VZDUCHOTĚSNOST BYTOVÝCH DOMŮ



V SOUČASNÉ DOBĚ PŘEVLÁDAJÍ VE VÝSTAVBĚ PASIVNÍCH A NÍZKOENERGETICKÝCH OBJEKTŮ DOMY RODINNÉ. STÁLE ČASTĚJI SE ALE LZE SETKAT S TÍMTO STANDARDEM TAKÉ U OBJEKTŮ ADMINISTRATIVNÍCH NEBO BYTOVÝCH. V ROCE 2010 VYŠLO REVIDOVANÉ ZNĚNÍ TECHNICKÉ NORMALIZAČNÍ INFORMACE TNI 73 0330 [2], KTERÁ SE PRÁVĚ ZABÝVÁ HODNOCENÍM A KLASIFIKACÍ OBYTNÝCH BUDOV S VELMI NÍZKOU POTŘEBOU TEPLA NA VYTÁPĚNÍ. SOUČÁSTÍ TNI JE TAKÉ PŘÍLOHA A, KTERÁ ŘEŠÍ BYTOVÉ DOMY Z POHLEDU VZDUCHOTĚSNOSTI. V MINULOSTI JSME JIŽ PROVEDLI NĚKOLIK MĚŘENÍ BYTOVÝCH DOMŮ A V TOMTO ČLÁNKU BYCHOM VÁS RÁDI SEZNÁMILI S VÝSLEDKY JEDNOHO Z NEJROZSÁHLEJŠÍCH MĚŘENÍ, KTERÁ JSME DOSUD PROVEDLI.

Předmětem měření byl bytový dům o třech sekcích viz /obr. 01/ se společným suterénem, ve kterém jsou umístěny garáže, technické místnosti a sklepní kóje. Střechy jsou ploché. Každá sekce (A, B a C) má vlastní vchod. Horizontální konstrukce jsou monolitické železobetonové. Nosné stěny jsou z vápenopískových cihel tl. 200 mm. Obvodové stěny jsou opatřeny vnějším kontaktním zateplovacím systémem s tepelným izolantem z pěnového polystyrénu tl. 180 mm. Výplně otvorů jsou dřevěné s izolačními trojskly. Připojovací spáry výplní otvorů jsou řešeny vzduchotěsnicími páskami.

V domě se nachází celkem 37 bytů o dispozicích 2+KK, 3+KK a 4+KK. Celý dům je koncipován jako nízkoenergetický s lokálními VZT jednotkami s rekuperací umístěnými samostatně v každém bytě. Vytápění je řešeno kombinací teplovzdušného vytápění a elektrickými přímotopy umístěnými pod okny /foto 03/. Přívod vzduchu do každé obytné místnosti je v podlaze pod okny. Odvod vzduchu je nad dveřmi do pokoje /foto 03/ a ústí do potrubí, které je v chodbách, koupelnách a WC zakryto SDK podhledem na roštech /foto 04/. Pro pomocný ohřev TUV se používají solární panely umístěné na střeše.

VZDUCHOTĚSNOST BYTOVÝCH DOMŮ DLE TNI 73 0330 [2]

O problematice vzduchotěsnosti staveb jsme na stránkách DEKTIME již několikrát psali [7], [9]. Jedná se o jeden ze základních parametrů pro hodnocení kvality výstavby a vedle akustických parametrů se jedná o jeden z mála parametrů přímo měřitelný na stavbě. Vzduchotěsnost obvodového pláště lze hodnotit intenzitou výměny vzduchu v interiéru při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem. Oproti ČSN 73 0540-2 [3], kde je hodnota intenzity výměny vzduchu vázána na způsob větrání v měřeném prostoru, je v TNI 73 0330 [2] již striktně předepsána požadovaná hodnota dle energetického standardu domu. Pro bytové domy v pasivním energetickém standardu je požadováno splnění hodnoty



Obr. 01 | Schémata půdorysů 1.NP až 4.NP

2+KK
3+KK
4+KK



01



02

$n_{50} \leq 0{,}6\ h^{-1}$ a pro bytové domy v nízkoenergetickém standardu je požadováno splnění hodnoty $n_{50} \leq 1{,}5\ h^{-1}$.

MĚŘENÍ A HODNOCENÍ VZDUCHOTĚSNOSTI BYTOVÝCH DOMŮ DLE TNI 73 0330 [2]

TNI 73 0330 [2] umožňuje dva základní způsoby měření vzduchotěsnosti bytových domů:

1) objekt jako celek (jediná tlaková zóna),

2) obytná část rozdělená na dílčí jednotky (byty nebo skupiny bytů jako samostatné tlakové zóny).

Při měření objektu jako celku (jediná tlaková zóna) se považuje požadavek na budovu jako celek za splněný, pokud intenzita výměny vzduchu n_{50} budovy jako celku splní požadovanou hodnotu. Důležitá je proveditelnost měření, protože je obvykle zapotřebí použít výkonnější měřicí zařízení a dle našich zkušeností [8] lze touto metodou u velkoobjemových prostorů snáze dosáhnout požadované hodnoty (příznivější poměr plochy obalových konstrukcí a měřeného objemu). Snazší splnění je dáno tím, že v ČR dosud není definováno a požadováno splnění doplňujících kritérii pro velkoobejmové prostory. Např. dle německé normy DIN 4108-7 [6] se u objektů s vnitřním objemem větším než 1 500 m^3 požaduje také splnění hodnoty propustnosti vzduchu $q_{50} \leq 3{,}0\ m^3/(h.m^2)$, což je objemový tok vzduchu netěsnostmi v obálce budovy vztažený k celkové ploše obálky budovy.

Při měření obytné části rozdělené na dílčí jednotky (byty nebo skupiny bytů) se měří všechny jednotky nebo pouze relevantní počet jednotek. U bytových domů nejvýše s pěti jednotkami se požaduje měření všech jednotek a u bytových domů s více jak pěti jednotkami se za relevantní považuje takový počet jednotek, jejichž součet objemů vnitřního vzduchu je nejméně 25 % celkového objemu vnitřního vzduchu obytné části. Při výběru jednotek je samozřejmě žádoucí, aby byly vybrány jednotky s co největší ochlazovanou plochou a současně aby byly zastoupeny všechny materiálové a konstrukční varianty. Požadavek na vzduchotěsnost budovy se považuje za splněný, pokud každá dílčí jednotka samostatně splňuje požadavek na intenzitu

01| Pohled na bytový dům od jihu

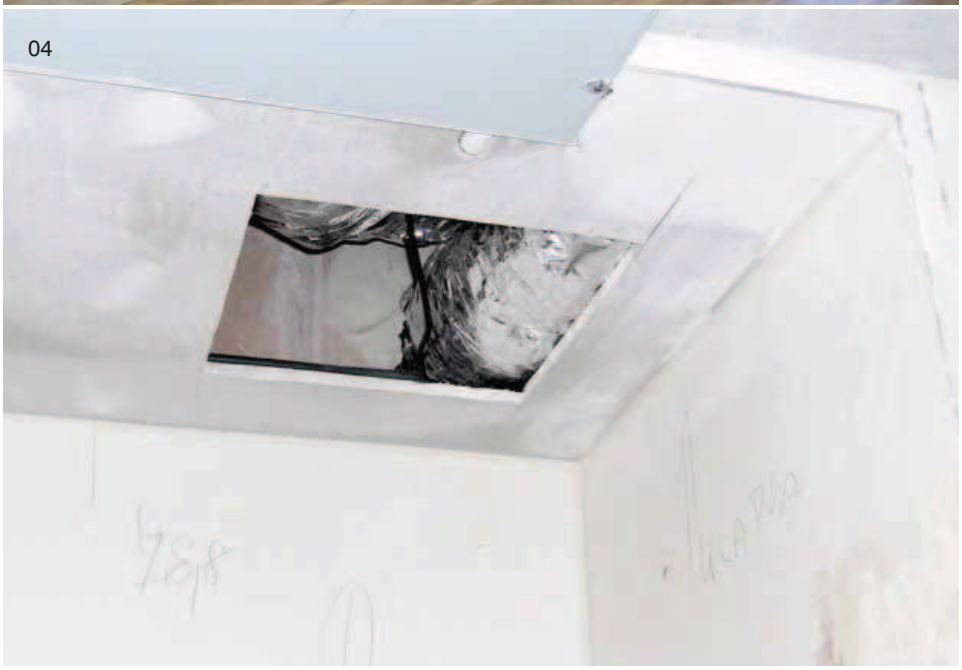
02| Pohled na bytový dům od západu

03| Elektrický přímotop a přiváděcí otvory pod oknem, odváděcí otvor nad dveřmi do pokoje

04| Otevřený podhled v technické místnosti bytu



03



04

výměny vzduchu, a nebo průměrná intenzita výměny vzduchu $n_{50,m}$ všech změřených jednotek splňuje požadovanou hodnotu a současně dílčí intenzity výměny vzduchu n_{50} významného počtu změřených jednotek splňuje požadovanou hodnotu (platí pro každou jednotku samostatně). Průměrná hodnota intenzity výměny vzduchu se vypočítá podle vztahu:

$$n_{50,m} = \frac{\sum V_{50,i}}{\sum V_i} (h^{-1}) \quad /1/$$

kde

$V_{50,i}$ je objemový tok vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa zjištěný měřením dílčí i-té jednotky

V_i je vnitřní objem vzduchu dílčí jednotky

Za významný se považuje takový počet změřených jednotek, jejichž součet vnitřních objemů vzduchu je nejméně 2/3 objemu vzduchu všech měřených jednotek.

MĚŘENÍ VZDUCHOTĚSNOSTI PŘEDMĚTNÉHO DOMU

Mezi největší riziko při měření bytového domu jako celku nebo pouze relevantního počtu jednotek patřila v tomto případě možnost neodhalení nevyhovujících bytů, pokud by byl jejich počet malý. To si investor uvědomoval a protože deklaroval nízkoenergetický standard každé jednotky ve smlouvě s klienty, požadoval po realizační firmě prokázání dostatečné vzduchotěsnosti každého bytu samostatně. Navíc oproti TNI 73 0330 [2] byla požadována přísnější hodnota $n_{50} \leq 1{,}0\ h^{-1}$.

Blower-Door test všech bytů byl proveden ve více dnech na podzim 2010. Všechna měření provedl jeden pracovník a vždy bylo použito stejné měřicí zařízení, které bylo osazováno do vstupních dveří bytů /foto 05/. Při měření byly současně hledány netěsnosti, ale pouze pomocí anemometru při udržovaném podtlaku v interiéru. Výsledky měření všech bytů jsou uvedeny v tabulce /01/.

V prvním a druhém dnu byly vždy měřeny 3 byty (v tabulce /01/ označeny žlutě). Jak je z tabulky patrné, byly všechny byty nevyhovující, ale zhoršení nebylo nijak dramatické a všechny byty by vyhověly mírnějšímu požadavku $n_{50} \leq 1{,}5\ h^{-1}$ dle TNI 73 0330 [2]. Hledání netěsností bylo zaměřeno především na připojovací a funkční spáry oken. Měření anemometrem ale prokázalo dokonalé vzduchotěsné provedení. Nevzduchotěsnost obvodových stěn, které v době měření již byly omítnuty a z exteriéru opatřeny zateplovacím systémem, byla nepravděpodobná a proto se naše pozornost přesunula do podhledů na chodbě, koupelně a WC /foto 04/. Anemometrem bylo detekováno proudění vzduchu /foto 06/ a při bližším ohledání byla odhalena příčina v podobě neomítnuté části stěny nad podhledem. Při vytvořeném podtlaku tak docházelo k nasávání vzduchu z chodby a sousedních bytů. Vada v tomto případě nebyla závažná, protože se jednalo o prostory s předpokládanými obdobnými parametry vzduchu jako měřený prostor. I přesto se realizační firma rozhodla u všech šesti bytů demontovat podhled a dodatečně omítnout stěny nad podhledem. S uvedenou úpravou již bylo všech šest bytů vyhovujících /tab. 01/ a proto se omítání

Označení bytu	Dispozice	Objem měřeného prostoru	Plocha měřeného prostoru	Ochlazovaná plocha obálky včetně střechy	Podtlak	Přetlak	Finální hodnota	Nejistota
-	-	V [m³]	A_E [m²]	m²	[h⁻¹]	[h⁻¹]	n_{50} [h⁻¹]	± [%]
A 1.1	3+KK	210	78	171	0,74	0,76	0,75	7,2
A 1.2	3+KK	216	80	154	0,83	0,85	0,84	7,2
A 1.3	2+KK	140	52	110	1,30	1,40	1,3	7,2
					0,71	0,73	0,72	7,2
A 1.4	3+KK	215	79	192	0,69	0,69	0,69	7,5
A 2.1	3+KK	191	71	93	0,75	0,75	0,75	7,2
A 2.2	3+KK	210	78	64	0,60	0,61	0,61	7,2
A 2.3	3+KK	215	80	66	0,75	0,76	0,76	7,2
A 2.4	2+KK	137	51	57	1,10	1,20	1,1	7,1
					0,58	0,58	0,58	7,3
A 2.5	2+KK	141	52	51	1,40	1,40	1,4	7,4
					0,87	0,88	0,88	7,2
A 2.6	3+KK	199	74	62	1,20	1,20	1,2	7,2
					0,58	0,60	0,59	7,2
A 3.1	3+KK	182	67	207	1,10	1,20	1,1	7,1
					0,80	0,83	0,82	7,4
A 3.2	4+KK	266	99	260	0,53	0,53	0,53	7,2
A 3.3	4+KK	339	125	290	0,51	0,51	0,51	7,2
A 3.4	2+KK	170	63	174	1,20	1,30	1,2	7,2
					0,66	0,66	0,66	7,2
B 1.1	4+KK	316	117	271	0,36	0,36	0,36	7,4
B 2.1	2+KK	146	54	75	0,69	0,69	0,69	7,2
B 2.2	2+KK	146	54	71	0,56	0,56	0,56	7,2
B 2.3	2+KK	122	45	56	0,95	0,95	0,95	7,2
B 2.4	2+KK	143	53	67	0,71	0,71	0,71	7,2
B 3.1	2+KK	146	54	136	0,55	0,53	0,54	7,1
B 3.2	2+KK	143	53	131	0,50	0,50	0,50	7,2
B 3.3	2+KK	122	45	107	0,95	0,96	0,96	7,2
B 3.4	2+KK	142	52	126	0,53	0,51	0,52	7,2
B 4.1	4+KK	242	90	233	0,94	0,94	0,94	7,3
B 4.2	2+KK	143	53	138	0,95	0,94	0,95	7,2
C 1.1	3+KK	210	78	205	0,37	0,38	0,38	7,4
C 1.2	2+KK	146	54	118	0,88	0,88	0,88	7,2
C 1.3	2+KK	147	55	112	0,61	0,58	0,60	7,3
C 1.4	3+KK	200	74	174	0,69	0,67	0,68	7,2
C 2.1	3+KK	210	78	113	1,20	1,30	1,2	7,1
					0,51	0,50	0,51	7,2
C 2.2	2+KK	146	54	57	0,62	0,61	0,62	7,2
C 2.3	2+KK	147	55	51	0,80	0,80	0,80	7,2
C 2.4	3+KK	199	74	73	0,65	0,62	0,63	7,2
C 2.5	3+KK	210	78	105	0,54	0,54	0,54	7,2
C 3.1	3+KK	225	83	205	1,10	1,20	1,1	7,2
					0,83	0,81	0,82	7,2
C 3.2	4+KK	340	126	214	0,40	0,40	0,40	7,2
C 3.3	3+KK	230	86	220	1,20	1,20	1,2	7,2
					0,89	0,89	0,89	7,3
SUMA[2]	-	7052	-	-	-	-	-	-
SUMA[3]	-	7052	-	-	-	-	-	-

[1] Efektivní plocha netěsnosti je plocha ideálního otvoru, kterým by při tlakovém rozdílu 50 Pa protékalo stejné množství vzduchu jako obálkou budovy.
[2] Hodnoty pouze z prvních měření každého bytu, tzn. včetně nevyhovujících hodnot.
[3] Hodnoty pouze z vyhovujících měření každého bytu.

Tabulka 01 | Výsledky měření

Objemový tok vzduchu při D_p=50 Pa	Nejistota	Efektivní plocha netěsností[1)]	Síla větru v době měření	Číslo měření bytu
V_{50} [m³/h]	± [%]	$A_{L,ref}$ [cm²]	[° Beauforta]	-
158	6,5	80	1	1
182	6,5	95	1	1
194	6,5	125	1	1
101	6,5	55	1	2
148	6,9	75	1	1
143	6,5	75	1	1
128	6,6	65	1	1
163	6,5	80	1	1
144	6,6	75	1	1
79	6,6	40	1	2
199	6,8	100	1	1
123	6,5	65	1	2
246	6,6	125	1	1
117	6,6	60	1	2
310	6,5	135	1	1
149	6,8	75	1	2
141	6,6	71	1	1
182	6,6	95	1	1
234	6,5	120	1	1
113	6,6	60	1	2
113	6,7	60	1	1
101	6,5	55	1	1
82	6,5	45	1	1
116	6,6	60	1	1
101	6,5	50	1	1
79	6,6	40	1	1
72	6,6	40	1	1
117	6,5	60	1	1
75	6,6	40	1	1
227	6,6	115	1	1
135	6,6	70	1	1
79	6,8	40	2	1
128	6,5	65	2	1
88	6,7	45	2	1
136	6,6	70	2	1
242	6,5	125	2	1
107	6,5	55	1	2
90	6,5	45	1	1
117	6,5	60	1	1
126	6,5	65	1	1
112	6,5	60	1	1
246	6,6	125	2	1
184	6,5	90	2	2
136	6,5	70	2	1
286	6,6	145	2	1
205	6,6	100	2	2
5574	-	-	-	-
4652	-	-	-	-

Jedná se pouze o orientační hodnotu.

aplikovalo při dokončování všech ostatních bytů.

Jak je z tabulky /01/ patrné, mělo toto opatření velký vliv a až na 3 byty (označené červeně) byly ostatní byty vyhovující ihned při prvním měření. U třech nevyhovujících bytů druhé série měření byly nalezeny netěsnosti ve funkční /foto 07/ a připojovací spáře oken. Funkční spára oken má být samozřejmě pouze omezeně těsná. U správně seřízeného okna při jeho úplném zavření a podtlaku cca 30 Pa není obvykle detekováno žádné proudění. Pokud je křídlo v rámu vzpříčeno, lze obvykle ve dvou protilehlých rozích detekovat proudění a ve zbývajících dvou protilehlých rozích k proudění nedochází. Při dostatečném rozdílu teplot vzduchu lze tento jev snadno odhalit termovizní kamerou, viz článek [9]. Oprava spočívá v seřízení kování okna. Připojovací spáry byly opraveny a po těchto úpravách byly vyhovující všechny měřené byty.

HODNOCENÍ MĚŘENÍ

Průměrná hodnota intenzity výměny vzduchu dle vztahu /1/:

1) při uvážení hodnot pouze z prvního měření, tzn. i nevyhovujících hodnot je $n_{50,m} = 0{,}79\ h^{-1}$

2) při uvážení pouze finálních vyhovujících hodnot každého bytu je $n_{50,m} = 0{,}66\ h^{-1}$

V obou případech by byl požadavek investora splněn, ale pokud by se neprovedly výše zmíněné stavební úpravy, byl by investor v prvním případě vystaven možným reklamacím, protože u některých bytů nebyly splněny podmínky deklarované ve smlouvě.

V grafu na /obr. 02/ je závislost objemu bytu na naměřené hodnotě intenzity výměny vzduchu. Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty byly naměřeny u velkých bytů (body v levé části grafu). Tento jev je s největší pravděpodobností způsoben výše zmíněným snazším splněním hodnoty u větších prostorů. U bytů dispozice 2+KK a 3+KK je již patrné







05| Zařízení pro Blower-Door test osazené do vstupních dveří bytu

06| Detekce proudění vzduchu nad podhledem (horní hodnota rychlost proudění vzduchu v m/s, dolní hodnota teplota v °C)

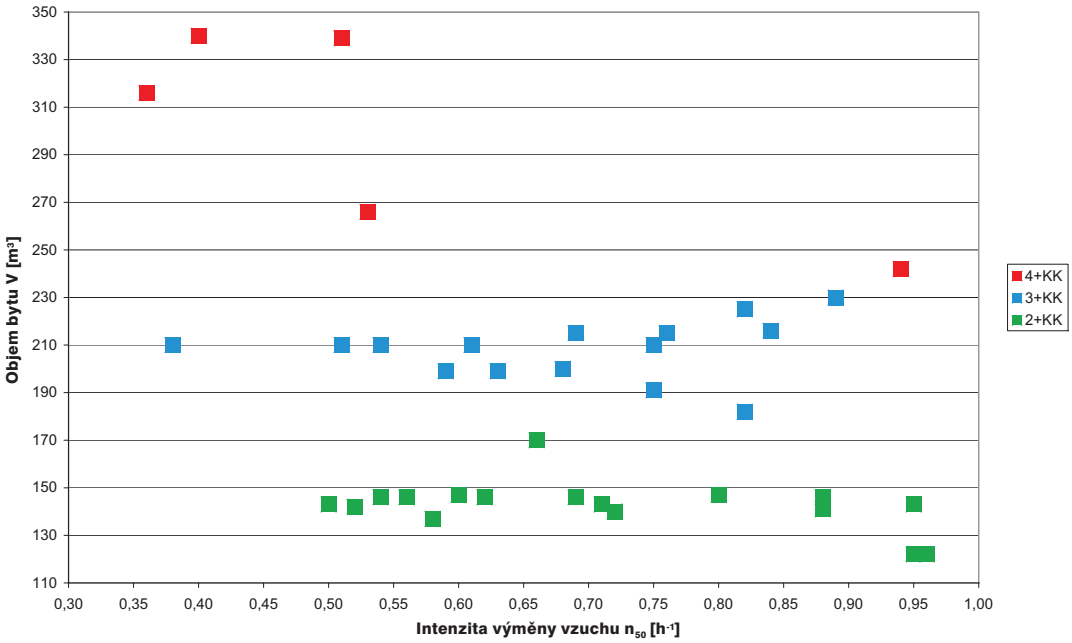
07| Netěsná funkční spára okna (horní hodnota rychlost proudění vzduchu v m/s, dolní hodnota teplota v °C)

rovnoměrné rozprostření v intervalu od 0,5 h^{-1} do 1,0 h^{-1}.

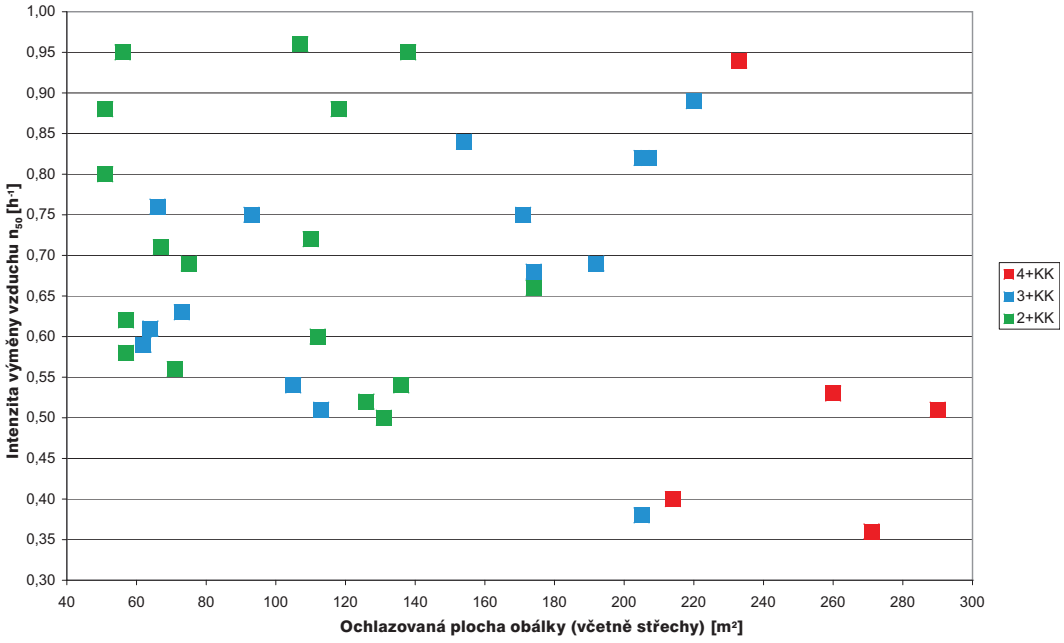
Jak již bylo zmíněno, doporučuje TNI 73 0330 [2] při měření pouze relevantního počtu jednotek vybírat ty, které mají větší ochlazovanou plochu. V grafu na obr. /03/ je závislost naměřené intenzity výměny vzduchu na ochlazované ploše bytu. Z grafu nelze vysledovat závislost, při které by se se vzrůstající ochlazovanou plochou zvyšovala také hodnota n_{50}. To je v tomto případě dáno především použitými skladbami a kvalitně zabudovanými výplněmi otvorů. Jako nosné stěny jsou použity vápenopískové cihly doplněné ETICS. Dle našich zkušeností se jedná o jednu z nejlepších technologií pro zděné domy v pasivním nebo nízkoenergetickém standardu.

ZÁVĚR

S postupným zpřísňováním evropské a české legislativy v oblasti energetické náročnosti budov se budeme s bytovými domy v nízkoenergetickém nebo pasivním energetickém standardu setkávat stále častěji. Pro účely hodnocení vzduchotěsnosti bytových domů jako celku jsou postupy dle TNI 73 0330 [2] použitelné. Pokud by se měření skutečně dle TNI provedlo, byl by konstatován vyhovující stav. Z pohledu investora deklarujícího energetický standard každého bytu by byl ale stav nevyhovující s možností vystavení budoucím reklamacím. Proto se domníváme, že je důležité provést měření vzduchotěsnosti každého bytu samostatně. Nejdůležitější fází při samotné realizaci je provedení orientačního měření vzduchotěsnosti ve vybraných bytech ve fázi dokončených, ale odkrytých vzduchotěsnicích konstrukcí.
V této fázi je třeba ukázat realizační firmě vliv jednotlivých opatření na celkovou vzduchotěsnost, aby při dokončování dalších bytů k těmto poznatkům již přihlédla. Stále se setkáváme s realizačními firmami, jejichž pracovníci se s problematikou vzduchotěsnosti dosud nesetkali. Čas investovaný do osvěty se snadno vrátí ve formě rychlejších následných měření. Pokud by přece jen mělo dojít k měření pouze relevantního počtu bytů, lze investorovi vždy doporučit,



Obr. 02| Závislost objemu bytu na hodnotě n_{50}



Obr. 03| Hodnocení bytů dle ochlazované plochy a hodnoty n_{50}

aby realizační firma dopředu nevěděla, které byty budou měřeny.

<Viktor Zwiener, Leoš Martiš>

Literatura

[1] TNI 73 0330:2009 *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*

[2] TNI 73 0330:2010 *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*

[3] ČSN 73 0540-2:2007 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*

[4] ČSN EN 13829 (73 0577) T*epelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda*

[5] ČSN 73 4301 *Obytné budovy*

[6] DIN 4108-7:2011 *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele* (Tepelná ochrana a úspory energie v budovách – Část 7: Vzduchotěsnost budov – Požadavky, návrh, doporučení pro realizaci a příklady)

[7] Zwiener V., Hůlka C.: Měření těsnosti budov – Metoda tlakového spádu – Blower-door test DEKTIME 05-06|2006, s. 62-65

[8] Zwiener V.: Blower Door test velkoobjemových prostorů, www.tzbinfo.cz, 14. 3. 2011

[9] Zwiener V.: Hledání příčin nedostatečné vzduchotěsnosti střechy rodinného domu v Liberci, DEKTIME 03|2010, s. 24-30