

# Stručně o zbylých požadavcích a výpočtech

Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT

Původní text ze skript „Stavební fyzika 31“ z roku 2004. Částečně aktualizováno v roce 2019 především s ohledem na změny v normách.

V předchozích kapitolách byly poměrně podrobně komentovány výpočtové postupy a požadavky, které se v posledních letech objevily v evropských tepelně technických normách a v ČSN 730540-2. Pro úplnost je třeba zmínit se i o ostatních výpočtech – i když to bude jen dosti stručně. Podrobnosti k jednotlivým postupům je možné nalézt např. v ČSN 730540-4.

## 1.1. Šíření vzduchu konstrukcí a budovou

Z hlediska šíření vzduchu konstrukcemi a budovou požaduje norma ČSN 730540-2 v čl. 7, aby:

- **spáry lehkých obvodových plášťů** měly požadovanou třídu průvzdušnosti podle Tab. 1. *Splnění tohoto požadavku se zajišťuje použitím LOP s vyhovující hodnotou třídy průvzdušnosti podle ČSN EN 12152.*
- **spáry a spoje v ostatních konstrukcích** a mezi nimi byly provedeny jako trvale vzduchotěsné podle dosažitelného stavu techniky. Jinými slovy: konstrukce kromě výplní otvorů musí být vzduchotěsné. Navíc norma požaduje v čl. 7.1.3, aby byla tepelně izolační vrstva chráněna na vnější straně proti účinkům větru. *Splnění zmíněných požadavků se zajišťuje kvalitním návrhem detailů a prováděním vzduchotěsných vrstev ve skladbách konstrukcí (parozábrany, difúzní folie).*
- **intenzita větrání** v užívané místnosti, stanovená pro zimní návrhové podmínky, splňovala podmínku  $n_N \leq n \leq 1,5 \cdot n_N$ , přičemž požadovaná intenzita větrání  $n_N$  se stanovuje na základě množství potřebného čerstvého vzduchu<sup>1</sup>. *Splnění požadavku se zajišťuje návrhem větrání místnosti (nejlépe nuceným větráním).*

Další požadavky ČSN 730540-2 na šíření vzduchu jsou už sice jen doporučující, ale přesto mají svůj význam, a to zvláště u budov s nízkou energetickou náročností. Norma doporučuje, aby:

- **celková průvzdušnost obálky budovy** byla tak nízká, že celková intenzita výměny vzduchu obálkou budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa splní podmínku  $n_{50} \leq n_{50,N}$ , přičemž doporučená hodnota  $n_{50,N}$  se uvažuje podle Tab. 2. *Splnění tohoto doporučení se zajišťuje kvalitním návrhem a provedením konstrukcí a detailů ve vysokém stupni vzduchotěsnosti a ověřuje se experimentálně metodou „blower-door“ podle ČSN EN 13829.*
- **průvzdušnost místnosti s nuceným větráním** nebo klimatizací byla velmi malá. Konkrétně by vypočtená intenzita přirozeného větrání v zimních podmínkách (přes spáry oken) měla splnit podmínku  $n \leq 0,05 \text{ h}^{-1}$ , pokud jiné předpisy nestanovují výměnu vyšší. *Splnění tohoto doporučení se zajišťuje použitím výplní otvorů s nízkou průvzdušností spár a kvalitním návrhem a provedením konstrukcí a detailů ve vysokém stupni vzduchotěsnosti.*
- **intenzita větrání neužívané místnosti** splňovala podmínku  $n_{\min} \geq 0,1 \text{ h}^{-1}$ , pokud jiné předpisy nestanovují intenzitu větrání vyšší. *Splnění tohoto doporučení se zajišťuje použitím výplní otvorů s potřebnou průvzdušností, resp. provedením vhodných větracích otvorů či ve výjimečných případech nuceným větráním.*
- v novostavbách s celkovou intenzitou větrání větší než  $1 \text{ h}^{-1}$  po dobu nejméně 8 hodin denně bylo použito účinné **zařízení ke zpětnému získávání tepla** z odpadního vzduchu, s ověřenou účinností zpětného získávání tepla nejméně 60 %.

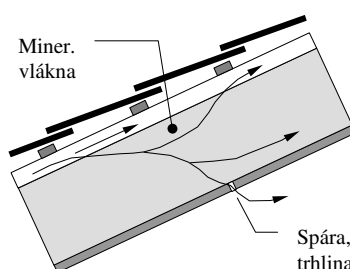
<sup>1</sup> Pro pobytové místnosti se uvažuje obvykle min.  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  na osobu v klidu. Při aktivním pohybu či práci může potřeba vzduchu stoupnout až na  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  na osobu. Obvyklé hodnoty  $n_N$  pro obytné a obdobné budovy leží v rozmezí od  $0,3$  do  $0,6 \text{ h}^{-1}$ , přičemž hodnota  $0,5 \text{ h}^{-1}$  se většinou používá jako běžný standard.

**Tab. 1:** Požadované hodnoty třídy průvzdušnosti

| Funkční spára ve výplni otvoru | Požadovaná hodnota třídy průvzdušnosti         |                                   |
|--------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                | Budova s větráním přirozeným nebo kombinovaným | Budova s větráním výlučně nuceným |
| Lehký obvodový plášť           | LP1                                            | LP2                               |

**Tab. 2:** Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu  $n_{50,N}$ 

| Větrání v budově                                                                                            | Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [ $\text{h}^{-1}$ ] |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                                                                                                             | Úroveň I                                                                           | Úroveň II |
| Přirozené nebo kombinované                                                                                  | 4,5                                                                                | 3,0       |
| Nucené                                                                                                      | 1,5                                                                                | 1,2       |
| Nucené se zpětným získáváním tepla                                                                          | 1,0                                                                                | 0,8       |
| Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy) | 0,6                                                                                | 0,4       |
| Hodnoty na úrovni I se doporučuje splnit vždy, hodnoty na úrovni II se doporučuje splnit přednostně.        |                                                                                    |           |

**Obr. 1** Pronikání vnějšího vzduchu do tepelné izolace a do interiéru u konstrukce bez vzduchotěsných vrstev

Požadavky na šíření vzduchu se většinou nedají výpočtem ověřit, a proto má řada projektantů tendence je přehlížet a navrhovat s klidným svědomím konstrukce, které mají do vzduchotěsnosti velmi daleko. Je to velmi riskantní přístup, který se nemusí vyplatit, protože množství tepla unikající netěsnostmi v konstrukcích prouděním vzduchu bývá vysoké a může způsobit zvláště ve větrných oblastech značné potíže s vytápěním (Obr. 1). Ještě nebezpečnější vliv může mít šíření vzduchu prouděním na vlhkostní chování netěsných konstrukcí. Vzduch proudící netěsnostmi může totiž do konstrukce za určitých podmínek přinášet značné množství vodní páry, která pak v konstrukci kondenzuje v míře, která se často vymyká běžným odhadům.

## 1.2. Pokles dotykové teploty podlah

**Požadavky** stanovuje ČSN 730540-2 v čl. 5.5 (Tab. 3). **Výpočtové postupy** pro pokles dotykové teploty uvádí ČSN 730540-4.

**Tab. 3:** Požadované hodnoty poklesu dotykové teploty podlah

| Místnost                                                                                                                                                                                                                                                                | Kategorie podlah | Pokles dotyk. teploty |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| dětský pokoj, ložnice, dětská místnost jeslí a školky, pokoj nemocných dětí                                                                                                                                                                                             | I. Velmi teplé   | $\leq 3,8\text{ °C}$  |
| obývací pokoj, pracovna, kuchyň, předsíň u pokojů, operační sál, ordinace, chodba nemocnic, pokoj nemocných, pokoj intenzivní péče, přípravná, vyšetřovna, kancelář, tělocvična, učebna, kabinet, restaurace, sál kina a divadla, hotelový pokoj, pracovní sedavé místo | II. Teplé        | $\leq 5,5\text{ °C}$  |
| koupelna, WC, chodba a předsíň nemocnice, pokoj v ubytovně, místa pro hosty v restauraci, prodejny, trvalé pracovní místo bez podlahky a předepsané teplé obuvi                                                                                                         | III. Méně teplé  | $\leq 6,9\text{ °C}$  |
| bez požadavků                                                                                                                                                                                                                                                           | IV. Studené      | $> 6,9\text{ °C}$     |

Požadavek se nemusí ověřovat u podlah s trvalou textilní nášlapnou vrstvou (koberec) a u podlah s povrchovou teplotou trvale vyšší než  $26\text{ °C}$ . U podlah s vytápěním na zemině a nad nevytápěným suterénem se požadavek ověřuje výpočtem bez uvažování vytápění pro venkovní teplotu  $13\text{ °C}$ .

## 1.3. Tepelná stabilita místnosti v zimním období

**Požadavky** stanovuje ČSN 730540-2 v čl. 8.1 (Tab. 4). **Výpočtové postupy** pro tepelnou stabilitu v zimním období uvádí ČSN 730540-4.

**Tab. 4:** Požadovaný maximální pokles výsledné teploty v místnosti na konci otopné přestávky

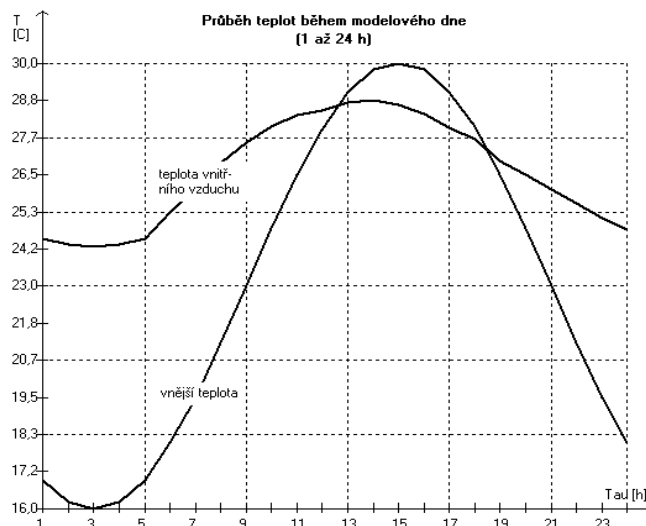
| Místnost                                                                  | Specifikace                               | Max. přípustný pokles výsledné teploty |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| s pobytem lidí po přerušení vytápění při vytápění:                        | radiátory, sálavými panely a teplovzdušně | $3\text{ °C}$                          |
|                                                                           | kamny a podlahovém vytápění               | $4\text{ °C}$                          |
| bez pobytu lidí při otopné přestávce:                                     | v budově masivní                          | $6\text{ °C}$                          |
|                                                                           | v budově lehké                            | $8\text{ °C}$                          |
| bez pobytu lidí při předepsané nejnižší výsledné teplotě $\theta_{v,min}$ |                                           | $\theta_i - \theta_{v,min}$            |
| bez pobytu lidí během otopné přestávky - při skladování potravin          |                                           | $\theta_i - 8\text{ °C}$               |
| bez pobytu lidí během otopné přestávky - při nebezpečí zamrznutí vody     |                                           | $\theta_i - 1\text{ °C}$               |
| Nádrže s vodou (požadavek se týká teploty vody)                           |                                           | $\theta_i - 1\text{ °C}$               |

**Tab. 5:** Požadované nejvyšší přípustné hodnoty pro hodnocení tepelné stability v letním období

| Druh budovy                       | Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti $\theta_{ai,max}$ |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Nevýrobní                         | 27,0 °C                                                      |
| Ostatní s vnitřním zdrojem tepla: |                                                              |
| $\leq 25 \text{ W/m}^3$           | 29,5 °C                                                      |
| $> 25 \text{ W/m}^3$              | 31,5 °C                                                      |

## 1.4. Tepelná stabilita místnosti v letním období

Základní **požadavky** na tepelnou stabilitu místnosti v letním období stanovuje ČSN 730540-2 v čl. 8.2 (Tab. 5). Kromě požadavků na přirozeně větrané budovy bez chlazení jsou v ČSN 730540-2 uvedeny také požadavky na **klimatizované prostory**, které musí splnit podmínku na nejvyšší denní teplotu vzduchu  $\theta_{ai,max} \leq 32 \text{ °C}$ . Ověření požadavků pro klimatizované i neklimatizované prostory se provádí bez zahrnutí vlivu vnitřních zisků a chlazení.



**Obr. 2** Výsledky dynamického výpočtu programem Simulace

**Výpočtový postup** pro hodnocení tepelné stability v letním období uvádí evropská norma ČSN EN ISO 52016-1. Výpočet se obvykle provádí s pomocí výpočetní techniky. Při aplikaci evropské normy se používají okrajové podmínky podle ČSN 730540-3, přičemž pro ověření splnění normových požadavků se neuvažují vnitřní zisky. Výpočet je také možné provést pro obecný den v roce. Výsledkem je pak průběh teploty vzduchu v místnosti během hodnoceného dne<sup>2</sup> (Obr. 2).

<sup>2</sup> Dynamické výpočtový model podle ČSN EN ISO 52016-1 předpokládá dosažení tzv. kvazistacionárního stavu – tj. stavu, při kterém se denní kolísání všech okrajových podmínek neustále opakuje. Výsledky pak reprezentují chování místnosti během období naprosto stejných dnů, např. během periody týdenních veder.