

Ing. Václav HELEBRANT
Stiebel-Eltron, s.r.o.

Optimální volba zdroje energie pro nízkoenergetické domy

Energy Sources Optimal Option for Low-Energy Houses

Recenzent
prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Autor se zabývá různými přístupy k vytápění a přípravě TV u nízkoenergetických domů. Dává jak obecná doporučení, tak ukazuje konkrétní řešení s příslušnými energetickými ukazateli.

Klíčová slova: vytápění, nízkoenergetický dům, zdroj tepla, chlazení

The Author employs himself in different accesses concerning the heating and the WSW preparation for low energy houses. He provides both general recommendations and shows specific solutions with relevant energy indicators.

Key words: heating, low energy house, source of heat, cooling

ÚVOD

Současné stavební konstrukce umožňují stavět domy s velmi malou tepelnou ztrátou. U takto koncipovaných domů je nutno přemýšlet o aspektech a souvislostech, jako např.:

- A. Řízené větrání a zpětné získávání tepla.
- B. Způsob vytápění (elektrina, voda, vzduch).
- C. Zdroj tepla (přímé elektrické vytápění, elektrokotel, tepelné čerpadlo, plynový kotel, biomasa).
- D. Tepelný solární systém.
- E. Hydraulické poměry v otopné soustavě.
- F. Tepelné zisky a případné chlazení.
- G. Příprava teplé vody.
- H. Možnosti regulace.

Zejména důležité je uvažovat o souvislostech mezi součástmi TZB a možnostmi jejich vzájemné spolupráce. Izolované řešení profesí vede nejčastěji k investičním vícenákladům a paradoxně někdy i ke snížení komfortu bydlení.

Následující text polemizuje nad jednotlivými aspekty.

ŘÍZENÉ VĚTRÁNÍ A ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA

Nízkoenergetické domy, nebo obecně domy s malou tepelnou ztrátou, zejména pak domy pasivní, by se bez řízeného větrání a zpětného získávání tepla neměly vůbec stavět, protože potřeba tepla na větrání může činit více než 50 % roční bilance. Přirozené větrání okny záměr bydlet v domě s nízkou spotřebou energie poněkud degraduje.

Souvislosti:

1. Pro domy s tepelnou ztrátou do cca 3 kW je vhodné začít úvahou o teplovzdušném vytápění, protože průtok vzduchu pro úhradu tepelné ztráty je relativně nízký a převládá funkce větrání, tzn., teplovzdušné vytápění v tomto případě neovlivňuje komfort bydlení, jako by tomu bylo při vysoké výměně vzduchu.
2. Nevýhodou je však zdroj tepla, kterým bude nejčastěji elektrina, ostatní zdroje – např. plynový kotel – jsou pro takto malé odběry nevhodné.
3. Výměníky ZZT odtávají s vypnutým ventilátorem přívodního vzduchu, což způsobuje jednak podtlak v domě, jednak nasávání neupraveného venkovního vzduchu netěsnostmi v obálce domu. Řešením je udržovat nasávaný vzduch v kladných teplotách pomocí předehřevu tak, aby výměníky nenamrzaly.

ZPŮSOB VYTÁPĚNÍ

Zde je nutno uvažovat především ekonomicky, tj. investiční náročnost a provozní úspory jednotlivých variant.

- a) Elektrina je logicky nejdražší energií. Přitom je nutno vidět poměr paušálu a provozních nákladů. Pro ztráty do cca 6 kW tvoří paušál více než 50 % ročních nákladů na vytápění a TV – to v případě, že použijeme přímotopné vytápění. Bonusem je současná tarifní politika, kdy levnou elektřinu po většinu dne dostane i domácnost.

Nabízí se však možnost volby, jak teplo do domu přenést:

1. elektrické otopné kabely nebo rohože,
2. přímotopné konvektory nebo akumulární kamna,
3. teplovodní vytápění s elektrokotlem.

Varianta 1. a 3. poskytují srovnatelný komfort, použití kabelů nebo rohoží prakticky neumožňuje možnost změny zdroje tepla v budoucnu.

- b) Při použití teplovodního vytápění je nutná instalace otopné soustavy. Tepelnou ztrátu 3 kW pokryjeme např. 75 m² podlahového vytápění. Otázkou, kterou si musíme zodpovědět, je rozdělení domu na zóny podle oslunění a zisků, případně doplnění nízkoteplotních otopných ploch
- c) Výhodným se zde ukazuje teplovzdušné vytápění se zpětným získáváním tepla, neboť současně řeší i větrání. Samozřejmě tomu musí odpovídat dispozice domu.

Souvislosti:

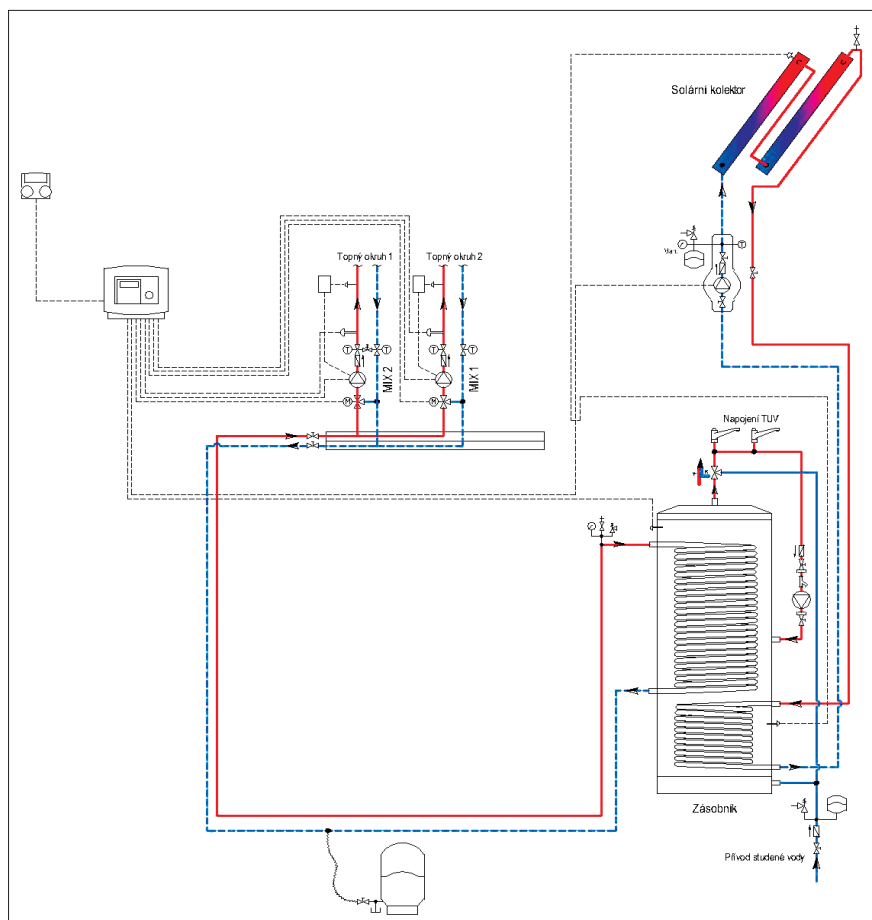
1. U vytápění vodou a vzduchem je nutno uvážit vztah mezi středním odběrem, tj. tepelnou ztrátou, minimálním výkonem zdroje a jeho technicko-provozními požadavky.
2. Ve spolupráci s architektem je nutno řešit tepelné zisky od oslunění v dotčených částech domu a přizpůsobit otopnou soustavu z hlediska její regulovatelnosti.

ZDROJ TEPLA

Je nutno zvážit systémově-technické vlastnosti zdroje tepla.

- a) Přímotopné konvektory jsou jednoznačně nejlevnější řešení, pro ztrátu domu 3 kW a 5 místností lze otopnou soustavu pořídit i se zásobníkovým ohřívacem vody v ceně kolem 30 000 Kč, vč. DPH – ovšem bez kvalitní regulace. Specifickým problémem přímotopných konvektorů je tzv. přepalování vzduchu. Jednoznačně se jedná o řešení nejméně komfortní a nejméně perspektivní. Samozřejmě, při použití kvalitní zónové regulace bude tepelný komfort lepší. Cena se však zhruba ztrojnásobí a problém s přepalováním vzduchu zůstane.

- b) Elektrokotel bývá rovněž poměrně levný, nicméně nebývá k dispozici v tak malém výkonu, tzn. využíváme ho jenom zčásti a regulační stupně při použití dnes obvyklých otopných těles jsou násobně výkonnější, než je výpočtová (popř. aktuální) tepelná ztráta.
- c) Tepelné čerpadlo přinese významnou úsporu v provozních nákladech a zde i úsporu pro domácnost. Podmínkou je však použití akumulčního zásobníku (viz kapitola o hydraulických poměrech v otopné soustavě).
- d) Plynový kotel je u této kategorie domů problematický z několika důvodů. V první řadě je nutná přípojka plynu. Minimální výkon i kvalitního regulovaného kotle je vyšší než tepelná ztráta, tzn. kotel nereguluje, ale taktuje. Jeho provozní účinnost se snižuje zejména proto, že se podstatnou část provozní doby nalézá ve stavu startu a ne v ustáleném provozním stavu. Použití akumulčního zásobníku, které je z hydraulického hlediska řešením, je pak nevídané z mnoha důvodů (např. vyšší pořizovací náklady, nároky na místo, složitější soustava, základní regulace kotle takové schéma neumí apod.).
- e) Podobně kotel na biomasu je pro takto nízkou tepelnou ztrátu a obvyklou velikost domu nepřiměřeně velký a složitý z hlediska instalace.
- f) Solární systém, kombinovaný s elektrickým dotápěním a vhodným větracím systémem, vychází jako optimální zdroj. Soustava však musí být „chytře“ vymyšlena, aby poměr cena/výkon byl co nejlepší.



Obr. 1 Schéma zapojení akumulátoru pro TV a vytápění

TEPELNÝ SOLÁRNÍ SYSTÉM

Specifickým zdrojem je tepelný solární systém. Lze uvažovat i o kombinaci tepelných kolektorů s fotovoltaikou. Z hlediska bilance může 5 m² kolektorů pokrýt při ztrátě 3 kW nejméně 25 % roční bilance. Druhý zdroj znovu vede k úvaze o volbě zdroje tepla (viz předchozí odstavec).

HYDRAULICKÉ POMĚRY V OTOPNÉ SOUSTAVĚ

Teplovodní otopné soustavy v domech s malou tepelnou ztrátou mají jedno specifikum – malý průtok. Např. dům o tepelné ztrátě 3 kW při výpočtové teplotě –12 °C má při +2 °C ztrátu 1,7 kW. Průtok otopnou soustavou pak bude 300 až 400 l/hodinu, ale i méně. A to je výrazně méně než technologické minimum prakticky jakéhokoli tepelného zdroje. Řešením je akumulční zásobník. Pro zdroje s tepelným čerpadlem je prakticky nutností, jak z hlediska zlepšení topného faktoru, tak zejména zvýšení životnosti kompresoru omezením počtu startů. U plynového kotle výrazně zlepšit jeho provozní účinnost, neboť omezí počet startů a umožní delší dobu provozu v ustáleném stavu.

Stavy v otopné soustavě ukazují tabulky 1, 2 a 3.

Souvislosti:

Vhodným doplňkem je solární zařízení, protože v přechodném období může i vytápět a přitom jeho výkon (např. uvažíme-li 1 kolektor o ploše 2,4 m²) je v tomto období srovnatelný s tepelnou ztrátou. Navíc je jeho součástí zásobník, ať už na TV nebo i otopnou vodu, a tím se současně řeší i provoz hlavního zdroje. Jednoduché schéma s akumulací do TV a odběrem tepla do otopného systému z velkoplošného trubkového výměníku může vypadat tak, jak je uvedeno na obr. 1.

Tab. 1 Tepelná ztráta v kW při $t_e = -12\text{ °C}$

Roční měrná spotřeba v kWh/m ² /rok						
Plocha m ²	15	20	30	40	50	60
100	0,7	0,9	1,4	1,9	2,3	2,8
120	0,8	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3
140	1,0	1,3	2,0	2,6	3,3	3,9
160	1,1	1,5	2,2	3,0	3,7	4,5
180	1,3	1,7	2,5	3,3	4,2	5,0

Tab. 2 Tepelná ztráta v kW při $t_e = +2\text{ °C}$

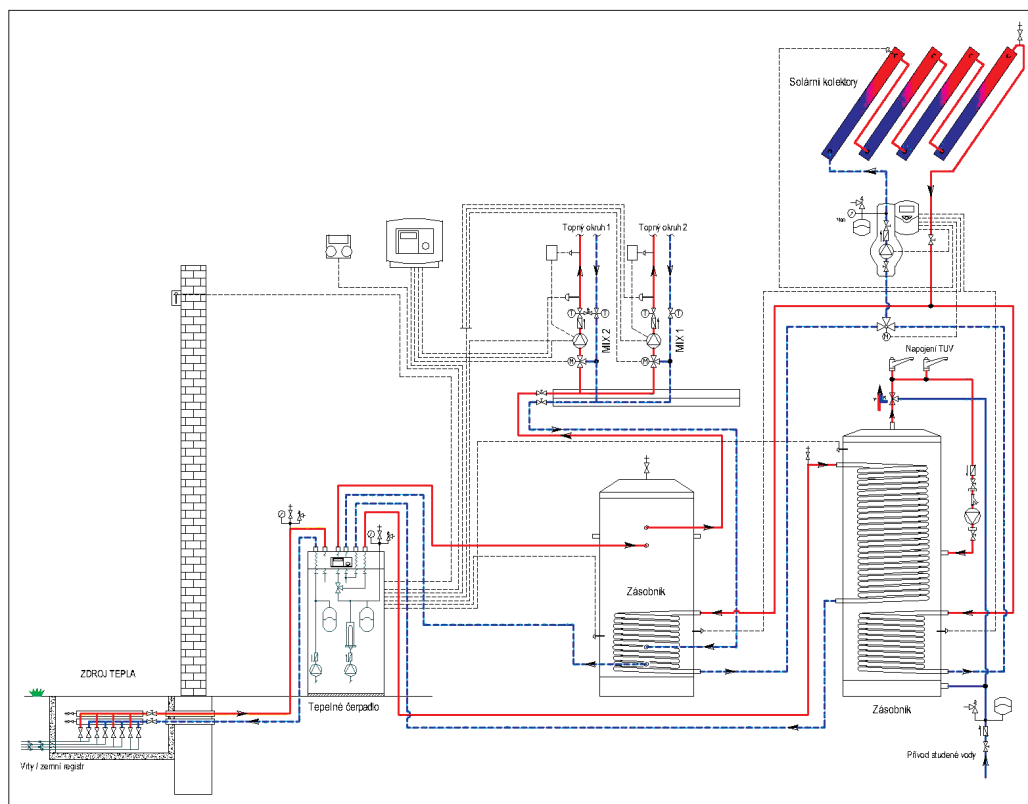
Roční měrná spotřeba v kWh/m ² /rok						
Plocha m ²	15	20	30	40	50	60
100	0,4	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6
120	0,5	0,6	0,9	1,3	1,6	1,9
140	0,5	0,7	1,1	1,5	1,8	2,2
160	0,6	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5
180	0,7	0,9	1,4	1,9	2,3	2,8

Tab. 3 Průtok vody v l/h při $t_e = +2\text{ °C}$

Roční měrná spotřeba v kWh/m ² /rok						
Plocha m ²	15	20	30	40	50	60
100	103,3	137,8	206,6	275,5	344,4	413,3
120	124,0	165,3	248,0	330,6	413,3	495,9
140	144,6	192,9	289,3	385,7	482,2	578,6
160	165,3	220,4	330,6	440,8	551,0	661,2
180	186,0	248,0	372,0	495,9	619,9	743,9

Přitom využíváme elektrickou topnou patronu v horní části zásobníku, která kryje potřebu TV i potřebu pro vytápění v případě nedostatečného ohřevu akumulčního zásobníku. Důležité jsou samozřejmě směšovací ventily jak na straně vytápění, tak na výstupu TV, protože solární kolektory jsou zdroj neřízený a může docházet k přehřátí vody v zásobníku. Samozřejmě lze použít i „klasické“ schéma se dvěma akumulátory (obr. 2), nebo využít akumulátor pro plynový kondenzační kotel (obr. 3).

V každém případě je nutné o zdroji a hydraulických poměrech přemýšlet již ve fázi návrhu objektu a koncepce energetických systémů domu. Výsledky úvah ovlivňují požadavky na dispozici domu (umístění a velikost technické místnosti), ale především komfort bydlení a provozní náklady.



Obr. 2 Schéma zapojení se dvěma akumulátory

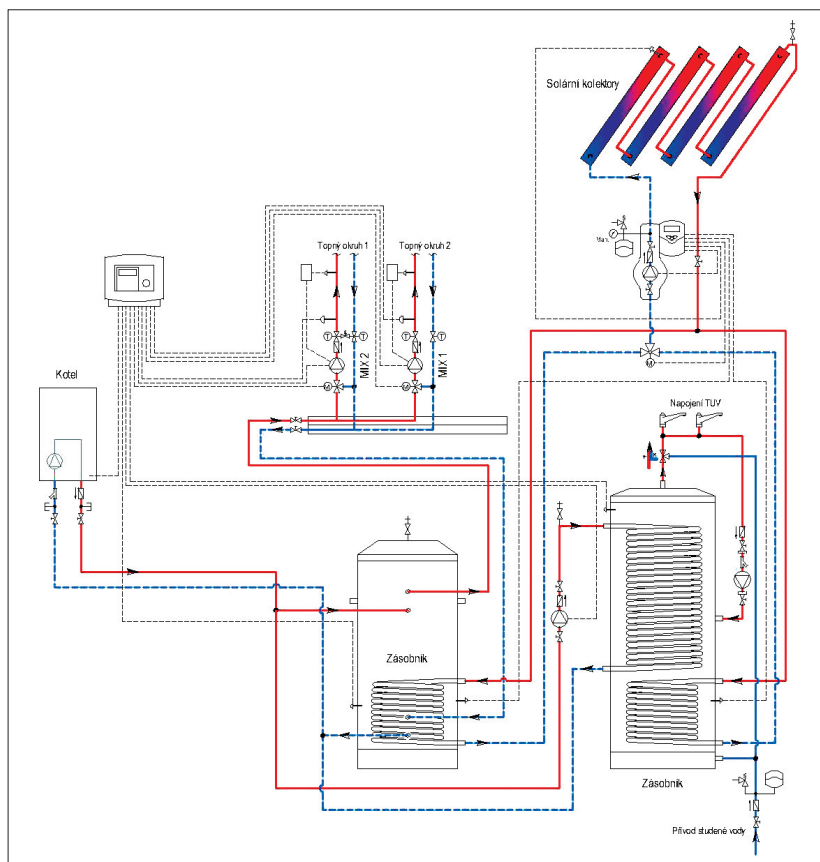
TEPELNÉ ZISKY A PŘÍPADNÉ CHLAZENÍ

Poněkud paradoxně vystupuje otázka chlazení u domů s malou spotřebou energie do popředí, především v závislosti na míře prosklení osluněných částí domu. Navíc nastává pro otopnou soustavu v přechodném období jistý rozpor zda „se starat“ o chladnější nebo teplejší část domu. Obvyklé je tedy řešení zónové. V úvahu je ale třeba vzít i to, že nejčastěji se jedná o stavby s nízkým nebo optimalizovaným rozpočtem (montované domy) a tedy s vybavením co nejjednodušším.

Předpokládáme, že tepelný zisk domu nebude větší než jeho tepelná ztráta. Pak potřebujeme pro dům zajistit cca 2,5 kW chladu. Můžeme použít obvyklé klimatizační jednotky, nicméně dům by měl být energeticky úsporný. Jako optimální se tedy jeví využití zemního chladu z vrtu nebo plošného kolektoru. 2,5 kW chladu nám zajistí cca 55 až 65 m zemního vrtu. Použití plošného kolektoru pro chlazení je poněkud rozporuplné, neboť v době největší potřeby chladu se kolektor prohřívá i slunečním teplem – regeneruje se – a jako zdroj chladu přestává fungovat. Pro chlazení můžeme využít velkoplošnou otopnou soustavu nebo vzduchotechniku.

Souvislosti:

1. Systém vzduch – vzduch se jeví na první pohled nejjednodušší. Příprava teplé vody pak probíhá separátně, podlahy nelze temperovat a i vytápění je teplovzdušné. Nutno pamatovat na vytápění při teplotách nižších než -15°C , kde už reverzní klimatizace obvykle nefungují. Řešení je tedy zejména z hlediska komfortu a provozních nákladů nutno s budoucím uživatelem poctivě probrat. Přitom i z výše uvedených důvodů není kombinace s plynovým kotlem rozumná.



Obr. 3 Schéma zapojení akumulátoru pro plynový kondenzační kotel

2. Použijeme-li systém s tepelným čerpadlem vzduch – voda s reverzní funkcí a větrací jednotkou, můžeme dům vybavit teplovodní otopnou soustavou. V létě pak můžeme tuto soustavu použít částečně k chlazení a zbytek chladu doplnit větráním. I zde však chlad vyrábíme aktivně, prací kompresoru.

3. Použijeme-li jako základ zdroje tepelné čerpadlo systému země – voda, máme k dispozici chlad z vrtů, tzn. můžeme chladit pasivně, bez práce kompresoru. Navíc u tohoto systému dochází přes vrtů k částečnému přenosu energie z chlazení do teplé vody.
4. U chlazeného domu je použití solární energie sporné, výhodnější je investovat do systému země – voda.

PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

Potřeba teplé vody je na stavebních a tepelně technických vlastnostech domu nezávislá. Je tedy třeba brát v úvahu především možnosti a vlastnosti zdroje tepla pro vytápění

Souvislosti:

1. Má-li být dům vytápěn pouze elektřinou, měl by mít i solární kolektory (pro tento případ o ploše cca 5 m² a zásobník TV fungující jako zdroj tepla pro vytápění).
2. Má-li být vybaven tepelným čerpadlem, potom musí tepelné čerpadlo připravovat i TV.
3. Má-li být chlazen, potom je nejvhodnější tepelné čerpadlo země – voda, kdy z vrtů získáváme chlad pro dům, tzn. odvádíme teplo z domu, které můžeme využít i pro ohřev TV.

MOŽNOSTI REGULACE

Měření a regulace v běžných rodinných domech bývá často na okraji zájmu a také rozpočtu. Obvykle se počítá s tím, že zdroj tepla (kotel, tepelné čerpadlo) nějaký regulátor má a potřebné akční členy (oběhová čerpadla, regulační armatury se servopohony, nutnou kabeláž atd.) „nějak“ dodá nejčastěji instalatér, nejlépe bez projektu (mohl by stát peníze) podle svých zkušeností. Funkčnost otopných soustav pak podle toho dopadá. U domů s malou spotřebou energie se tyto problémy vyhrocují, protože se navíc dostáváme v řadě případů pod technologické minimum výkonu zdroje tepla.

Jednoznačné řešení neexistuje, správné je výchozí posouzení zisků od oslunění a následný odhad chování obytných prostor na severní straně objektu.

Souvislosti:

1. V každém případě je dobrý akumulací zásobník, který umožní alespoň minimální průtok pro běh kotle nebo tepelného čerpadla a hydraulické oddělení otopných okruhů, které budou mít malý průtok – zejména v přechodném období.
2. Regulační armatury na otopných okruzích je možno použít, jen pokud je v soustavě akumulací zásobník, jinak musí být plinoprůtočné a respektovat potřeby zdroje tepla (což obvykle není možné, takže se úvahy vracejí k akumulacímu zásobníku).
3. Důležité je posoudit zónování domu, protože osluněná strana může způsobit vypnutí otopné soustavy, zatímco severní místnosti mohou být nepříjemně chladné. Pak i u takto malé tepelné ztráty musíme rozdělit okruhy podle zón.

Tab. 4 Ekonomické porovnání

Vnitřní výpočtová teplota	°C	21	21	21
Venkovní výpočtová teplota	°C	-12	-12	-12
Tepelná ztráta	kW	3	3	3
Počet tepelných čerpadel – souprav	ks	1	1	1
Výpočtová teplota topné soustavy	°C	55	55	55
Teplotní spád soustavy	K	10	10	10
Potřeba TV	l/den	200	200	200
Soustava		Vzduch – voda s rekuperací LWZ 303	Země – voda s rekuperací WPF 5 / WPC 5	elektrokotel s rekuperací
Celkem proud – hodnota jističe pro paušál	A	3 × 32	3 × 32	3 × 32
Roční potřeba tepla na vytápění	kWh/rok	6 492	6 492	6 492
Roční potřeba tepla pro ohřev TV	kWh/rok	4 245	4 245	4 245
Roční potřeba tepla celkem	kWh/rok	10 737	10 737	10 737
Spotřeba kompresorů pro vytápění a ohřev TV	kWh/rok	2 994	2 955	
Spotřeba bivalentních zdrojů – topných přírub a vestavěného elektrokotle	kWh/rok	0	0	
Odběr el. energie celkem	kWh/rok	2 994	2 955	10 737
Podíl bivalentních zdrojů	%	0	0	100
Cena paušálu za elektroměr D 56d	Kč/rok	5 728,-	5 728,-	
Cena paušálu za elektroměr D 45d	Kč/rok	xxx	xxx	5 728,-
Elektro – provoz kotelný	Kč/rok	544,-	544,-	544,-
Cena za 1 kWh elektrickou v D 56d		2,34	2,34	
Cena za 1 kWh elektrickou v D 45d				2,34
Roční náklad na topení a TUV bez paušálů	Kč/ rok	7 006,-	6 915,-	25 125,-
Náklad na energie celkem s paušály	Kč/ rok	13 278,-	13 187,-	31 398,-
Investice – technologie	Kč	277 936,-	220 840,-	40 000,-
Vrty metrů	m	0	40	0
Větrací jednotka	Kč	0	54 548,-	54 548,-
Investice technologie celkem	Kč	277 936,-	313 388,-	94 548,-

4. V každém případě by se na dodávce měl podílet odborník MaR a jednotlivé profese je nutno na bázi jeho projektu koordinovat.

ZÁVĚR

Přes svoji malou tepelnou ztrátu představují nízkoenergetické domy z topenářského hlediska svébytnou a komplexní problematiku, kterou je vhodné dále rozvíjet. Výrobci tepelných čerpadel a plynových kotlů se budou muset zabývat vývojem vhodných malých zdrojů a jejich průslušenství, které by na těchto domech pracovaly v optimálních provozních podmínkách.

Dodavatelé musí již dnes zakázky připravovat s vědomím všech souvislostí, aby jejich realizace byla bezproblémová a uživatel byl spokojen jak s komfortem bydlení, tak s vynaloženými náklady.

Kontakt na autora: vaclav.helebrant@Stiebel-Eltron.cz