

Interreg



EVROPSKÁ UNIE

Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj

STAVEBNICTVÍ

Stavební fyzika



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Základní pojmy, cíle a úkoly stavební fyziky I, legislativa	2
1.1. Cíle stavební fyziky I:.....	2
2. Okrajové podmínky pro tepelně technické výpočty	3
2.1. Vnější prostředí	3
2.2. Vnitřní prostředí.....	4
3. Tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů	5
3.1. Tepelná vodivost λ	5
3.2. Faktor difúzního odporu μ	6
4. Šíření tepla	7
4.1. Základní způsoby šíření tepla	7
4.2. Šíření tepla vedením.....	7
4.3. Šíření tepla prouděním	8
4.4. Šíření tepla sáláním	8
5. Tepelný odpor, součinitel prostupu tepla	9
5.1. Tepelný odpor konstrukce R	9
5.2. Součinitel prostupu tepla U.....	9
6. Lineární činitel prostupu tepla	11
6.1. Konstrukční tepelný most.....	11
7. Vnitřní povrchová teplota	13
8. Difúze a kondenzace vodní páry.....	14
8.1. Vlhkost vzduchu	14
8.2. Základní veličiny.....	15
8.3. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry	16
9. Pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.....	17
10. Tepelná stabilita v letním období	19
10.1. Zásady pro navrhování	19
11. Tepelná stabilita v zimním období	20
11.1. Zásady pro navrhování	20
12. Stavebně energetické vlastnosti budovy.....	21
12.1. Energetický štítek.....	21
12.2. Průkaz energetické náročnosti budovy	22
12.3. Zásady pro navrhování budov z hlediska energetického:.....	22

1. ZÁKLADNÍ POJMY, CÍLE A ÚKOLY STAVEBNÍ FYZIKY I, LEGISLATIVA

Ustálený teplotní stav - stav, kdy rozložení teplot v tělese se s časem nemění.

Dvourozměrné teplotní pole - místo, kde se stýkají dvě konstrukce (např. stěna a střecha, stěna a balkónová deska, atp.) dochází k dvourozměrnému (2D) vedení tepla v důsledku deformace teplotního pole.

Trojrozměrné vedení tepla - místo, kde se stýkají tři plošné konstrukce (např. dvě stěny a střecha v koutě místnosti pod střechou) dochází dokonce k trojrozměrnému (3D) vedení tepla.

I.1. Cíle stavební fyziky I:

Cílem předmětu Stavební fyzika I je seznámit studenta s tepelně – technickou normou. Umět vyhodnotit základní **požadavky tepelně – technické normy**.

Normy:

- ČSN 73 0540-1: 2005 *Tepelná ochrana budov. Část 1: Terminologie*
- ČSN 73 0540-2: 2011 *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*
- ČSN 73 0540-3: 2005 *Tepelná ochrana budov. Část 3: Návrhové hodnoty veličin*
- ČSN 73 0540-4: 2005 *Tepelná ochrana budov. Část 4: Výpočtové metody*
- ČSN EN ISO 6946: 2009 *Stavební prvky a stavební konstrukce-tepelný odpor a součinitel prostupu tepla-výpočtová metoda.*
- ČSN EN ISO 13789: 2009 *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda*
- ČSN EN ISO 10211: *Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Výpočet tepelných toků a povrchových teplot – Podrobné výpočty*
- ČSN EN ISO 13790: 2009 *Tepelné chování budov - Výpočet potřeby energie na vytápění*
- ČSN EN ISO 13789: 2009 *Tepelné chování budov - Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda*

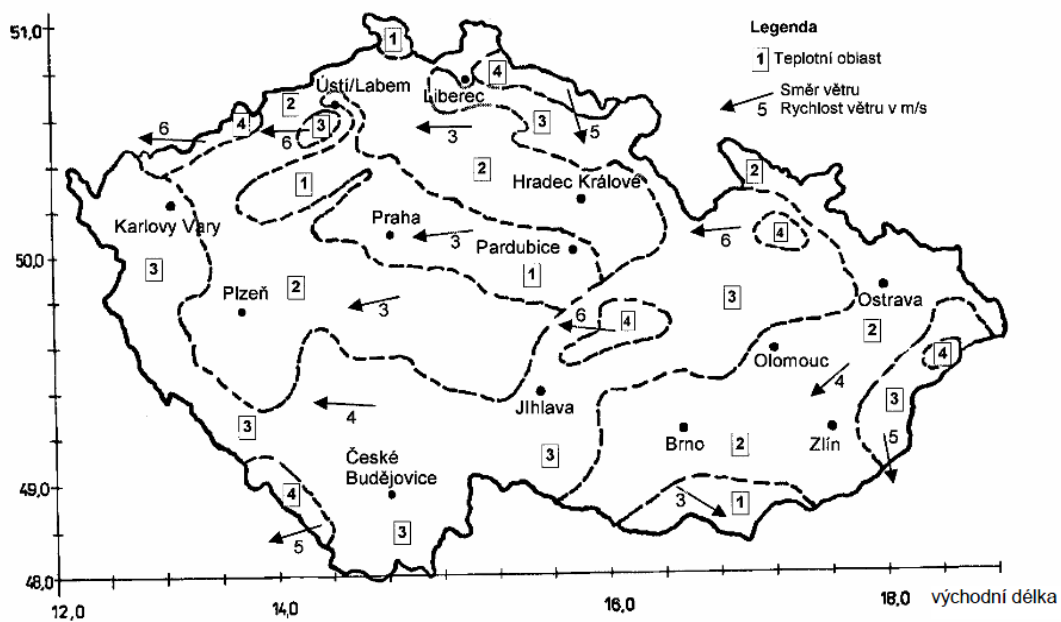
2.OKRAJOVÉ PODMÍNKY PRO TEPELNĚ TECHNICKÉ VÝPOČTY

2.1. Vnější prostředí

Pro návrh jednotlivých prvků **obalových konstrukcí budovy** a pro **energetické hodnocení budovy** je důležité určení parametrů vnějšího prostředí v posuzované lokalitě. Základními klimatickými prvky jsou z tohoto pohledu teplota a vlhkost vzduchu.

Teplota

Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období. Závisí na **zeměpisné poloze** a **nadmořské výšce** hodnoceného objektu. Rozložení území do čtyř základních teplotních oblastí znázorňuje Obr. 1.



Obr. 1: Teplotní oblasti v zimním období

Zdroj: ČSN 73 0540-3. Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin.

Relativní vlhkost

Návrhovou relativní vlhkost vnějšího vzduchu lze podle ČSN 730540-3 stanovit ze vztahu:

$$\begin{aligned}\varphi_e &= \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} [\%] \varphi_e = \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} [\%] \varphi_e \\ &= \frac{93 \cdot \theta_e - 3153,5}{\theta_e - 39,17} [\%]\end{aligned}$$

2.2. Vnitřní prostředí

Výpočtová vnitřní teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu závisí především **na účelu užití objektu**.

Návrhová vnitřní teplota

Odpovídá **výsledné operativní teplotě** v místnosti. Jedná se tedy o hodnotu zahrnující vliv teploty vzduchu a vliv povrchových teplot **ohraničujících konstrukcí**. Používá se při výpočtech souvisejících s **tepelnými ztrátami** a **potřebou tepla** na vytápění.

Návrhová teplota vnitřního vzduchu

Je nezbytná při posuzování stavebních konstrukcí a detailů. Jedná se o teplotu vnitřního vzduchu bez vlivu sálání z okolních ploch.

Relativní vlhkost

Ve výpočtech se nejčastěji používá tabulková návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu, která je pro různé typy místností uvedena v tab. I.1 v ČSN 730540-3. Obvykle se jedná o hodnotu 50 %, která se používá pro všechny běžné prostory s výjimkou prostorů se suchými, vlhkými a mokřými provozy.

3. TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

3.1. Tepelná vodivost λ

Charakterizuje schopnost látky vést teplo.

Je definována jako množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl **jednotkový teplotní spád**. Přitom se předpokládá, že teplo se šíří pouze v jednom směru.

Deklarovaná hodnota λ_D

Je očekávaná hodnota součinitele tepelné vodivosti stavebního materiálu nebo výrobku. Je zjištěná z naměřených údajů za referenčních podmínek teploty a vlhkosti (ty jsou určeny zvláštními předpisy).

Výrobce prokazuje zaručenou kvalitu svých výrobků. Nejsou zohledněny podmínky, ve kterých bude materiál zabudován. Nemohou být použity pro výpočet součinitele prostupu tepla.

Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti je uváděna v **ES Certifikátu shody, ES Prohlášení o shodě**, na **štítku s označením CE** umístěném na materiálu nebo na obalu materiálu a obvykle v **technických listech** vydávaných výrobcem nebo distributorem.

Charakteristická hodnota λ_k

Je hodnota součinitele tepelné vodivosti odvozená pro charakteristickou hmotnostní vlhkost (teplota vzduchu 23 °C, relativní vlhkost 80 %). **Výchozí hodnota** pro stanovení návrhové hodnoty.

Návrhová hodnota λ_U

Je hodnota součinitele tepelné vodivosti stavebního materiálu nebo výrobku, která může být považována za typickou pro chování tohoto materiálu nebo výrobku ve stavební konstrukci. Pro vnější konstrukce je vždy nutné použít návrhové hodnoty (cca o 10 % větší hodnota).

Součinitel tepelné vodivosti závisí na celé řadě vlivů:

- **měrná a objemová hmotnost, pórovitost** (zvýšením objemové hmotnosti se zvyšuje tepelná vodivost);
- **vlhkost** (zvýšením vlhkosti se zvyšuje tepelná vodivost);
- **směr tepelného toku** neizotropních látek (při anizotropních látkách závisí souč. tepelné vodivosti na směru tepelného toku, v různých směrech je jiná);
- **chemické složení** (složitost struktury, méně složitá – vyšší λ , kovy);
- **teplota** (se stoupaním teploty látky tepelná vodivost roste – zvýšení kinetické energie molekul v základní látce).

3.2. Faktor difúzního odporu μ

Je bezrozměrná veličina udávající, kolikrát je příslušný materiál pro vodní páru méně propustný než vzduch.

4. ŠÍŘENÍ TEPLA

4.1. Základní způsoby šíření tepla

Teplo je energie, která se šíří v jakémkoliv libovolném prostředí, pokud v tomto prostředí jsou místa s rozdílnými teplotami. Vzhledem ke **snaze o vyrovnání** teplotního stavu tělesa nebo prostoru dochází k šíření tepla od míst s vyšší teplotou do míst s nižší teplotou.

3 základní způsoby šíření tepla:

- vedením (kondukcí);
- prouděním (konvekci);
- sáláním (radiací).

4.2. Šíření tepla vedením

K šíření tepla vedením dochází především v **pevných látkách**. Z hlediska stavební techniky se jedná o nejběžnější způsob šíření tepla, uplatňuje se u všech stavebních konstrukcí. Vedení tepla je v podstatě postupné odevzdávání **kinetické energie** molekulám tělesa při jejich dotyku.

Vedení tepla popisuje Fourierův zákon (první a druhý).

První Fourierův zákon definuje závislost tepelného toku na gradientu teploty (na teplotním spádu). Tento zákon vychází z předpokladu ustáleného teplotního pole, což je stav kdy rozložení teplot v tělese se s časem nemění. Dalším předpokladem je homogenita a izotropnost tělesa. Směr tepelného toku je protichůdný gradientu teploty, neboť teplo se šíří od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší.

Druhý Fourierův zákon popisuje vztah mezi časovou a místní změnou teploty (neustálené teplotní pole v trojrozměrném prostoru).

4.3. Šíření tepla prouděním

V kapalných a plynných látkách. Částice látek se pohybují a přitom přenášejí teplo.

Rozlišujeme přirozené proudění, které vzniká přemísťováním částic různé hmotnosti při zahřátí látky a vynucené proudění, kde je proudění vyvoláno vnějšími vlivy – v technické praxi obvykle čerpadlem nebo ventilátorem.

Newtonův zákon – popisuje hustotu tepelného toku při proudění.

4.4. Šíření tepla sáláním

Je to v podstatě přenos elektromagnetického záření, především záření infračerveného. Toto záření vydává každé těleso o teplotě vyšší, než 0 K. Takovéto těleso nejen záření vydává, ale částečně i pohlcuje, odráží a propouští.

5. TEPELNÝ ODPOR, SOUČINITEĽ PROSTUPU TEPLA

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla jsou základními veličinami charakterizujícími **tepelně izolační vlastnosti** stavebních konstrukcí.

5.1. Tepelný odpor konstrukce R

$$R = d / \lambda \quad [(m^2 \cdot K) / W]$$

Odpor při přestupu tepla R_{si} , R_{se}

- Výměna tepla na povrchu konstrukce mezi konstrukcí a okolním prostředím.
- Na základě proudění vzduchu na povrchu konstrukce a sálání mezi povrchem konstrukce a okolními tělesy.

Tepelný odpor konstrukce při přestupu tepla R_T

$$R_T = R_{si} + \sum R + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K) / W]$$

5.2. Součinitel prostupu tepla U

Převrácená hodnota tepelného odporu.

$$U = 1 / R_T \quad [W / (m^2 \cdot K)]$$

Požadavky na součinitel prostupu tepla uvádí ČSN 730540-2.

- Pro každou stavební konstrukci musí být splněna podmínka $U \leq U_N$.
- U je součinitel prostupu tepla konstrukce.
- U_N je normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla.

Požadovaná a doporučená hodnota:

požadovaná = maximálně přípustná hodnota, která zabezpečuje všechny základní požadavky na kvalitu vnitřního mikroklimatu, s ohledem na potřebu tepla na vytápění objektu se však jedná o hodnotu ryze standardní, bez možnosti dosažení výraznějších úspor.

Doporučená = dává předpoklady pro velmi racionální využití tepelné energie a užitím této hodnoty můžeme bezprostředně ovlivnit kvalitu vnějšího prostředí formou snížení požadavků na energetické zdroje. Z tohoto pohledu se návrh stavební konstrukce v oblasti doporučených hodnot součinitele prostupu tepla jeví jako optimální.

6.LINEÁRNÍ ČINITEL PROSTUPU TEPLA

Lineární činitel prostupu tepla charakterizuje **tepelně technické vlastnosti** dvourozměrných tepelných mostů a vazeb.

Vyjadřuje množství tepla ve W, které prochází při jednotkovém teplotním rozdílu jednotkovou délkou tepelného mostu.

U stavebních konstrukcí ovlivňuje kvalitu **vnitřního mikroklimatu** v budovách a má tedy i vliv na uživatelský komfort stavebního objektu.

Požadavky uvádí ČSN 730540-2

$$\kappa_k \leq \kappa_{k,N} \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$$

κ_k je lineární činitel prostupu tepla tepelné vazby mezi konstrukcemi.

$\kappa_{k,N}$ je normou požadovaná hodnota.

V místě, kde se stýkají dvě konstrukce (např. stěna a střecha, stěna a balkónová deska, atp.) dochází k dvourozměrnému (2D) vedení tepla v důsledku deformace teplotního pole.

V místě kde se stýkají tři plošné konstrukce (např. dvě stěny a střecha v koutě místnosti pod střechou) dochází dokonce k trojrozměrnému (3D) vedení tepla.

Deformace teplotního pole znamená vždy změnu **tepelné propustnosti** (proto tato místa označujeme jako tepelné mosty).

6.1. Konstrukční tepelný most

Vzniká, kde materiály s vyšší tepelnou vodivostí procházejí tepelnou izolací nebo do ní vstupují, přerušení nebo oslabení izolace (balkónové konzoly, paty zdí, základy, upevňovací systémy v tepelně izolačním systému, dřevěný sloupek v lehké konstrukci, ...).

Geometrické TM – tepelné vazby

Vznikají vždy tam, kde izolační rovina mění směr nebo se mění její tloušťka (rohы vnějších stěn, sokly, žlaby, hřeben, čelo štítu, ostění oken, ...).

Přímé dopady TM:

- Změna tepelného toku s obecně vyššími tepelnými ztrátami.
- Snížená povrchová teplota v prostoru tepelného mostu v porovnání s jinými rovnými vnějšími povrchy.

Tím nastává vlivem TM:

- Vyšší **topná zátěž**, vyšší **potřeba tepla** na vytápění, vyšší měrná **spotřeba dodané energie**.
- Snížení komfortu nízkými teplotami vnitřních povrchů.
- Riziko tvorby **kondenzátu a plísní** na povrchu vnitřních ploch.
- Zvýšené usazování prachu vyšší vlhkostí vzduchu a konstrukcí v oblasti TM.

7. VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA

Teplota vnitřního povrchu stavebních konstrukcí ovlivňuje kvalitu vnitřního mikroklimatu v budovách a má tedy i vliv na **uživatelský komfort** stavebního objektu.

Používá se při hodnocení rizika kondenzace vodní páry a výskytu plísní na vnitřním povrchu stavební konstrukce.

Od roku 2007 se pro hodnocení požadavků na vnitřní povrchovou teplotu používá teplotní faktor vnitřního vzduchu. Jedná se o poměrnou veličinu, která je na rozdíl od vnitřní povrchové teploty vlastností konstrukce a nezávisí na působících teplotách.

Pro neprůsvitné konstrukce je kritériem vyloučení vzniku plísní, pro okna vyloučení povrchové kondenzace vodní páry.

- Vyloučení vzniku plísní = relativní vlhkost max. 80 %.
- Vyloučení povrchové kondenzace = relativní vlhkost 100 %.

Požadavky stanovuje ČSN 730540-2.

Stavební konstrukce v běžných prostorech s relativní vlhkostí vzduchu do 60 % musí ve všech místech svého vnitřního povrchu splňovat podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$$

$$f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$$

f_{Rsi} *nejnižší teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce.*

$f_{Rsi,cr}$ *kritický teplotní faktor vnitřního povrchu, stanovení výpočtem nebo z tabulek.*

8. DIFÚZE A KONDENZACE VODNÍ PÁRY

Prostup vodní páry a přenos vlhkosti stavebními konstrukcemi

Výskyt vlhkosti vyvolává poruchy, ovlivňuje životnost konstrukce a hygienické podmínky. Všechny stavební konstrukce obsahují vlhkost.

Zdroje vlhkosti ve stavebních konstrukcích:

- **technologická:** při realizaci stavby mokrymi procesy;
- **zemní:** ze zeminy, obklopující části konstrukcí, které jsou s ní v dotyku;
- **srážková:** déšť, sníh, námraza;
- **sorpční:** přijímají materiály z ovzduší v důsledku hygroskopických vlastností, záleží na kolísání relativní vlhkosti;
- **zkondenzovaná voda:** sráží se na povrchu nebo uvnitř konstrukcí z vodní páry obsažené ve vzduchu a z vodní páry prostupující konstrukcemi obvodových plášťů;
- **provozní:** kde probíhají mokré procesy (praní, vaření, lázně, umývárny,...), proti provozní vlhkosti chrání konstrukce kvalitně provedené vodotěsné povrchové úpravy stěn a vodotěsné izolace podlah.

8.1. Vlhkost vzduchu

Vzduch, který nás obklopuje je směs **suchého vzduchu** a **vodní páry**.

- **Částečný tlak** se podle **Daltonova zákona** skládá z částečných tlaků suchého vzduchu částečného tlaku vodní páry [Pa].
- **Absolutní vlhkost** vyjadřuje množství vodní páry ve vzduchu [g/m³].
- **Relativní vlhkost** vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodní parou [%].
- **Teplota rosného bodu** je to teplota, při níž je vzduch bez kondenzace při ochlazení vodní parou právě nasycen.

Způsoby přenosu vlhkosti ve stavebních konstrukcích

- **sorpční vlhkosti** (adsorpce vodní páry, absorpce, chemisorpce);
- **difúze vodní páry;**
- **vodivost vlhkosti.**

Difúze a kondenzace vodní páry

Za předpokladu, že konstrukce odděluje dvě prostředí s rozdílnými částečnými tlaky vodní páry.

V důsledku takto vzniklého gradientu částečných tlaků vodních par dochází v makrokapilárách stavebních materiálů, jejichž rozměr je větší než střední volná dráha molekul vody ($2,78 \cdot 10^{-10} = 27,8 \text{ nm}$), k pohybu vlhkosti podle zákonů difúze od místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry k místu s tlakem nižším.

8.2. Základní veličiny

Součinitel difúze vodní páry δ_p (někdy nazýván součinitel difúzní vodivosti)

Charakterizuje difúzní schopnost materiálu, z předchozího vztahu plyne, že tento součinitel je konstantou úměrnosti mezi hustotou difúzního toku a gradientem částečného tlaku vodní páry.

Faktor difúzního odporu μ (v současné době více používán)

Bezrozměrná veličina udávající, kolikrát je příslušný materiál pro vodní páru méně propustný než vzduch.

Ekvivalentní difúzní tloušťka vrstvy s_d

Udává, jaká by musela být tloušťka vzduchové vrstvy, aby měla stejný difúzní odpor jako vrstva zkoumaného materiálu.

Zjištění výskytu kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce

Metodika zjištění výskytu kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí vychází z porovnání hodnot částečných (parciálních) tlaků vodní páry – skutečného částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodní páry v konstrukci.

Zjištění výskytu kondenzace vodní páry v konstrukci se provádí pro okrajové podmínky, odpovídající největšímu rozdílu parciálních tlaků vodní páry ve vnitřním a vnějším prostředí, což odpovídá současně i největšímu rozdílu teplot, výpočet se provádí tedy pro podmínky zimního období.

Ke kondenzaci vodní páry dochází, dosáhne-li skutečný částečný tlak vodní páry v libovolném průřezu konstrukce alespoň hodnoty tlaku nasyceného.

8.3. Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry

Aktivní (kladná) – veškerá vlhkost zkondenzovaná v průběhu ročního cyklu se během téhož cyklu vypaří.

Pasivní (záporná) – vlhkost není schopna se v průběhu ročního cyklu v plném rozsahu vypařit a dochází k jejímu dlouhodobému hromadění uvnitř konstrukce.

Normové požadavky:

Norma ČSN 73 0540 doporučuje navrhovat stavební konstrukce tak, aby v nich nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.

Pokud dochází:

- Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
- Roční bilance kondenzace a vypařování musí být aktivní.
- Ročně zkondenzované množství vodní páry nesmí přesáhnout normativní limit, který činí:
 - Pro sendvičové konstrukce $0,1 \text{ kg/m}^2$, zároveň však max. 3 % hmotnosti pro konstrukce o objemové hmotnosti nad 100 kg/m^3 a nebo max. 6 % hmotnosti pro konstrukce o objemové hmotnosti do 100 kg/m^3 .
 - Pro jednovrstvé konstrukce $0,5 \text{ kg/m}^2$, zároveň však max. 5 % hmotnosti pro konstrukce o objemové hmotnosti nad 100 kg/m^3 a nebo max. 10 % hmotnosti pro konstrukce o objemové hmotnosti do 100 kg/m^3 .
 - Zároveň pokud je v konstrukci dřevo nebo materiály na bázi dřeva, nesmí jeho vlhkost překročit 18 %.

Zásady pro navrhování stavebních konstrukcí z hlediska difúze a kondenzace vodní páry

- Správné řazení jednotlivých vrstev z hlediska **difúzního odporu** (optimální aby klesal od vnitřního k vnějšímu povrchu).
- V případě, že je potřeba navrhnout skladbu konstrukce, na jejímž líci je vrstva s velmi vysokým difúzním odporem (sklo, plech, apod.):
 - před vnější parotěsnou vrstvu vřadit **odvětrávanou vzduchovou vrstvu** a konstrukci řešit jako dvouplášťovou;
 - také na vnitřní líc konstrukce navrhnout vrstvu se stejným nebo vyšším difúzním odporem, než je na líci vnějším (zajistit aby materiály uvnitř skladby měly v době zabudování minimální vlhkostní obsah, jsou parotěsně uzavřeny).

9. POKLES DOTYKOVÉ TEPLoty PODLAHOVÉ KONSTRUKCE

Hodnocení podlahy z hlediska odnímatelnosti tepla, to znamená z hlediska kontaktního ochlazovacího účinku na lidský organismus.

Tepelná jímavost podlahy se určuje:

- v zimním období, za předpokladu neustáleného teplotního stavu;
- počáteční teplota povrchu nohy $\theta_k = 33 \text{ °C}$;
- doba kontaktu nohy s podlahovou konstrukcí $t = 600$ sekund.

2 základní stádia:

- **počáteční:** po krátké počáteční prodlevě dochází k poklesu kontaktní teploty nohy;
- **reakce:** začíná se uplatňovat termoregulační systém lidského těla, dochází k přísunu tepla z těla ke kontaktní ploše.

Podle schopnosti podlahy odnímat teplo dochází:

- k **poklesu** (pozvolnějšímu) kontaktní teploty (studené podlahy);
- k **nárůstu** kontaktní teploty (teplé podlahy).

Výpočet poklesu dotykové teploty

- Výpočtový postup dle ČSN 730540-4.
- Hodnota poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce $\Delta\theta_{10}$ se stanoví na základě vnitřní povrchové teploty θ_{si} a **tepelné jímavosti** podlahové konstrukce B, která je rovna tepelné jímavosti horního povrchu nášlapné vrstvy podlahy.
- Tepelná jímavost horního povrchu se stanoví postupným výpočtem tepelných jímavostí horního povrchu jednotlivých vrstev podlahové konstrukce, od vrstvy nejnižše položené k nevyšše položené vrstvě podlahy.

Za nejnižší vrstvu podlahy se považuje:

- vrstva nad hydroizolací (podlaha na terénu);
- nosná vrstva stropní konstrukce.

Požadavky uvádí ČSN 730540-2

Pokles dotykové teploty se nemusí ověřovat u podlah:

- s trvalou nášlapnou celoplošnou vrstvou z textilní podlahoviny;
- s povrchovou teplotou trvale vyšší než 26 °C.

Pro podlahy s podlahovým vytápěním se pokles dotykové teploty podlahy stanovuje a ověřuje pro vnitřní povrchovou teplotu podlahy stanovenou bez vlivu vytápění, při návrhové teplotě přilehlého prostředí odpovídající návrhové teplotě venkovního vzduchu na začátku nebo na konci topného období ($\theta_e = 13 \text{ °C}$).

10. TEPELNÁ STABILITA V LETNÍM OBDOBÍ

Tepelná stabilita místnosti v letním období zkoumá chování (nárůst teploty vnitřního vzduchu) osluněného vnitřního prostoru v letním období.

Stále aktuálnější problém (nebezpečí přehřívání u prosklených ploch).

Výpočtové posouzení se provádí pro **kritickou místnost**:

- prostor s předpokládanou nejvyšší tepelnou zátěží;
- místnost s největšími přímo osluněnými prosklenými plochami, orientovanými na Z, JZ, J, JV, V a to v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru.

ČSN 730540-2 používá pro hodnocení nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti.

10.1. Zásady pro navrhování

- Průsvitné konstrukce: plocha, orientace, clonění.
 - Protichůdné požadavky, minimalizace **tepelných zisků** v létě a získání co nejvíce solární energie v zimě.
 - Obvykle upřednostnění **solárních zisků** v zimě a pro léto navrhnout dostatečné clonění (žaluzie, rolety, markýzy, římsy, přesah střechy).
 - Návrh stínících prvků s ohledem na orientaci ke světovým stranám, na kvalitu denního osvětlení a využití solárních zisků v zimním období.
- Snížení tepelného toku neprůsvitnými obalovými konstrukcemi vhodnou barvou a strukturou vnějšího povrchu (světlé barvy).
- **Dvouplášťové provětrávané konstrukce** (vnější plášť = radiační clona, snižuje prostup energie do interiéru).
- Návrh obalových konstrukcí se zvýšenou **akumulační schopností** (vrstvy s vysokou objemovou hmotností na vnitřní líc konstrukce).
- **Akumulační prvky** uvnitř budovy (stropní konstrukce, vnitřní dělicí konstrukce jako masivní konstrukce se zvýšenou akumulační schopností).

11. TEPELNÁ STABILITA V ZIMNÍM OBDOBÍ

Tepelná stabilita místnosti v zimním období zkoumá chování v zimním období, v době přerušení vytápění místnosti (otopná přestávka, havárie, ...).

Konstantní teplota vnějšího vzduchu, proměnná teplota vnitřního vzduchu.

Výpočet vychází z energetické bilance prostoru.

- **Tepelné ztráty** místnosti prostupem a infiltrací.
- **Tepelné zisky** z chladnoucích konstrukcí, případně zisky z dalších vnitřních zdrojů tepla (technologická zařízení, chladnucí otopná tělesa,...).

Výpočtové posouzení se provádí pro kritickou místnost:

- místnost s nejvyšším průměrným součinitelem prostupu tepla konstrukcí místnosti;
- často je to rohová místnost pod střechou.

Výhodou řešení zimní stability je získání časového průběhu chladnutí místnosti.

- Optimalizace délky otopné přestávky (při havárii, v případě skladování určitých produktů,...).

ČSN 730540-2, kritérium pro hodnocení

- pro hodnocení zimní tepelné stability se používá:
- pokles výsledné teploty v místnosti.

II.1. Zásady pro navrhování

- Průsvitné konstrukce – zlepšení tepelně izolačních vlastností (zasklení, rám, křídlo, osazení do konstrukce).
- Zlepšení tepelně izolačních vlastností obalových konstrukcí.
- Zlepšení tepelně izolačních vlastností vnitřních ochlazovaných konstrukcí.
- Zvýšení akumulační schopnosti vnitřních vrstev obalových konstrukcí (vrstvy s vysokou objemovou hmotností na vnitřní líc konstrukce).
- Akumulační prvky uvnitř budovy (stropní konstrukce, vnitřní dělicí konstrukce jako masivní konstrukce se zvýšenou akumulační schopností).
- Vytvoření akumulačních jader uvnitř objektu.

12. STAVEBNĚ ENERGETICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY

Hodnotí se v zimním období, pomocí průměrného součinitele prostupu tepla

$$U_{em} [W/(m^2.K)]$$

Postup výpočtu dle ČSN 73 0540-4.

Požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla (ČSN 73 0540-2)

- Vyjadřují vliv samotného stavebního řešení na úsporu energie na vytápění.
- Nezohledňují tedy žádné nejisté faktory (chování uživatelů, vliv klimatických podmínek).
 - Musí být splněno $U_{em} \leq U_{em,N}$

Referenční budova - virtuální budova stejných rozměrů a stejného prostorového uspořádání jako hodnocená budova. Stejného účelu a umístění. Všechny plochy obálky mají normou požadované hodnoty.

12.1. Energetický štítek

- Energetický štítek je jednoduché hodnocení stavby dle ČSN 73 0540-2, zda splňuje stanovené součinitele prostupu tepla, tedy zda dům z hlediska tepelných izolací odpovídá současným požadavkům.
- Ke každému štítku povinně náleží příslušný protokol s identifikačními a vypočtenými hodnotami.
- Obsah a forma energetického štítku obálky budovy jsou uvedeny v příloze citované normy ČSN 73 0540-2:2011.

Energetická náročnost budovy dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Je celková dodaná energie na:

- vytápění;
- chlazení;
- přípravu teplé vody;
- mechanické větrání;
- úpravy relativní vlhkosti vnitřního vzduchu;
- osvětlení.

Potřeba energie x spotřeba energie

- **Spotřeba energie:** předpokládaná celková potřeba energie dodávané pro daný účel včetně vlivu účinností všech distribučních systémů a zdrojů.
- **Potřeba energie:** základní potřeba energie bez vlivu účinností příslušných systémů.

12.2. Průkaz energetické náročnosti budovy

Energetický průkaz náročnosti budov obsahuje informace o energetické náročnosti budovy vypočtené podle metody stanovené prováděcím právním předpisem. Energetická náročnost budovy se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v GJ.

- Průkaz energetické náročnosti budovy obsahuje protokol prokazující energetickou náročnost budovy a grafické znázornění energetické náročnosti budovy.
- Klasifikace energetické náročnosti budovy je rozdělena do klasifikačních tříd A až G, kde jsou také určeny jejich hranice.

12.3. Zásady pro navrhování budov z hlediska energetického:

- umístění stavby;
- geometrické řešení objektu;
- dispoziční řešení objektu.

Umístění stavby ovlivní

- Teplota vnějšího vzduchu (konfigurace terénu, hustota a charakter okolní zástavby).
- Nevhodné stavět budovy v uzavřených údolích, na severních svazích.
- Rychlost větru (ovlivňuje tepelnou ztrátu infilrací).
- Nevhodná místa vrcholy kopců, otevřená krajina s intenzivními větry.

Geometrické řešení objektu

- Ovlivňuje tepelnou ztrátu prostupem tepla, s rostoucí plochou obalových konstrukcí dochází k nárůstu tepelné ztráty.
- Optimalizace tvaru budovy (co nejmenší faktor budovy).

Dispoziční řešení objektu

- Orientace ke světovým stranám (průsvitné plochy na jih).