

Doporučení pro zpracování PENB pro elektricky vytápěné objekty a analýza měřené spotřeby energie na vytápění ve vazbě na výpočet energetické náročnosti budov podle vyhlášky 78/2013 Sb.

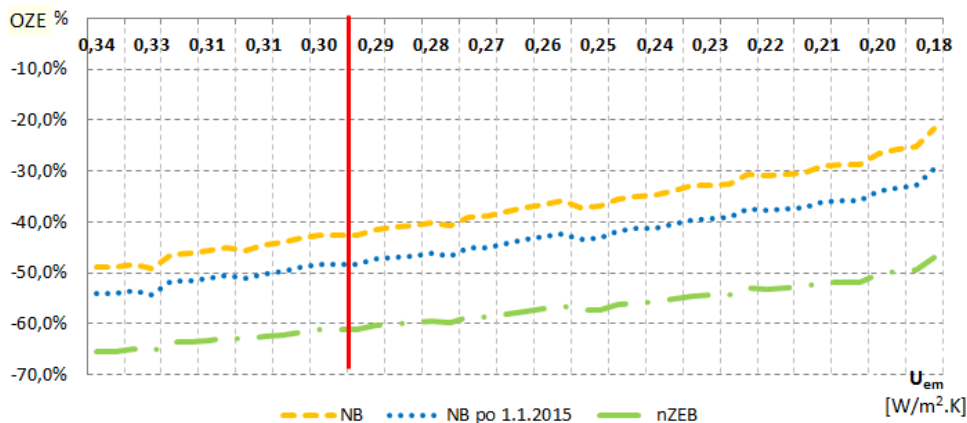
1. PENB u elektricky vytápěných objektů

Průkaz energetické náročnosti budovy PENB je v současné době jednou z povinných součástí projektové dokumentace novostaveb. Údaje o vypočtené spotřebě energie mohou být také kritériem pro koncepci technických systémů v rodinném domě a kvalitně zpracovaný PENB může stavebníkovi dát informaci o budoucí spotřebě energie. Níže uvedené informace jsou podkladem pro zpracovatele PENB pro přímo elektricky vytápěné rodinné domy.

2. Zpracování PENB pro elektricky vytápěný rodinný dům

Splnění požadavků pro elektricky vytápěné rodinné domy představuje problém v podobě splnění jednoho ze tří povinně splnitelných ukazatelů energetické náročnosti budovy – neobnovitelné primární energie Q_{nPE} .

Rodinné domy využívající ke svému provozu pouze elektřinu musí i při kvalitní obálce budovy využívat určité procento energie pocházející z obnovitelných zdrojů energie, čím kvalitnější obálka budova využívá, tím nižší je podíl energie z obnovitelných zdrojů, viz následující obrázek. Obrázek demonstruje pouze přibližný podíl, který se může u různých RD lehce lišit.

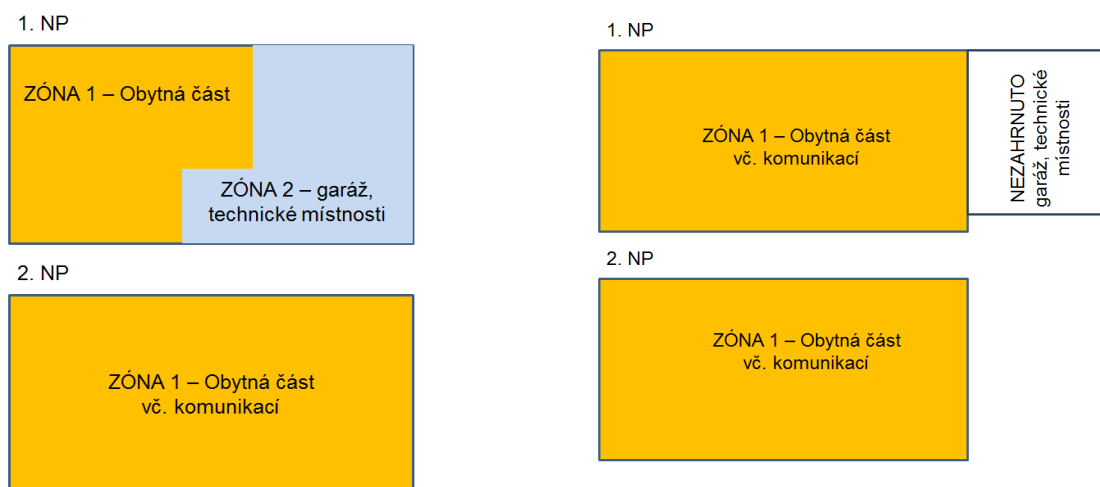


Obr. 1 Vyjádření podílu OZE potřebného ke splnění legislativního požadavku (NB – nové budovy, nZEB – budova s téměř nulovou spotřebou energie)

2.1. Zónování rodinného domu

Prvním nezbytným požadavkem pro výpočet celkové dodané energie do budovy je provedení zónování budovy. Zónování budovy představuje geometrické rozdělení budovy na jednotlivé části, které se vyznačují specifiky ovlivňující výslednou výši potřeby a spotřeby energie. Způsob zónování budovy bude pro mnoho budov jednou z nejdůležitějších částí při stanovení ENB. Je možné nedůsledným způsobem zónování budovy dosáhnout odlišných čísel vyjadřujících ENB.

Rodinný dům lze pojmout z pohledu zónování dvouzónově, nebo jednozónově. V případě, že se jedná např. o dvoupodlažní objekt, kdy v prvním podlaží je umístěna garáž a technické místnosti, je nutné tyto prostory (jsou zpravidla temperované ať už přímo, nebo nepřímo) zahrnout do celkového objemu budovy. Z důvodů rozdílných okrajových podmínek (teplota, osvětlení, výměna vzduchu) je nutné objekt rozdělit v této části na dvě samostatné zóny. V případě, že je garáž součástí objektu, ale není součástí plného objemu budovy, je vhodné objekt uvažovat jako jednozónový – se zohledněním redukovaného tepelného toku přes konstrukci oddělující garáž, podrobněji níže. Pokud je RD jednopodlažní „bungalov“ a technická místnost je omezena pouze na místnost se zdrojem tepla a přípravou teplé vody, pak se objekt uvažuje jako jednozónový.



Obr. 1) Dvou zónové řešení RD

Obr. 2) Jedno zónové řešení RD (garáž a technické místnosti mimo)

2.2. Profil typického užívání

Každá zóna, budova – pokud je zpracována jak jednozónový model musí mít přiřazený profil typického užívání. Profil typického užívání představuje soubor základních okrajových podmínek, které definují výchozí předpokládané podmínky pro výpočet ENB, tyto jsou pro zóny rodinného domu uvedeny v TNI 7303031 v příloze B.

Hodnoty uvedené v profilu typického užívání jsou doporučeným vzorem. Každá budova je specifická a pro některé typy budov je nutné/možné tyto hodnoty – okrajové podmínky pro výpočet upravit. Při vytváření obecného modelu rodinného domu pro potřeby zjištění předpokládaného množství dodané energie je téměř vždy vhodné upravit standardizovaný profil užívání do podoby provozu, který odpovídá danému rodinnému domu – např. týká se rodinných domů o velmi malé podlahové ploše (do 100 m²), nebo naopak větších rodinných domů (vilových rodinných domů).

2.3. Technické systémy – elektrické vytápění

Výpočet dílčí dodané energie na vytápění, resp. vypočtené spotřeby energie na vytápění vychází z výpočtu potřeby energie, kdy jsou k potřebě energie na vytápění zahrnuty účinnosti přeměny energonositele na teplo, ztráty systému a účinnosti sdílení tepla do prostoru se

zahrnutím vlivu regulace systému sdílení energie. Ve výpočtu energetické náročnosti budovy je toto zohledněno pomocí tří účinností:

- účinností sdílení energie na vytápění mezi vytápěnou z-tou zónou a systémem sdílení energie na vytápění do z-té zóny $\eta_{H,em,z}$ (%),
- účinností distribuce energie na vytápění do z-té zóny $\eta_{H,dis,z}$ (%), a
- účinností výroby energie v příslušném zdroji tepla $\eta_{H,gen,z}$ (%).

V případě přímého elektrického vytápění (přímotopného, nebo akumulčního) se uvažují pouze ztráty systému na sdílení tepla do prostoru, které závisí na typu použitého regulátoru a jeho schopnosti reagovat na nastavený požadavek. Při výpočtu se pro systémy přímého elektrického vytápění uvažuje účinnost distribuce $\eta_{H,dis} = 100\%$ a účinnost výroby také $\eta_{H,gen} = 100\%$, účinnost sdílení pak ovlivňuje typ použitého systému a jeho případné zabudování do konstrukce v případě plošných systémů vytápění.

V níže uvedených tabulkách je přehled systémů využívajících elektřinu jako hlavní energonositel pro vytápění s doporučenými hodnotami dílčích účinností použitelných pro výpočet hodnocení ENB. Současně tyto hodnoty vychází a jsou stanoveny ve vztahu k TNI 7303331.

Tab. 1 Účinnosti systému vytápění pro přímotopné systémy elektrického vytápění

Typ systému	$\eta_{H,gen}$ (%)	$\eta_{H,dis}$ (%)	$\eta_{H,em}$ (%)	celková účinnost
elektrické přímotopy (P regulace)	100%	100%	88 - 91%	88 - 91%
elektrické přímotopy (PI regulace)	100%	100%	93 - 96%	93 - 96%
plošné elektrické akumulční vytápění (P regulace - pásmo proporcionality 1K)	100%	100%	80 - 85%	80 - 85%
plošné elektrické vytápění přímotopné (P regulace - pásmo proporcionality 1K)	100%	100%	88 - 90%	88 - 90%
elektrické přímotopné sálavé panely (P regulace - pásmo proporcionality 1K)	100%	100%	88 - 90%	88 - 90%
plošné elektrické akumulční vytápění (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3-0,5 K)	100%	100%	85 - 87%	85 - 87%
plošné elektrické vytápění přímotopné (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3-0,5 K)	100%	100%	95 - 97%	95 - 97%
elektrické přímotopné sálavé panely (PI/PID regulace s možností ovládní každé místnosti/zóny místnosti, pásmo proporcionality 0,3-0,5 K)	100%	100%	95 - 97%	95 - 97%

V případě dílčí dodané energie na vytápění a jeho výhodách dosahují elektrické plošné systémy lepší účinnosti technického systému vytápění než standardní teplovodní systém cca o 20 - 25 %.

2.4. Technické systémy – doplňkový zdroj tepla

U většiny projektovaných rodinných domů se vyskytuje doplňkový zdroj tepla v podobě krbových kamen, nebo krbové vložky. Pro zpracování PENB je klíčové stavení tzv. ročního podílu tohoto doplňkového zdroje tepla na potřebě energie na vytápění. Vzhledem k faktu, že se jedná od doplňkový zdroj tepla s ručním přikládáním, volí se pro tyto účely podíl 15 – 35 % podílu na pokrytí roční potřeby energie na vytápění. Typické hodnoty sezónní účinnosti pro lokální topidla jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 2 Sezónní účinnost výroby tepla zdrojem tepla $\eta_{H,gen}$ pro lokální topidla na pevná paliva

Typ lokálního topidla	$\eta_{H,gen,sys}$ (%)
Peletová kamna	80 (%)
Akumulační kamna (kachlová)	73 (%)
Volně stojící kamna	75 (%)
Krby a krbové vložky	
- s otevřeným topeništěm	35 (%)
- s uzavřeným topeništěm	75 (%)

2.5. Technické systémy – příprava teplé vody pomocí elektřiny

U elektricky vytápěných objektů je zpravidla příprava teplé vody zajištěna přímotopným elektrickým zásobníkem teplé vody, případně doplněným nepřímým ohřevem pomocí solárního systému. Podobně jako u systému vytápění jsou do výpočtu zahrnuty ztráty tří procesů – výroby, akumulace, distribuce přípravy teplé vody.

V případě použití elektrické topné vložky pro přípravu teplé vody je účinnost výroby tepla pomocí topné vložky $\eta_{W,gen} = 100\%$, protože nedochází k tepelným ztrátám a veškerá energie jde přímo do akumulačního objemu zásobníku.

Tepelná ztráta akumulačního objemu $Q_{W,gen,ls,d}$ je závislá na objemu zásobníku a pokud ji neuvádí výrobce zásobníku, doporučuje se u nových zásobníků použít hodnoty z následující tabulky.

Tab. 3 Typická denní ztráta tepla zásobníku $Q_{W,gen,ls,d}$

Objem zásobníku	30	50	80	100	120	150	200	300	400	500
	$Q_{W,gen,ls,d}$ (Wh/(l·den))									
	25,0	18,0	13,8	13,0	11,7	10,7	10,5	8,7	7,8	7,0
Objem zásobníku	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1500	2000
	$Q_{W,gen,ls,d}$ (Wh/(l·den))									
	6,3	5,9	5,4	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,4	2,6

Tepelná ztráta rozvodů je závislá na délce rozvodů. U elektricky vytápěných rodinných domů se nepředpokládá nutnost cirkulace teplé vody. Měrné tepelné ztráty rozvodů teplé vody lze potom uvažovat podle následující tabulky.

Tabulka A.59 – Denní ztráta tepla rozvodů teplé vody při tloušťce izolace 20 mm $Q_{W,dis,ls}$

DN	(palce)	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"
DN	(mm)	9,5	12,7	19,1	25,4	31,8
tepelná izolace 20 mm		$Q_{W,dis,ls}$ (Wh/(m·den))				
bez cirkulace (6 odběrů/den)		17,4	30,5	60,7	87,8	110,0
bez cirkulace (8 odběrů/den)		23,2	40,7	80,9	117,0	146,7
bez cirkulace (10 odběrů/den)		29,0	50,8	101,1	146,3	183,4

3. Vypočtená spotřeba energie a naměřená spotřeba energie

Často se vykytuje otázka vedoucí k relevanci vypočtených údajů uvedených v PENB s ohledem na reálnou spotřebu energie v rodinných domech. Byla provedena analýza spotřeb energie u tří existujících běžně provozovaných rodinných domů. Cílem analýzy bylo prověřit shodu spotřeby energie reálného provozu rodinných domů a vypočtenou spotřebu energie, která je deklarována uživateli/investorovi pomocí povinného PENB

Vybrané tři rodinné domy, které byly podrobeny analýze spotřeby energie, se nachází v odlišných klimatických podmínkách. Pro tyto RD bylo provedeno porovnání celoročního výpočtu celkové dodané energie do budovy s použitím okrajových podmínek pro danou lokalitu a daný provoz RD s fakturovanými spotřebami.

Na základě vybraného vzorku rodinných domů je při detailní analýze provozu rozdíl mezi výpočetním modelem a reálnou skutečností dosahován rozdíl mezi 1% - 12% v celkové spotřebě elektřiny v objektu. Pokud je tento problém vnímám z pohledu průměru všech měřených spotřeb a s využitím kalibrovaného výpočetního modelu obsahující průměrná klimatická data uvedená v TNI 730331, odchylky se pohybují mezi 2 – 4% ve prospěch vypočtené spotřeby elektřiny, tzn. vypočtené množství elektřiny je menší.

Tab. 4 **RD Hošťálkovic** - Porovnání skutečných a vypočtených hodnot pro vícezónový model

období/klimatická data	skutečná spotřeba el. energie (kWh)	vypočtená dodaná el. energie (kWh)	odchylka (skutečnost / výpočet) (%)
2010 (první rok provozu RD)	9149	7781	15,0%
2011	7096	7244	-2,1%
2012	7199	7305	-1,5%
zima 2013/2014	4238	3760	11,3%
TNI klimatická data ¹⁾	7815 ²⁾	7454	4,6%

¹⁾ pro období byla použita klimatická data podle TNI 730331

²⁾ pro porovnání s výpočtem s klimatickými daty podle TNI 730331 byla použita průměrná hodnota naměřené spotřeby elektrické energie z let 2010-2013

Tab. 5 **RD Rasošky - Porovnání skutečných a vypočtených hodnot pro vícezónový model**

období/klimatická data (pozn. vztaženo k fakturačnímu období duben – duben)	skutečná spotřeba el. energie (kWh)	vypočtená dodaná el. energie (kWh)	odchylka (skutečnost / výpočet) (%)
2010/2011	7757	8219	-5,6%
2011/2012	8037	7997	0,5%
2012/2013	9271	8158	13,6%
2013/2014	6732	7182	-6,3%
zima 2013/2014	3683	4302	-13,9%
TNI klimatická data ¹⁾	7949 ²⁾	7660	3,8%

¹⁾pro období byla použita klimatická data podle TNI 730331

²⁾pro porovnání s výpočtem s klimatickými daty podle TNI 730331 byla použita průměrná hodnota naměřené spotřeby elektrické energie z let 2010-2014

Tab. 6 **RD Jeseník - Porovnání skutečných a vypočtených hodnot pro vícezónový model**

období/klimatická data	skutečná spotřeba el. energie (kWh)	vypočtená dodaná el. energie (kWh)	odchylka (skutečnost / výpočet) (%)
2010	9665	11167	-13,5%
2011	10755	10178	5,7%
2012	9377	10311	-9,1%
2013	9216	10407	-11,4%
zima 2013/2014	6446	5788	11,4%
TNI klimatická data ¹⁾	9753 ²⁾	9534	2,3%

¹⁾pro období byla použita klimatická data podle TNI 730331

²⁾pro porovnání s výpočtem s klimatickými daty podle TNI 730331 byla použita průměrná hodnota naměřené spotřeby elektrické energie z let 2010-2013

3.1. Porovnání přístupu ke zpracování PENB

Při zpracování průkazu lze v principu použít tři různé přístupy ke tvorbě modelu a výpočtu celkové dodané energie do budovy. V rámci porovnání přístupů zpracování PENB je ukázán rozdíl mezi třemi možnými přístupy ke zpracování PENB

- Přístup 1 - vícezónový kalibrovaný model s klimatickými daty podle TNI 730331 a typickým profilem užívání odpovídajícím reálnému provozu se započtením elektřiny pro domácí spotřebiče do celkové dodané energie do budovy
- Přístup 2 - jednozónový model s klimatickými daty a typickým profilem užívání „Rodinné domy – obytné prostory“ podle TNI 730331 se započtením elektřiny pro domácí spotřebiče do celkové dodané energie do budovy
- Přístup 3 - jednozónový model s klimatickými daty a typickým profilem užívání „Rodinné domy – obytné prostory“ podle TNI 730331 bez započtení elektřiny pro domácí spotřebiče do celkové dodané energie do budovy

Výpočet podle přístupu 3 je používán v naprosté většině zpracovaných PENB, nicméně díky nezahrnutí elektrické spotřeby pro vybavení spotřebiči nemusí postihovat reálnou spotřebu objektu.

V rámci studie bylo řešeno porovnání koncepce jednozónového modelu a vícezónového modelu, se kterým byly porovnávány naměřené spotřeby. Následující tabulka shodně ukazuje, že použití koncepce jednozónového modelu se standardními hodnotami okrajových podmínek podle TNI 730331 vede celkově k nižší vypočtené spotřebě energie, resp. celkové dodané energii. Rozdíl pro jednotlivé objekty se pohybuje mezi 1,8 – 4,7 % na celkové dodané energii. Rozdíl ve prospěch jednozónového modelu je způsoben několika faktory:

- nezapočtením spotřeby elektřiny pro domácí spotřebiče (pohybuje se výši cca 300 – 800 kWh/rok),
- vzhledem k jednozónovému modelu jsou tepelné zisky z osvětlení, osob, spotřebičů (stanovují se z měrných hodnot vztažených na m² ve W/m²) započteny i pro prostory kde se fakticky neuplatňují (chodby, schodiště technické zázemí) a působí tak kladně ve smyslu energetické bilance,
- pro obytné plochy je uvažována nižší vnitřní teplota podle profilu typického užívání (20°C), než tomu bylo u vícezónového kalibrovaného modelu (zpravidla 22°C).

Tab. 7 Porovnání přístupů ke zpracování PENB

Srovnání - ukazatel EN	Hošťálkovice	Rasošky	Jeseník
Přístup 1- Vícezónový kalibrovaný model se započtením spotřebičů			
Celková dodaná energie (kWh/rok)	8508	10320	10741
Energonositel elektřina (kWh)	7454	7660	9534
Energonositel dřevo (kWh)	1054	2660	1 207
Přístup 2- Jednozónový standardní model se započtením el. energie pro spotřebiče			
Celková dodaná energie (kWh/rok)	8289	10428	10856
Energonositel elektřina (kWh)	7153	7769	10289
Energonositel dřevo (kWh)	1136	2658	1550
Přístup 3 - Jednozónový standardní model bez započtení el. energie pro spotřebiče (nejběžnější)			
Celková dodaná energie (kWh/rok)	7661	9876	9872
Energonositel elektřina (kWh)	6525	7217	8322
Energonositel dřevo (kWh)	1136	2658	1550
Odchylka v % přístup 2/přístup 1			
Energonositel elektřina (%)	-4,0%	1,4%	7,9%
Celková dodaná energie (%)	-2,6%	1,0%	1,1%
Odchylka v % přístup 2/přístup 3			
Energonositel elektřina (%)	-8,7%	-7,1%	-19,1%
Celková dodaná energie (%)	-7,6%	-5,3%	-9,1%

Použití nejběžnějšího přístupu 3 (nejběžnějšího přístupu pro zpracování PENB) vede k nejnižší výpočtové bilanci celkové dodané energii a logicky také k nižšímu podílu energonositele „elektřina“.

4. Interpretace PENB

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) se skládá ze dvou částí:

- Grafického znázornění PENB,
- Protokolu PENB.

PENB slouží k prokázání splnění požadavků kladených na energetickou náročnost budov (lze zjistit pouze v protokolu PENB) a slouží k zařazení budovy do třídy energetické náročnosti (grafické znázornění PENB).

Pod hodnotící stupnicí celkové dodané energie do budovy na grafickém znázornění PENB je také informace o absolutním množství celkové dodané energie, nicméně tato hodnota v sobě zahrnuje všechny energonositele – např. energii obsaženou ve spotřebovaném dřevě a elektřinu v MWh/rok. Spotřeby energie pro jednotlivé energonositele je nutné hledat na druhé straně grafického znázornění a jsou uvedeny v koláčovém grafu v kWh/rok, tyto hodnoty je pak nutné využívat v případě dokladování předběžných spotřeb elektřiny, nikoliv celkovou dodanou energii do budovy. Podrobněji jsou pak jednotlivé energetické toky popsány v protokolu PENB.

Současně je třeba zmínit fakt, že v celkové dodané energii není zahrnuta elektřina pro domácí spotřebiče a další činnost domácnosti (např. vaření). Tato spotřeba se běžně v současné době pohybuje kolem 300 – 800 kWh/rok. V případě kalkulace celkových nákladů na provoz RD, je nezbytné tuto hodnotu připočítat k vypočtené spotřebě, pokud zpracovatelem PENB již nabyla zahrnuta (volitelná možnost u většiny výpočetních SW), viz přístup 1 ke zpracování PENB.

Většina výpočetních SW používaných v současné době k hodnocení energetické náročnosti budov mimo povinně výstupy v podobě grafického znázornění a protokolu PENB umožňuje exportovat vlastní výstupy – sjetiny. Ty pak obsahují mnohdy detailnější informace o celkových energetických tocích, než nabízí PENB. Současně tyto výstupy zpravidla odkrývají okrajové podmínky použité pro vlastní výpočet a pomocí nich lze provést relativně snadnou kontrolu relevance zpracovaného PENB.

Na základě analýzy provozu rodinných domů a porovnání výsledků z výpočetních modelů, lze tvrdit, že PENB může dát stavebníkovi relevantní údaje o budoucí spotřebě energie s odchylkou cca do 10 % za předpokladů typického chování uživatele.