitele tepelné vodivosti materiálů v ustáleném tepelném stavu.vyhodnocení zkoušek

9.ČSN 72 7302 Tepelně izolační materiály z anorganických vláken.Metody zkoušení

10.ČSN 72 7303 Tepelně izolační materiály z anorganických vláken.Metody zkoušení

11.EN 1609:1996 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při krátkodobém částečném ponoření

12.prEN 12086 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení propustnosti vodní páry

13.prEN 12087 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při dlouhodobém ponoření

14.prEN 12088 Tepelné izolace pro budovy – Stanovení nasákavosti při difuzi

15.EN ISO 12570:1996 Stavební materiály – Stanovení vlhkosti vysušováním při vyšších teplotách

16.ISO 8301:1991 Tepelná izolace – Stanovení tepelného odporu a příslušné vlastnosti v ustáleném stavu – Metoda měřidla tepelného toku

17.ISO 8302:1991 Tepelná izolace – Stanovení tepelného odporu a příslušné vlastnosti v ustáleném stavu – Metoda desky

III.VZDUCHOTECHNIKA

1.ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ

2.ČSN 73 0548 VÝPOČET TEPELNÉ ZÁTĚŽE KLIMATIZOVANÝCH PROSTORŮ

3.ČSN 73 0543 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STÁJOVÝCH OBJEKTŮ.
Část 2 Větrání a vytápění

4.prEN 832 Tepelně technické chování budov – Výpočet spotřeby tepla v obytných budovách

IV.VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

1.ČSN 06 0210 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ

2.ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

3.VYHLÁŠKA 245 Ministerstva průmyslu a obchodu, kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé užitkové vody včetně rozúčtování nákladů na objekty a mezi konečné spotřebitele.Sbírka zákonů č.245/1995

4.ČSN 73 0543 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ STÁJOVÝCH OBJEKTŮ.
Část 2 Větrání a vytápění

5.ISO Working Draft.Ventilation for acceptable indoor air quality.

6.prEN 12831 Otopné soustavy v budovách – Metoda výpočtu návrhových tepelných ztrát

7.ČSN ISO 7726(83 3551) Tepelné prostředí – Přístroje a metody měření fyzikálních veličin

8.Stanovení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí a budov – Měření a kontrola tepelných ztrát budov