VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI RODINNÉHO DOMU

FAMILY HOUSE ENERGY REQUIREMENTS AUDIT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE MILOŠ NĚMEC

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE ING. JAN FIŠER

SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miloš Němec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Posouzení energetické náročnosti rodinného domu

v anglickém jazyce:

Family house energy requirements audit

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Energetická spotřeba budov ve vyspělých zemích představuje cca 40% celkové spotřeby energie. Energetická náročnost budov je tak jednou z oblastí, kde lze pomocí relativně nenáročných opatření dosáhnout významných úspor energie, avšak různá opatření mají rozdílné investiční náklady a také následné přínos k celkovým úsporám. Zhodnotit vhodnost jednotlivých opatření pro konkrétní objekt napomáhá nástroj pro Hodnocení energetické náročnosti budov, který je vytvořen v souladu s požadavky vyhlášky č.148/2007 Sb.

Cíle bakalářské práce:

Provedení posouzení energetické náročnosti konkrétního rodinného domu a různých opatření/úprav (např. výměna oken, zateplení, nucené větrání, výměna světelných zdrojů atd.), které mohou nejvíce přispět k snížení energetické náročnosti daného objektu. Posouzení bude provedeno pomocí Národního kalkulačního nástroje energetické náročnosti budov ve verzi aktuální v době zpracování práce.

Seznam odborné literatury:

[1] TYWONIAK J.: Nízkoenergetické domy, Grada 2005

[2] http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/ - hlavní stránky NKN

[3] KABELE K. a kol: Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (I-IV, série článků na www.TZB-Info.cz

[4] URBAN M. a kol.: Výpočetní nástroj pro stanovení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb. (I-II),série článků na www.TZB-Info.cz

[5] Ryšavý Z.: Software pro hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky č.148/2007 Sb.,www.TZB-Info.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Fišer

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 18.11.2009

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá porovnáním několika úprav konkrétního rodinného domu, které by měly snížit jeho výslednou energetickou náročnost. Pro tyto účely je aplikován Národní kalkulační nástroj, který je v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb. V závěru jsou jednotlivé úpravy vyhodnoceny z hlediska energetických úspor a prosté ekonomické návratnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetická náročnost budov, Národní kalkulační nástroj, úspora energie, zateplení, výpočet energetické náročnosti

ABSTRACT

The bachelor's thesis deal's with a comparison of several modifications of the terraced house, which should reduce the final energy requirements. For this purpose National calculating tool is applied, which complies with Czech government regulation no. 148/2007 Coll. In conclusion, individual modifications are evaluated accordely to energy savings and simple return on investments.

KEY WORDS

Energy requirements of buildings, National calculating tool, energy savings, insulation, calculation of energy requirements

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMEC, M., *Posouzení energetické náročnosti rodinného domku.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Fišer.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Já, Miloš Němec, prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Posouzení energetické náročnosti rodinného domku* vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne: 27. 5. 2010 ……

Miloš Němec

Poděkování:

Hlavní poděkování patří mému vedoucímu práce, Ing. Janu Fišerovi, za jeho zkušené rady a připomínky a hlavně cenný čas strávený nad řešením různých problémů, se kterými bych si samostatně jen s obtížemi poradil. Dále děkuji všem, kteří mi jakkoliv pomohli při tvoření této práce.

Obsah

1. Vymezení cílů práce 10
2. Úvod 10
3. Národní kalkulační nástroj 11
3.1 Obecný popis Národního kalkulačního nástroje 11
4. Popis porovnávaného objektu a hodnot zadaných do NKN 12
4.1 Energie dodávané do budovy 13
4.1.1 Elektřina 13
4.1.2 Plyn 14
4.2 Zónování budovy 14
4.3 Popis konstrukcí 16
4.4 Popis zdroje tepla a otopné soustavy 17
4.5 Příprava teplé vody 18
5.6 Ostatní vstupy do NKN 18
6 Návrh variant 19
6.1 Varianta 0. Současný stav 19
6.1.1 Ověření výsledku NKN 21
6.2 Varianta A. Výměna oken a vchodových dveří 21
6.3 Varianta B. Zateplení obvodových zdí, střechy a stropu mezi zónami (stropu sklepa) 24
6.4 Varianta C. Nainstalování solárních kolektorů pro přípravu TV 28
6.5 Varianta D. Kombinace variant A+B+C 31
7 Vyhodnocení výsledků 33
7.1 Vyhodnocení varianty A 33
7.2 Vyhodnocení varianty B 34
7.3 Vyhodnocení varianty C 34
7.4 Vyhodnocení varianty D 34
7.5 Shrnutí výsledků 35
8 Závěr 36
9 Seznam použitých zdrojů 37
10 Seznam použitých zkratek a symbolů 39
11 Seznam příloh 40
12 Příloha č. 2: Výkresová dokumentace 41

1. Vymezení cílů práce

Cílem práce je provést posouzení energetické náročnosti konkrétního rodinného domu a navrhnout některé úpravy a změny, které sníží jeho energetickou náročnost objektu. Tyto úpravy pak porovnat a vyhodnotit z energetického a ekonomického hlediska. Posouzení bude prováděno pomocí Národního kalkulačního nástroje energetické náročnosti budov, který je v souladu s požadavky vyhlášky č.148/2007 Sb.

2. Úvod

Provoz budov, které tvoří hlavní část bytového a terciárního sektoru, vytváří ve vyspělých zemích více než 40 % celkové spotřeby energie. Proto je komplexní snížení energetické náročnosti budov a zvýšení jejich energetické účinnosti jednou z oblastí, kde lze dosáhnout významných úspor energie, a to za přijatelné vložené náklady. Za tímto účelem byla vydána **směrnice evropského parlamentu a rady 2002/91/EC, o energetické náročnosti budov**, která definuje základní osnovu pro dosažení úspor v tomto odvětví.

Směrnice zahrnuje široký pohled na problematiku energetických úspor budov, a proto je požadován globální přístup k řešení budovy. To znamená detailně řešit nejen vytápění a přípravu teplé vody, ale také větrání, chlazení, klimatizaci a osvětlení. Opatření by měla brát v úvahu klimatické a místní podmínky, mikroklima vnitřního prostředí a efektivnost nákladů. Měla by být možná slučitelnost s plánovaným využitím, kvalitou nebo povahou budovy. Dále je požadováno, aby dodatečné náklady na renovaci byly uhrazeny ze vzniklých úspor za energii, a to v přijatelné časové lhůtě ve vztahu k očekávané technické životnosti investice.

Doposud byly budovy hodnoceny pouze z pohledu měrné potřeby tepla na vytápění objektu, kde jedinými ovlivňujícími faktory výsledného hodnocení byly tepelně technické vlastnosti budovy, avšak energetickou náročnost budovy ovlivňují všechny soustavy, které energii spotřebovávají nebo vyrábějí. Proto je základním ukazatelem hodnocení energetické náročnosti budovy dle Směrnice 2002/91/EC EPBD **celková roční dodaná energie**. To je množství energie dodané do budovy (elektřina, plyn z veřejné distribuční sítě) a energie v budově vyrobené obnovitelnými zdroji. Celková dodaná energie jak udává literatura [1] představuje spotřebu energie pro:

- vytápění,
- přípravu teplé vody,
- vzduchotechniku,
- chlazení,
- osvětlení,
- provoz zařízení zajišťující provoz jednotlivých systémů.

3. Národní kalkulační nástroj

Národní kalkulační nástroj, dále jen „NKN“, byl vyvinut na katedře technických zařízení budov, fakulty stavební ČVUT v Praze, pro účely hodnocení energetické náročnosti budovy, dále jen „ENB“, dle vyhlášky 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, protože výpočet bez softwaru je vzhledem k složitosti metody téměř vyloučený. „Nástroj byl vytvořen jako pomůcka pro výpočet ENB ve smyslu zpracování Průkazu energetické náročnosti budov ve formě protokolu a jeho grafického znázornění. Je určen pro užívání odbornou veřejností, především osobám oprávněným zpracovávat Průkaz energetické náročnosti budov.“[14]

3.1 Obecný popis Národního kalkulačního nástroje

Nástroj je vytvořen v programu Microsoft Excel. Program obsahuje 3 vzájemně propojené oddíly. První slouží k popisu programu a základní nápovědě zadávaných údajů. Druhý je k zadání budovy a energetických systémů v budově (k tomuto oddílu bude proveden podrobnější popis na konkrétních případech hodnoceného objektu v kap. 4). Na základě takto popsané budovy provede nástroj výpočet a zařadí budovu dle energetické náročnosti do jedné ze sedmi tříd ENB. Třídy A, B, C jsou z pohledu vyhlášky vyhovující, přičemž třída A je nejméně energeticky náročná (nejvíce úsporná) a třídy D, E, F, G jsou nevyhovující, přičemž třída G je energeticky nejnáročnější (nejméně úsporná) a nové stavby či rekonstrukce s tímto hodnocením nemohou získat stavební povolení. Porovnávacím parametrem pro zařazení budovy do těchto tříd je měrná roční spotřeba energie vztažená na m^2 celkové podlahové plochy objektu v kWh/(m^2 ·rok). Výsledky hodnocené budovy se nacházejí ve třetím oddíle, kde je grafické znázornění průkazu ENB a podrobný rozpis dodané energie do budovy pro dílčí energetické systémy.

1. **<u>Popis výpočetní tabulky</u>** – v tomto oddíle jsou uvedeny informace o práci v programu a významu barevnosti buněk a listů. Dále jsou zde popsány vstupy zadávající se v druhém oddílu.
2. a**)** **<u>Zadání budovy</u>** – v této části jsou listy sloužících pro zadání a výpočet budovy:

- *<u>Budova – identifikace</u>*: adresa, účel budovy, kontakt na majitele, dále druh energií užitých v budově a technické údaje.
- *<u>Zóny – profily užívání</u>*: zde jsou přednastavené standardizované profily užívání zón
- *<u>Budova – doplnění pro energetický průkaz</u>*: zde se nachází stručný popis budovy a jejího energetického a technického zařízení
- *<u>Budova – konstrukce</u>*: zde jsou rozděleny všechny konstrukce budovy podle stejných parametrů jako je součinitel prostupu tepla, propustnost slunečního záření průsvitné konstrukce
- <u>Zóny – popis:</u> zde se vyplňují obecné informace o zóně (vnější objem, celková plocha, podíl objemu zóny ku objemu konstrukcí), dále osvětlení, vytápění, větrání a chlazení zóny.
- <u>Stavební část:</u> zde jsou konstrukce popsány podle velikosti plochy, orientace, příslušnosti k zóně a sousedícím prostředím.

b) **<u>Energetické systémy</u>**

- <u>Vytápění – zdroje tepla:</u> popis a technické parametry všech zdrojů tepla v objektu a jejich podíl na vytápění zón.
- <u>Chlazení:</u> popis zdrojů chladu
- <u>Vzduchotechnika:</u> popis a stav vzduchotechnické jednotky a rozvodů
- <u>Obnovitelné zdroje energie:</u> popis solárních kolektorů a fotovoltaických článků
- <u>Příprava teplé vody:</u> popis a technické parametry systémů přípravy TV v budově

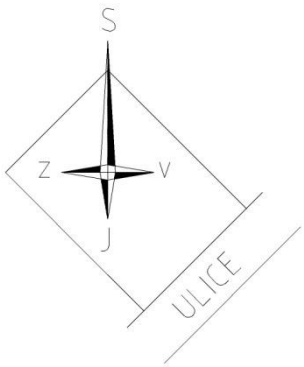
3. **<u>Průkaz ENB a výstupy</u>** – zde se nachází listy s vyhodnocením ENB

- <u>Protokol – průkaz energetické náročnosti</u>
- <u>Průkaz ENB:</u> jasná a přehledná tabulka zařazující budovu do třídy energetické náročnosti
- <u>Energie – graf:</u> zde je grafické vyhodnocení roční dodané energie a měrné roční spotřeby energie pro každý měsíc v roce.

4. Popis porovnávaného objektu a hodnot zadaných do NKN

Jedná se o typický řadový dům uvnitř řady, postavený na přelomu devadesátých let 20. století. Objekt se nachází v Pardubickém kraji, obec Třemošnice. Dle obrázku 1, se jedná o klimatickou oblast 1. Dům je jednoduchého geometrického tvaru s orientací hlavního vchodu na jihovýchod dle obrázku 2. Je určen pro jednu rodinu. Má jedno nadzemní podlaží a sklep (obr. 3,4). Dům je postaven ze zděné konstrukce z tepelně izolačních cihel a plochou střechou. Z hlediska tepelně technických vlastností se jedná o charakter středně těžké konstrukce. Na domě jsou dřevěná okna se dvěma skly a okna se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna. Vchodové dveře jsou dřevěné s jedním sklem. Veškerá okna i dveře jsou značky TERMOS, dostupné v době výstavby objektu. Na domě nebylo od výstavby provedeno žádné dodatečné zateplení ani opatření pro úspory energie.

Obr. 1. Mapa teplotních oblastí dle ČSN 730540 – 3 dle [2] s vyznačením polohy obce Třemošnice



Obr. 2. Orientace domu

Obr. 3. Hlavní vchod z ulice

Obr. 4. Zadní vchod ze zahrady

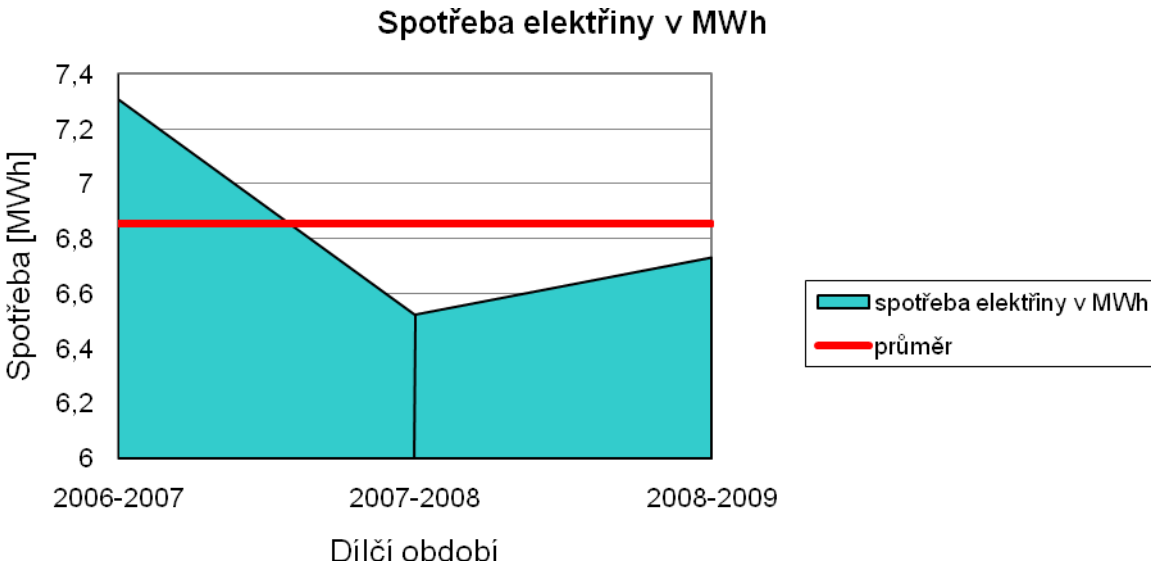
4.1 Energie dodávané do budovy

Do objektu je dodávaná elektřina z veřejné sítě od distribuční společnosti ČEZ Prodej s.r.o. a zemní plyn od společnosti Východočeská plynárenská a.s. K dispozici jsou faktury za dodávky elektřiny a plynu za poslední tři roky. Tyto údaje budou následně použity k rámcovému ověření správnosti nastavení a kalibrace výpočtu posuzovaného domu v NKN (viz. varianta 0, kap. 6.1.1).

4.1.1 Elektřina

Tab. 1. Spotřeba elektřiny

Dílčí období	Spotřeba elektřiny v MWh
25. 10. 2006 - 24. 10. 2007	7,4
25. 10. 2007 - 20. 10. 2008	6,5
21. 10. 2008- 20. 10. 2009	6,7
Průměrně za rok	**6,9**

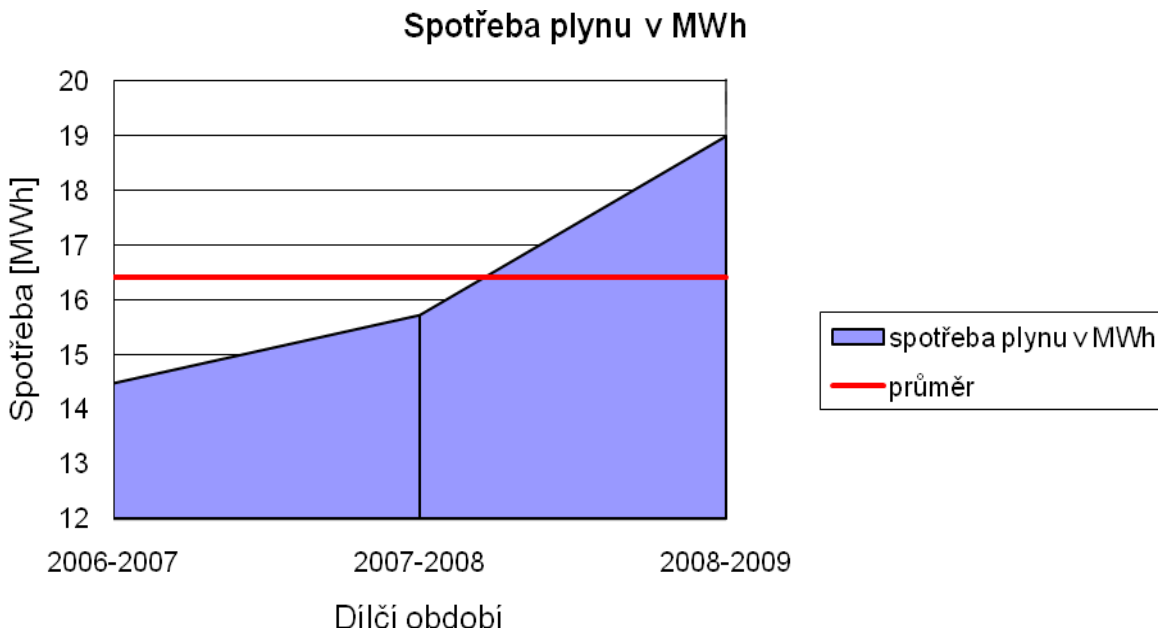


Obr. 5. Graf spotřeby elektřiny

4.1.2 Plyn

Tab. 2. Spotřeba plynu

Dílčí období	spotřeba v m3	spotřeba v MWh
10. 6. 2006-30. 6. 2007	1371,6	14,5
1. 7. 2007-30. 6. 2008	1489,5	15,7
1. 7. 2008-29. 6. 2009	1810,1	19
Průměrně za rok	**1557,1**	**16,4**



Obr. 6. Graf spotřeby plynu

4.2 Zónování budovy

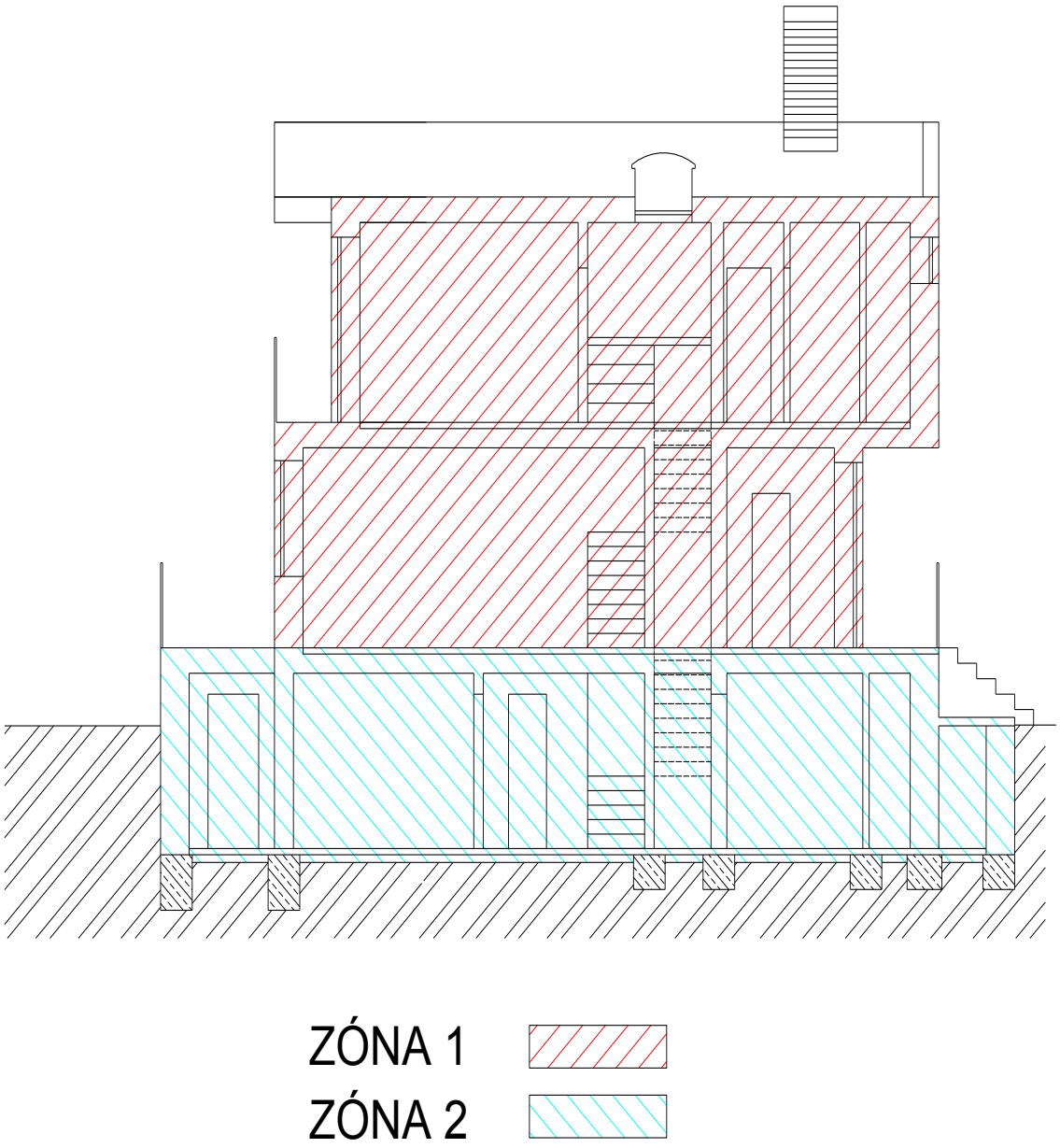
Prvním důležitým krokem je rozdělení budovy do zón (Obr. 7.). To znamená geometricky rozdělit budovu na části, které jsou zásobovány ze stejných energetických systémů, nebo mají stejné užívání v souladu se standardizovanými podmínkami vnitřního a venkovního prostředí.

Takto byla budova rozdělena do dvou užívacích zón. Zóna 1 reprezentující obytnou část objektu, která je vytápěná a popsána v nabídce standardizovaných profilů zón NKN jako: *Rodinné domy – normový byt,* a zóna 2 reprezentující neobytnou a nevytápěnou část, která je popsána v nabídce jako: *Rodinné domy – ostatní místnosti.*

Po prvním vyhodnocení ENB činila roční potřeba na osvětlení objektu 8 240 kWh/rok což odpovídá asi 23% z celkové roční potřeby. Tato hodnota je příliš vysoká, proto byl standardizovaný profil upraven podle zdroje [5. tab. 3.]. Po této úpravě hodnota činí 947 kWh/rok což odpovídá asi 3,5% z celkové roční potřeby, což je blíže reálným hodnotám.

Tab. 3 Základní popis zón objektu

Označení	**Název**	**Standardizovaný profil**	**Celková podlahová plocha [m^2]**	**Vnější objem zóny [m^3]**
Zóna 1	Přízemí, 1. Patro	Rodinné domy – normový byt	151,74	472,07
Zóna 2	Sklep, garáž	Rodinné domy – ostatní místnosti	100,4	279,1
Celkem			252,14	751,17



Obr. 7. Grafické znázornění zónování budovy

4.3 Popis konstrukcí

Dalším krokem, pro zadání do NKN, je rozdělení stavebních částí objektu dle jejich vlastností. Jako jedna konstrukce je brána ta stavební část, která má stejné tepelné a konstrukční vlastnosti, přísluší určité zóně a je hranicí mezi zónami či vnějším prostředím. Rozdělení a popis konstrukcí je uveden v tab. 4.

Tab. 4. Popis stavebních konstrukcí objektu

Číslo konstrukce	Typ konstrukce	Orientace	Plocha (A[m^2])	Součinitel prostupu tepla (U [$W.m^{-2}.K^{-1}$])	Propustnost slunečního záření průsvitné části prvku (g_g)	Sousedící prostředí	Činitel teplotní redukce (b)	Korekční činitel rámu průsvitného prvku (F_g)
1PP	**Zóna 1 – obytná část**							
1	Obvodová stěna	JV	16,46	0,72	0	EXT	1	
2	Obvodová stěna	SZ	13,02	0,72	0	EXT	1	
3	Podlaha 1	H	78,98	0,73	0	Zóna 2	0,4	
4	Dveře vstupní	JV	3,6	4,7	0,7	EXT	1,15	0,75
5	Okna se třemi skly	JV	2,25	2	0,7	EXT	1,15	0,75
6	Dveře vnitřní	-	1,5	2	0	Zóna 2	0,29	
7	Okna se třemi skly	SZ	8,1	2	0,7	EXT	1,15	0,75
8	Okna se dvěma skly	JV	0,48	2,8	0,7	EXT	1,15	0,75
1NP	**Zóna 1 – obytná část**							
9	Obvodová stěna	JV	15,78	0,72	0	EXT	1	
10	Obvodová stěna	SZ	11,69	0,72	0	EXT	1	
11	Střecha	H	72,76	0,35	0	EXT	1	
12	Střešní okno	H	0,63	2	0,7	EXT	1,15	0,75
13	Okna se třemi skly	JV	1,4	2	0,7	EXT	1,15	0,75
14	Okna se dvěma skly	JV	2,25	2,8	0,7	EXT	1,15	0,75
15	Okna se dvěma skly	SZ	5,49	2,8	0,7	EXT	1,15	0,75
16	Okna se třemi skly	SZ	2,25	2	0,7	EXT	1,15	0,75
	Zóna 2 – garáž, sklep							
18	Obvodová stěna	SZ	5,75	0,72	0	EXT	1	
19	Obvodová stěna	SZ	9	0,92	0	Zemina	0,4	
20	Obvodová stěna	JV	2,39	0,72	0	EXT	1	
21	Obvodová stěna	JV	7,14	0,92	0	Zemina	0,4	
22	Obvodová stěna	SV	0,44	0,72	0	EXT	1	
23	Obvodová stěna	JZ	2,04	0,72	0	EXT	1	
24	Vrata	JV	4,8	1,13	0	EXT	1	
25	Podlaha 0	H	100,4	6,12	0	Zemina	0,66	
26	Strop, uhelna + balkón	H	15,62	1,07	0	EXT	1	
27	Dveře na zahradu	SV	1,6	2	0	EXT	1	
28	Okna se dvěma skly	SZ	1,66	2,8	0,7	EXT	1,15	0,75

S ohledem na to, že se jedná o řadový dům uprostřed řady, předpokládáme, že sousedící domy mají stejné tepelné rozložení a zónování. Z toho důvodu neuvažujeme žádný přestup tepla mezi těmito konstrukcemi a nezadáváme je do programu.

Součinitel prostupu tepla **U** byl stanoven dle výpočetní pomůcky [3]. Obecně lze stanovit takto:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_N + R_{se}} \qquad [\mathrm{W/m^2K}]$$

kde:
R_{si} - je tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [13]
R_N - je tepelný odpor konstrukce [13]
R_{se} - je tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [13]

Tepelný odpor konstrukce se stanoví takto:

$$R_N = \sum_{i=1}^{j} \frac{d_i}{\lambda_i} \qquad [\mathrm{m^2K/W}]$$

kde:
d_i - je tloušťka vrstvy konstrukce
λ_i - je tepelná vodivost vrstvy konstrukce

Součinitel prostupu tepla oken a dveří byl volen dle článku [4]

Plocha konstrukcí **A** byla vypočtena na základě rozměrů odečtených z výkresové dokumentace. (Příloha 2.)

Hodnoty propustnosti slunečního záření průsvitné části prvku $\mathbf{g_g}$ byly voleny podle technických parametrů udávaných výrobcem 0,9.

Činitel teplotní redukce **b** byl pro jednoduchost volen dle článku [5]. Jedná se o součinitel, který zohledňuje poměr teplotního rozdílu mezi vnitřním a venkovním prostředím přilehlých ke konstrukci, pomocí něhož jsou přepočítávány měrné tepelné ztráty konstrukce v místnosti. Přesně lze určit dle ČSN 73 0540-2.

Korekční činitel rámu průsvitného prvku $\mathbf{F_{gl}}$, je podíl plochy prosklení k celkové ploše okna. Je určen dle ČSN EN ISO 10077-1, nebo se dle literatury [6] uvažuje hodnota 0,7 pro výpočet potřeby energie na vytápění, resp. hodnota 0,8 pro výpočet potřeby energie na chlazení, pro zadání v NKN se uvažuje průměrná hodnota 0,75.

4.4 Popis zdroje tepla a otopné soustavy

Zdrojem tepla je plynový teplovodní kotel DESTILA DPL 18 o výkonu 18 kW (obr. 3) a účinnosti výroby tepla 90%, který zajišťuje vytápění objektu. Ústřední vytápění je řešeno jednoduchým způsobem. Teplovodní otopná soustava je dvoutrubková s vertikálním rozvodem. Teplovodní spád otopné vody je 90/70 °C, oběh vody je nucený. Jako otopná tělesa jsou použity ocelové článkové radiátory. Regulace tepelné soustavy je zcela závislá na uživateli pomocí regulačních ventilů na každém radiátoru a kotli.

Obr. 8. Teplovodní kotel

Obr. 9. Regulátor topeného tělesa

4.5 Příprava teplé vody

Ohřev teplé vody je řešen v ležatém zásobníku teplé vody o objemu 250 l (obr. 10) umístěném v kotelně. Voda se ohřívá elektrickou topnou vložkou o příkonu 4,5 kW, 380V.

Pro výpočet spotřeby teplé vody v objektu nám poslouží faktura odběru vody za poslední půl rok a vyhláška č. 428/2001 Sb., dle které je množství spotřebované teplé vody asi 30% z celkové spotřeby vody.

Dle faktury od 31. 8. 2009 do 30. 2. 2010 bylo spotřebováno 66 m^3 studené vody.

Průměrně za rok $\frac{66}{6} \cdot 12 = 132\ m^3 / rok$

Spotřeba TV za rok $132 \cdot 0{,}3 = \underline{\underline{39{,}6\ m^3 / rok}}$

Obr. 10. Zásobník teplé vody

5.6 Ostatní vstupy do NKN

Větrání objektu je přirozené a závislé na uživateli, pouze větrání WC a kuchyně je zajištěno nuceně odtahovým ventilátorem a digestoří.

Osvětlení domu je žárovkové a v souladu s normovými požadavky. Příkon osvětlovací soustavy pro každou zónu byl spočten sečtením příkonů všech žárovek v určité zóně a uveden v tabulce 5. Výpočet energetické náročnosti osvětlení dle celkového příkonu osvětlovací soustavy v zóně však nebyl nakonec použit, protože NKN verze 2.066 při tomto způsobu výpočtu vykazoval evidentně nekorektní výsledky (viz. popis v kapitole 4.2).

Tab. 5. Příkon osvětlení připadající zónám

	Celkový příkon
Zóna 1	1620 W
Zóna 2	810 W

6 Návrh variant

Tab. 6. Řešené varianty

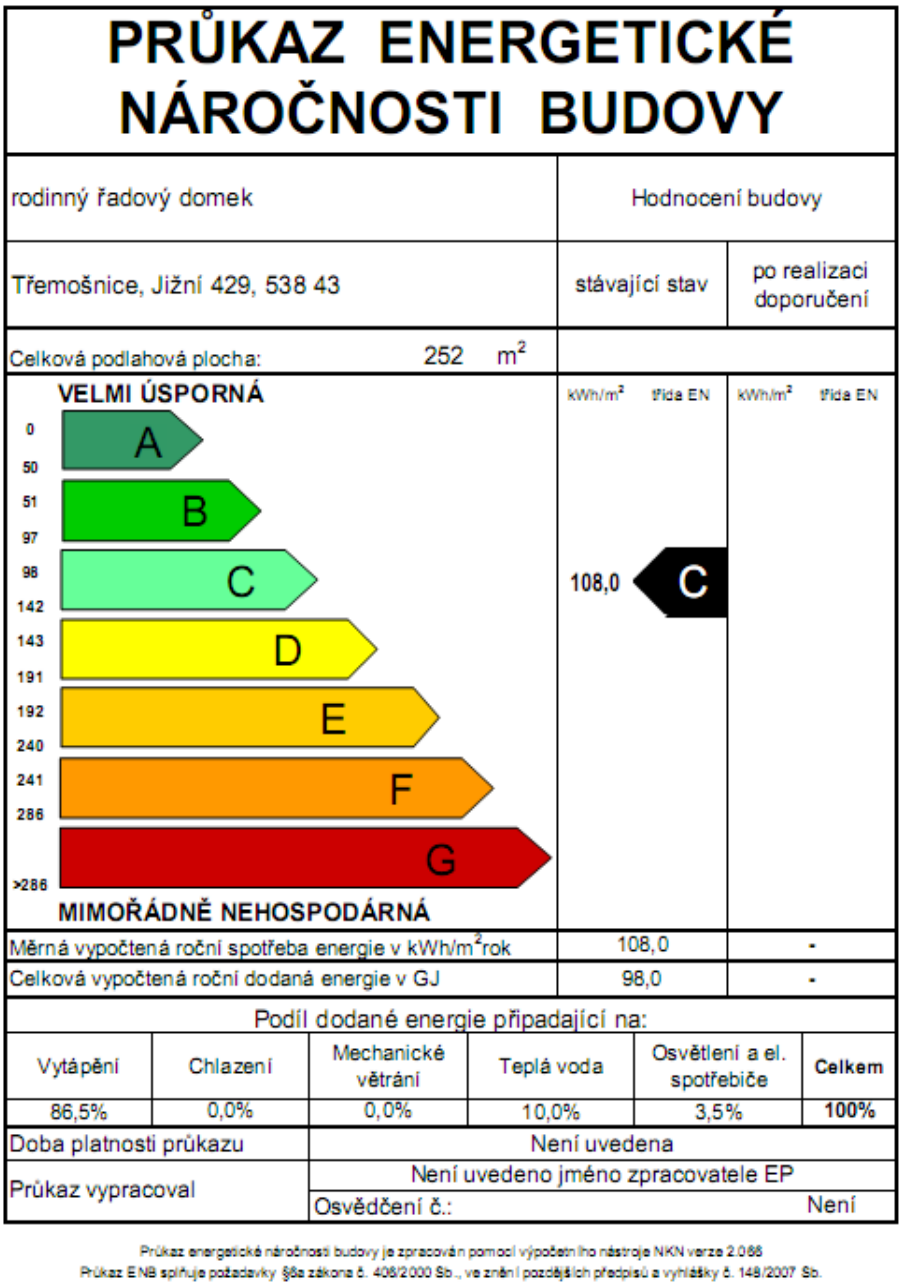
Název modelové situace	**Popis opatření**
Varianta 0	Současný stav
Varianta A	Výměna oken
Varianta B	Zateplení obvodových zdí, střechy a stropu mezi zónami
Varianta C	Nainstalování solárních kolektorů pro přípravu TV
Varianta D	Kombinace variant A+B+C

6.1 Varianta 0. Současný stav

Na základě hodnot popsaných v kapitole 5 a následně zadaných do NKN, vyhodnotil program Průkaz energetické náročnosti budovy (obr. 11.). Budova byla zařazena do třídy energetické náročnosti „C, 108 kWh/m^2“, která je vyhovující z pohledu vyhlášky (tab. 7.), ale cílem této práce je navrhnout opatření, která povedou ke snížení této hodnoty a zařazení do třídy s nižší spotřebou energie.

Tab. 7. Slovní vyjádření energetické náročnosti

Hranice třídy EN [kWh/(m^2.rok)]			Třída energetické			Slovní vyjádření energetické
	od	do	náročnosti budovy			náročnosti budovy
A	**0**	**50**		**A**		**Velmi úsporná**
B	**51**	**97**		**B**		**Úsporná**
C	**98**	**142**		**C**		**Vyhovující**
D	143	191		D		Nevyhovující
E	192	240		E		Nehospodárná
F	241	286		F		Velmi nehospodárná
G	286	-		G		Mimořádně nehospodárná



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

rodinný řadový domek	Hodnocení budovy	
Třemošnice, Jižní 429, 538 43	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 252 m^2		

	kWh/m²	třída EN	kWh/m²	třída EN
VELMI ÚSPORNÁ				
0 – 50: A				
51 – 97: B				
98 – 142: C	108,0	C		
143 – 191: D				
192 – 240: E				
241 – 286: F				
>286: G				
MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ				

Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2rok	108,0	-
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	98,0	-

Podíl dodané energie připadající na:

Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
86,5%	0,0%	0,0%	10,0%	3,5%	100%

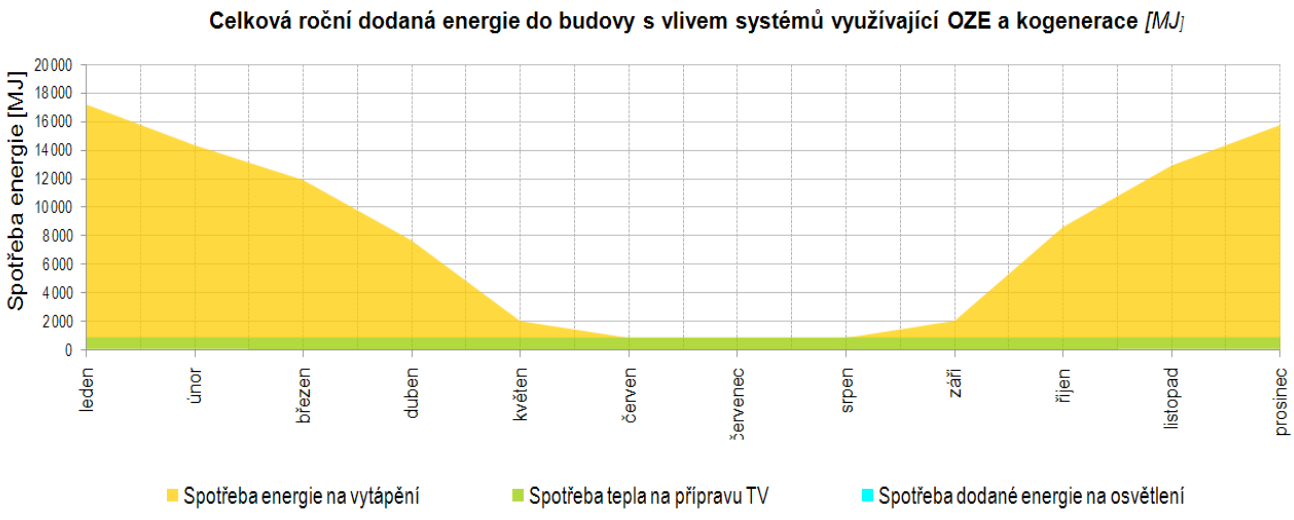
Doba platnosti průkazu	Není uvedena
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.068
Průkaz ENB splňuje požadavky §9a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obr. 11. Grafické zpracování průkazu ENB varianty 0

Tab. 8. Dodaná energie do budovy pro dílčí energetické systémy varianty 0

Dílčí energetické systémy	Dílčí dodaná energie				Měrná dílčí dodaná energie		Podíl na celkové dodané energii
Zdroje tepla (vč. kogenerace)	**84 795**	MJ	**23 554**	kWh	**93,4**	kWh/(m^2.rok)	86,5%
Systémy přípravy teplé vody	**9 784**	MJ	**2 718**	kWh	**10,8**	kWh/(m^2.rok)	10,0%
Osvětlení a elektrické spotřebiče	**3 410**	MJ	**947**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	3,5%
Celkem	**97 988**	MJ	**27 219**	kWh	**108,0**	kWh/(m^2.rok)	



Obr. 12. Grafické znázornění bilance energií varianty 0

6.1.1 Ověření výsledku NKN

K ověření výpočtu NKN použijeme průměrné hodnoty dodávek elektřiny a plynu popsané v kapitole 4.1. Celková dodaná energie, vydělená celkovou podlahovou plochou objektu se porovná s výsledkem z NKN.

Elektřina	6 854	kWh/rok
Plyn	15 291,91	kWh/rok
Celková energie	22 145,91	kWh/rok
Vytápěná plocha	251,74	m^2
Spotřeba na m^2	**87,88**	kWh/ m^2rok

Skutečná hodnota 87,88 kWh/ m^2rok a vypočtená hodnota pomocí NKN 108 kWh/ m^2rok se liší o 23%. Z toho lze usuzovat, že nástroj výsledný stav spotřeby energie nadhodnocuje a zařadí budovu do horší třídy energetické náročnosti, než ve které se budova ve skutečnosti nachází. Odchylka je také důsledkem toho, že je nástroj vztažen k průměrným hodnotám např. průběhu teplot či slunečního svitu a tyto se přesně neshodují se skutečnými hodnotami. Proto je toto porovnání uvedeno jen pro orientační srovnání a ověření výstupů NKN, nejsou-li příliš v rozporu se skutečnou spotřebou budovy.

6.2 Varianta A. Výměna oken a vchodových dveří

V této variantě se budeme zabývat vlivem výměny starých oken a dveří za nová. Hlavním měřítkem kvality okna je prostup tepla celým oknem U_W, což znamená, kolik tepelné energie prochází plochou 1 m^2 při tepelném rozdílu 1°C. Čím je tato hodnota nižší, tím okno více izoluje a uniká jím méně tepla.

U konstrukcí v minulých letech patřila okna k nejslabším článkům tepelné izolace, protože hodnota prostupu tepla U_W u starších izolačních oken dosahovala hodnot 3,0 W/m^2K. Při jednoduchém zasklení byla tato hodnota dokonce až 5,8 W/m^2K. Použitím nových izolačních skel se hodnota U_W sníží na hodnotu až 1,1 W/m^2K a okna se tak z tohoto pohledu přibližují ostatním stavebním konstrukcím.

Popis stávajících oken a dveří:
Okna jsou dvojího typu. Dle literatury [4] jsou popsána jako:

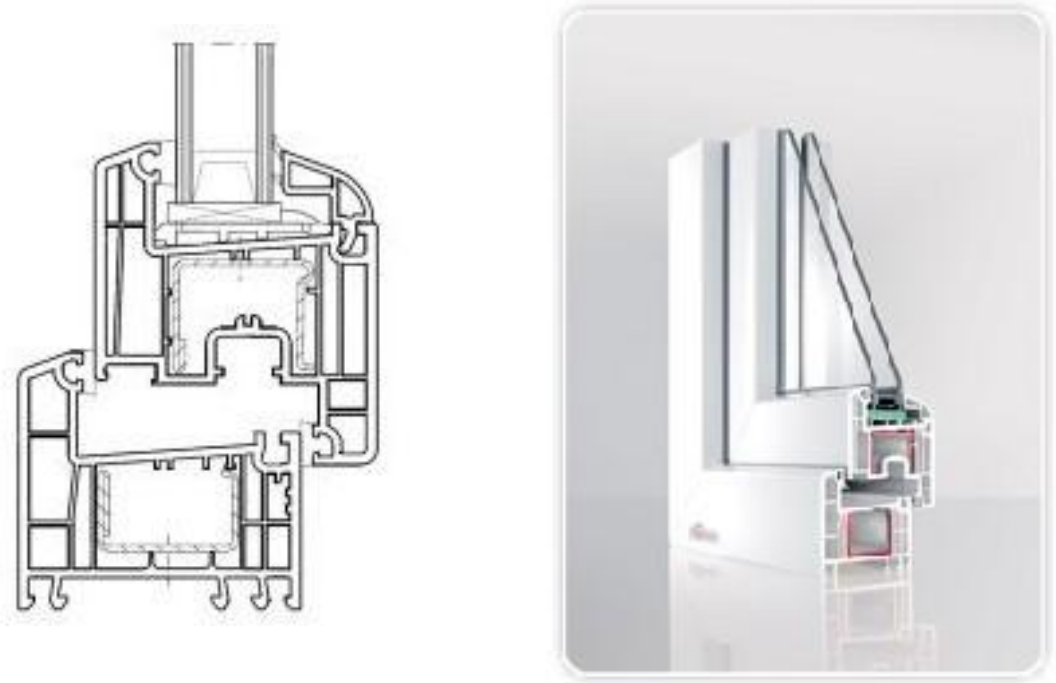
dřevěná okna zdvojená se dvěma skly o celkové ploše 9,88 m^2 a s výpočtovou hodnotou součinitele prostupu tepla $U_W = 2,8\ W/m^2K$,

dřevěná okna zdvojená se třemi skly s izolačním dvojsklem na vnitřní straně okna o celkové ploše 14 m^2 a s výpočtovou hodnotou součinitele prostupu tepla $U_W = 2,0\ W/m^2K$.

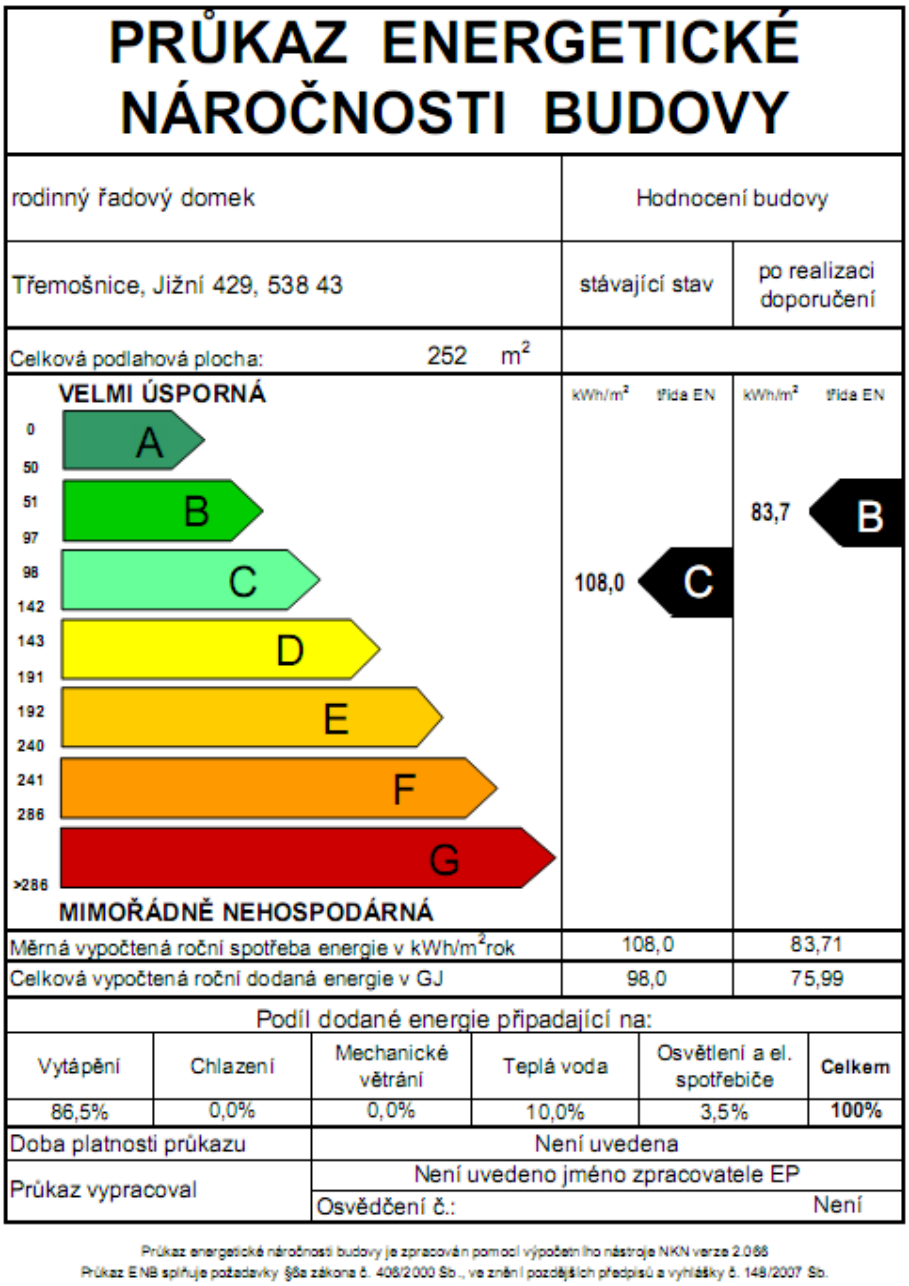
Vchodové dveře jsou popsána jako **dveře domovní dřevěné s jedním sklem** o celkové ploše 3,6 m^2 a s výpočtovou hodnotou součinitele prostupu tepla $U_W = 4,7\ W/m^2K$.

Popis nových oken a dveří:

Okna a dveře značky REHAU BRILLANT DESIGN (obr. 14), jak udává výrobce [7], mají celkový prostup tepla $\mathbf{U_w = 1,2\ W/m^2K}$, 5-ti komorový podkladový profil z PVC uzavřený v rámu se zvětšenou kovovou konstrukcí a kování Roto s klikami HOPPE ze série Secustik s bezpečnostní funkcí.



Obr. 13. Profil okna



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

rodinný řadový domek	Hodnocení budovy	
Třemošnice, Jižní 429, 538 43	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 252 m^2		

Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2rok	108,0	83,71
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	98,0	75,99

Podíl dodané energie připadající na:

Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
86,5%	0,0%	0,0%	10,0%	3,5%	100%

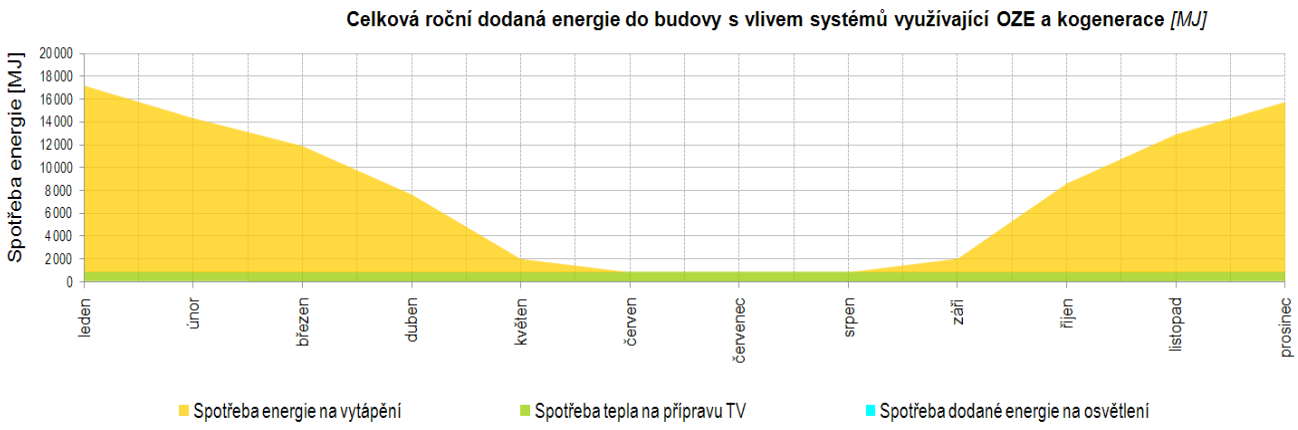
Doba platnosti průkazu	Není uvedena
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.068
Průkaz ENB splňuje požadavky §9a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obr. 14. Grafické zpracování průkazu ENB varianty A

Tab. 9. Dodaná energie do budovy pro dílčí energetické systémy varianty A

Dílčí energetické systémy	Dílčí dodaná energie				Měrná dílčí dodaná energie		Podíl na celkové dodané energii
Zdroje tepla (vč. kogenerace)	**63 038**	MJ	**17 510**	kWh	**69,4**	kWh/(m^2.rok)	82,7%
Systémy přípravy teplé vody	**9 784**	MJ	**2 718**	kWh	**10,8**	kWh/(m^2.rok)	12,8%
Osvětlení a elektrické spotřebiče	**3 410**	MJ	**947**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	4,5%
Celkem	**76 232**	MJ	**21 175**	kWh	**84,0**	kWh/(m^2.rok)	



Obr. 15. Grafické znázornění bilance energií varianty A

6.3 Varianta B. Zateplení obvodových zdí, střechy a stropu mezi zónami (stropu sklepa)

Se vstupem ČR do EU byly zpřísněny normy na tepelnou izolaci budov. Požadované tepelné odpory stavebních konstrukcí se zvýšily, což mnohdy vyžaduje použití tepelné izolace.

Možnosti zateplení starších budov mohou omezovat různé faktory, např. ozdobná fasáda, památková ochrana stavby, přílišná členitost fasády, stavební poruchy, vzlínání vlhkosti ze základů stavby atd. Nicméně pokud lze vyřešit všechny stavební poruchy a je možné provést některý způsob zateplení, má pak toto opatření pro uživatele objetku dle literatury [8] tyto přínosy:

- **Snížení nákladů na vytápění**

Jednorázovou investicí do zateplení snížíme trvale spotřebu energie a tím i náklady na vytápění

- **Bezpečná a návratná investice**
- **Snížení nákladů na klimatizaci**

Stále teplejší letní měsíce nás nutí instalovat do svých domů klimatizační jednotky. Dobře tepelně izolovaný dům se nepřehřívá a nepotřebuje v létě chlazení.

- **Ochrana životního prostředí**

Snížením energetické náročnosti zároveň snížíme emise skleníkových plynů (CO_2) a výskyt kyselých dešťů (SO_2).

- **Menší zdroj tepla**

Dobře zaizolovaný dům potřebuje zdroj tepla s malým výkonem, což má pozitivní vliv na pořizovací cenu.

- **Kratší topná sezóna**

Díky nižším tepelným ztrátám můžeme v dobře tepelně izolovaném domě později zahájit a dříve ukončit topnou sezónu.

- **Optimální využití prostoru**

Pokud na nás působí ze stěny chlad, máme tendenci židle, křesla a pohovky umísťovat dále od stěny, takže část prostoru nemůžeme plnohodnotně využít. Zateplením zajistíme vyšší povrchovou teplotu konstrukce, prostor využijeme až ke stěnám.

- **Odstranění kondenzace vodní páry na stěnách**

Zateplením konstrukce se posune rosný bod dále k vnějšímu okraji konstrukce (většinou do izolace) a na vnitřních stěnách se nesráží vodní pára. Tím se sníží či vyloučí riziko vzniku plísní na stěnách.

- **Eliminace tepelných mostů**

Certifikovaný zateplovací systém nám zajistí souvislé překrytí všech tepelných mostů vzniklých při stavbě nosné konstrukce

- **Prodloužení životnosti konstrukce**

Zateplovací systém sníží pohyby v konstrukci vznikající rozdílem denních a nočních teplot, v jejichž důsledku vznikají mikrotrhliny.

Na zateplení obvodových stěn se používá polystyrén nebo vata o tloušťce 5 cm a více. Vysoké úspory tepla lze také dosáhnout zateplením ploché střechy, nebo půdní vestavby šikmé střechy, zateplením stropu mezi vytápěnou a nevytápěnou částí budovy, tj. stropy sklepů a suterénů nebo stropu mezi posledním podlažím a neobydlenou půdou.

Tepelné izolace pro tyto účely jsou již na našem trhu ve stejné kvalitě jako ve světě. Někteří odborníci dávají přednost polystyrenu, jiní minerální nebo skelné vatě. Při volbě tepelné izolace záleží na různých faktorech, které porovnává článek [9].

Pěnový polystyren

- výhody:

- Vysoké tepelně izolační schopnosti
- Velice nízkou hmotnost a tím snadnou manipulaci s touto izolací, nezatěžuje konstrukce objektů.
- Prodává se ve stabilizované formě, to znamená velmi přesné rozměry
- Snadno se opracovává a upevňuje na stěnách objektů.
- Je relativně levný v porovnání s jinými izolanty.
- Není nasákavý, vhodný je tam, kde by mohl být vystaven vlhku a vodě tedy na fasády, ploché střechy, také šikmé střechy.

- nevýhody

- Nižší schopnost zvukové izolace objektů. Kromě speciálních polystyrenů se schopností tlumit kročejový hluk. Použití do podlah v místnostech nad obytným prostorem.
- Vyšší difúzní odpor a tím částečné snížení prodyšnosti stěn objektů.
- Nízká požární odolnost a proto se smí použít pouze do maximální výše 23 m.

Desky z minerální neboli kamenné/čedičové vlny/vaty

Vznikají tavením sopečné horniny, rozlišujeme je jednak podle orientace vláken, ty s podélnými vlákny jsou obvykle levnější, ty s vlákny kolmo mají lepší vlastnosti. Vaty jsou tvrdé a měkké. Tvrdé do zatížených míst v konstrukci např. podlahy a měkké do nezatížených míst, např. do roštů, příček a stropů.

- výhody:

- Vysoké tepelně izolační schopnosti
- Vysoká zvuková izolace, ale na vrub vyšší hmotnosti a měkké struktuře.
- Nízký difúzní odpor tedy dobrá propustnost par.
- Dlouhá životnost, takřka nesmrtelnost vat uvádějí někteří výrobci při správné aplikaci.
- Dobrá požární odolnost v porovnání s polystyrenem.

- nevýhody

- Vyšší hmotnost a tím i složitější manipulace s deskami.
- Větší zatížení konstrukcí objektů.
- Větší spotřeba materiálu při aplikaci.
- U střech je problémem nasákavost, při zatékání do střešních konstrukcí.
- Pokud dojde k nasáknutí vaty ve střeše (zatékání), nebo stropu (vytopení shora), je třeba vatu vyjmout a nechat jí vyschnout, což je často i technicky nemožné a končí to

většinou výměnou vaty. Vatu nesmíme, pokud je nasáklá zmáčknout a může se trhat při manipulaci.

Popis zateplovacích prvků:

Pro kontaktní zateplení obvodových stěn objektu volím fasádní polystyren **BACHL EPS 100 F 100 mm** (obr. 18), který je z konstrukčních i finančních důvodů nejvhodnější. S jeho aplikací se sníží prostup tepla obvodovými zdmi z U_0 = 0,72 W/m^{2}K na U_1 = 0,24 W/m^{2}K

Technické parametry [10]:

- 2,5 m^2/bal
- 150 Kč/ m^2
- Formát 1000 x 500
- Součinitel tepelné vodivosti λ = 0,036 W/m K
- Stabilizováno v bocích před řezáním -> velmi přesné rozměry

Obr. 16. Fasádní polystyren BACHL EPS 100 F 100 mm

Pro tepelnou, zvukovou a protipožární izolaci ploché střechy volím **ISOVER T 10** (obr. 17), který bude použit jako podklad pod **ISOVER S 10** a následně překryt hydroizolační vrstvou dle návodu výrobce. Správnou instalací hydroizolační vrstvy se eliminuje velká nevýhoda vaty, kterou je nasákavost. Aplikací tohoto systému se sníží prostup tepla střechou z U_0 = 0,35 W/m^{2}K na U_1 = 0,13 W/m^{2}K.

Technické parametry[11]:

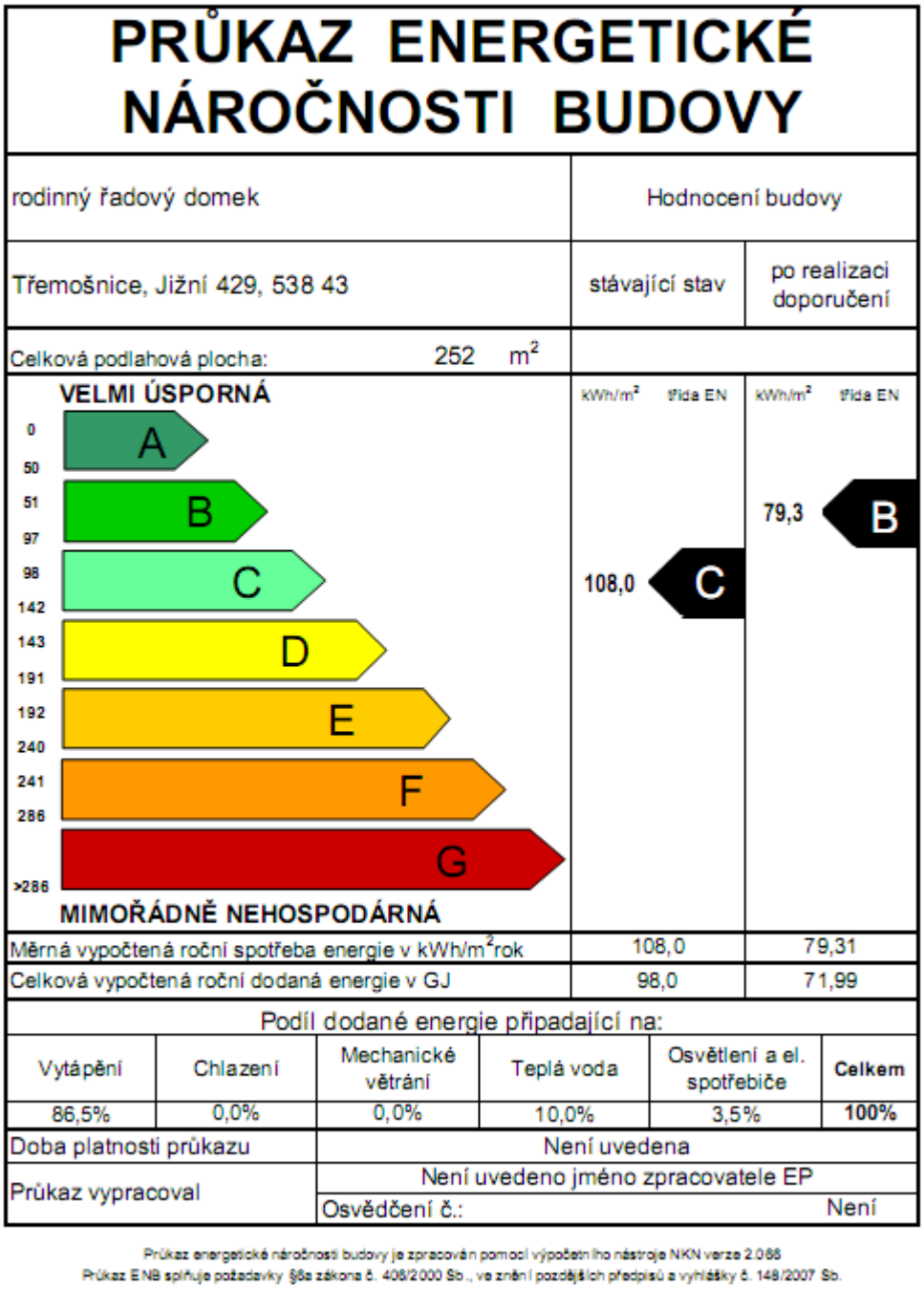
	ISOVER T10:	ISOVER S10:
• Součinitel tepelné vodivosti	λ = 0,039 W/m K	λ = 0,039 W/m K
• Tloušťka	100 mm	100mm
• Balení obsahuje	31,2 m^2/3,12 m^3	31,2 m^2/3,12 m^3
• Rozměry	2000x1200 mm	2000x1200mm
• Cena bez DPH	220 Kč/m^2	230 Kč/m^2

Obr. 17. Izolační vata ISOVER

Pro zateplení stropu sklepa, tedy mezi zónami 1 a 2 volím polystyrén **BACHL EPS 100 F 50 mm**, z důvodu ušetření prostor v zóně 2. Aplikací polystyrénu se sníží prostup tepla stropem z U_0 = 0,73 W/m^{2}K na U_1 = 0,36 W/m^{2}K.

<u>Technické parametry [10]:</u>

- 5 m^2/bal
- 80 Kč/ m^2
- Formát 1000 x 500
- Součinitel tepelné vodivosti λ = 0,036 W/m K



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

rodinný řadový domek	Hodnocení budovy	
Třemošnice, Jižní 429, 538 43	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 252 m^2		

Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^{2}rok	108,0	79,31
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	98,0	71,99

Podíl dodané energie připadající na:

Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
86,5%	0,0%	0,0%	10,0%	3,5%	100%

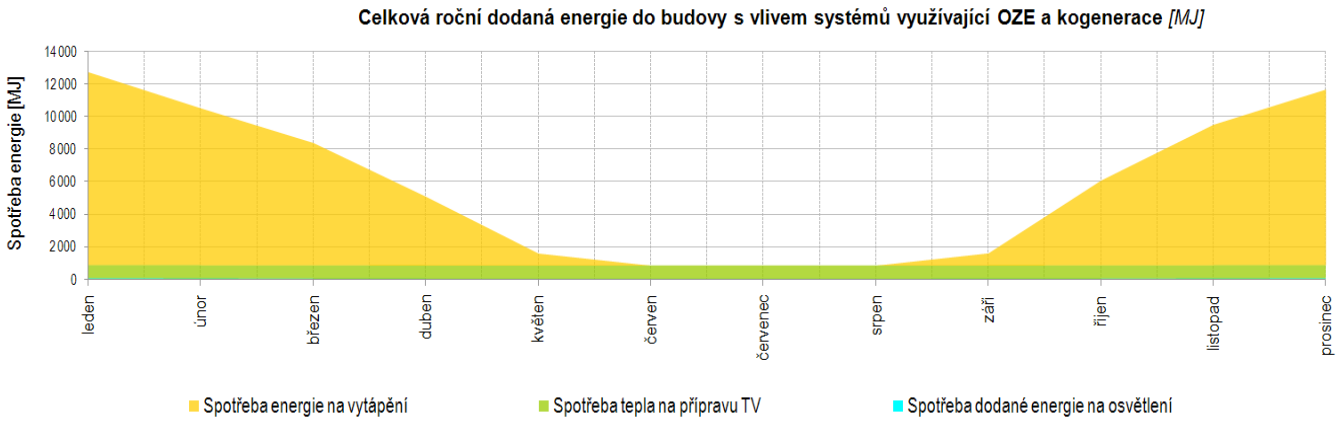
Doba platnosti průkazu	Není uvedena
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066
Průkaz ENB splňuje požadavky §8a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obr. 18. Grafické zpracování průkazu ENB varianty B

Tab. 10. Dodaná energie do budovy pro dílčí energetické systémy varianty B

Dílčí energetické systémy	Dílčí dodaná energie				Měrná dílčí dodaná energie		Podíl na celkové dodané energii
Zdroje tepla (vč. kogenerace)	**59 303**	MJ	**16 473**	kWh	**65,3**	kWh/(m^2.rok)	81,8%
Systémy přípravy teplé vody	**9 784**	MJ	**2 718**	kWh	**10,8**	kWh/(m^2.rok)	13,5%
Osvětlení a elektrické spotřebiče	**3 410**	MJ	**947**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	4,7%
Celkem	**72 496**	MJ	**20 138**	kWh	**79,9**	kWh/(m^2.rok)	



Obr. 19. Grafické znázornění bilance energií varianty B

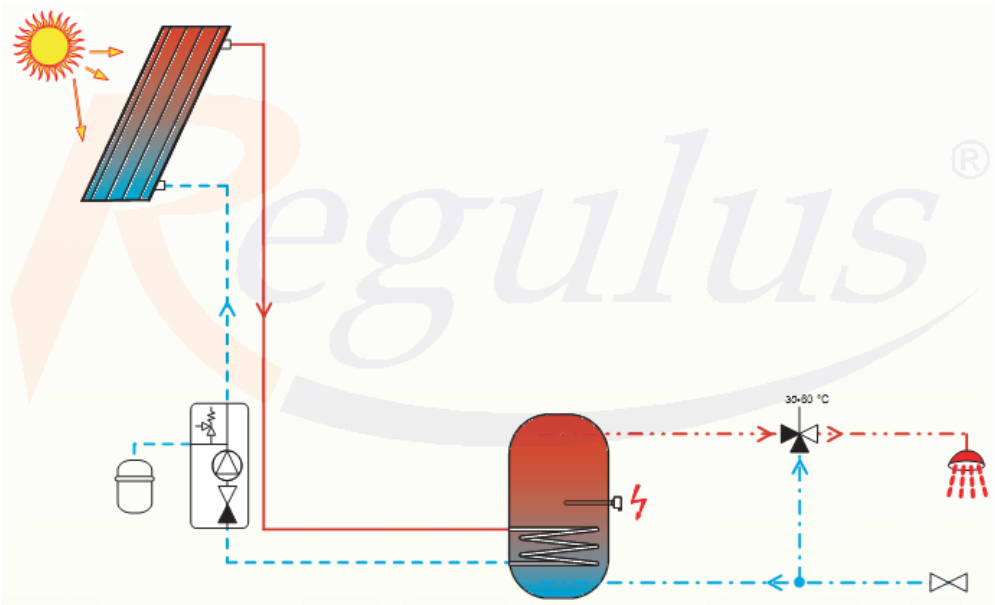
6.4 Varianta C. Nainstalování solárních kolektorů pro přípravu TV

Popis solárního systému:

Celoročně bude ohřívána teplá užitková voda, v zimním období a v přechodovém období bude ohřev vody v boileru zajišťovat externí zdroj – elektrické topné těleso.

Objem solárního zásobníku je 250 litrů. Uvnitř bojleru je integrován výměník pro ohřev vody od solárních kolektorů a elektrická topná vložka o výkonu 2 kW.

Na výstupu ohřáté vody ze zásobníku je umístěn třícestný termoregulační ventil, který reguluje teplotu ve vodovodním potrubí na žádanou hodnotu (30°C - 60°C).



Obr. 20. Solární sestava sol 250 KPS11EL - dohřev el. topným tělesem [12]

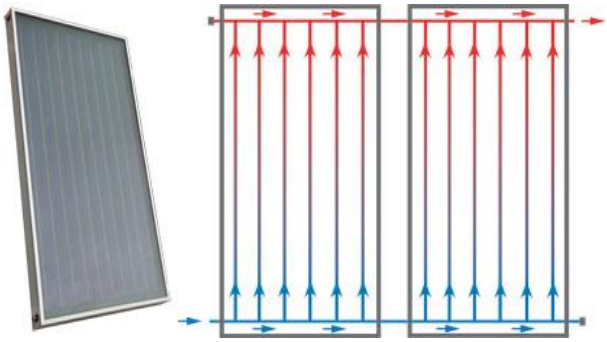
Volím systém **NW-4 sol 250 KPS11EL** dodávaný firmou **REGULUS spol. s.r.o.**
Systém obsahuje:

- 1x bivalentní zásobník R2GC 250 o objemu 250 l s integrovanou čerpadlovou skupinou s regulací a el. topným tělesem s termostatem
- 2x plochý solární panel KPS 11 (Obr. 21.)
- sadu pro uchycení a propojení

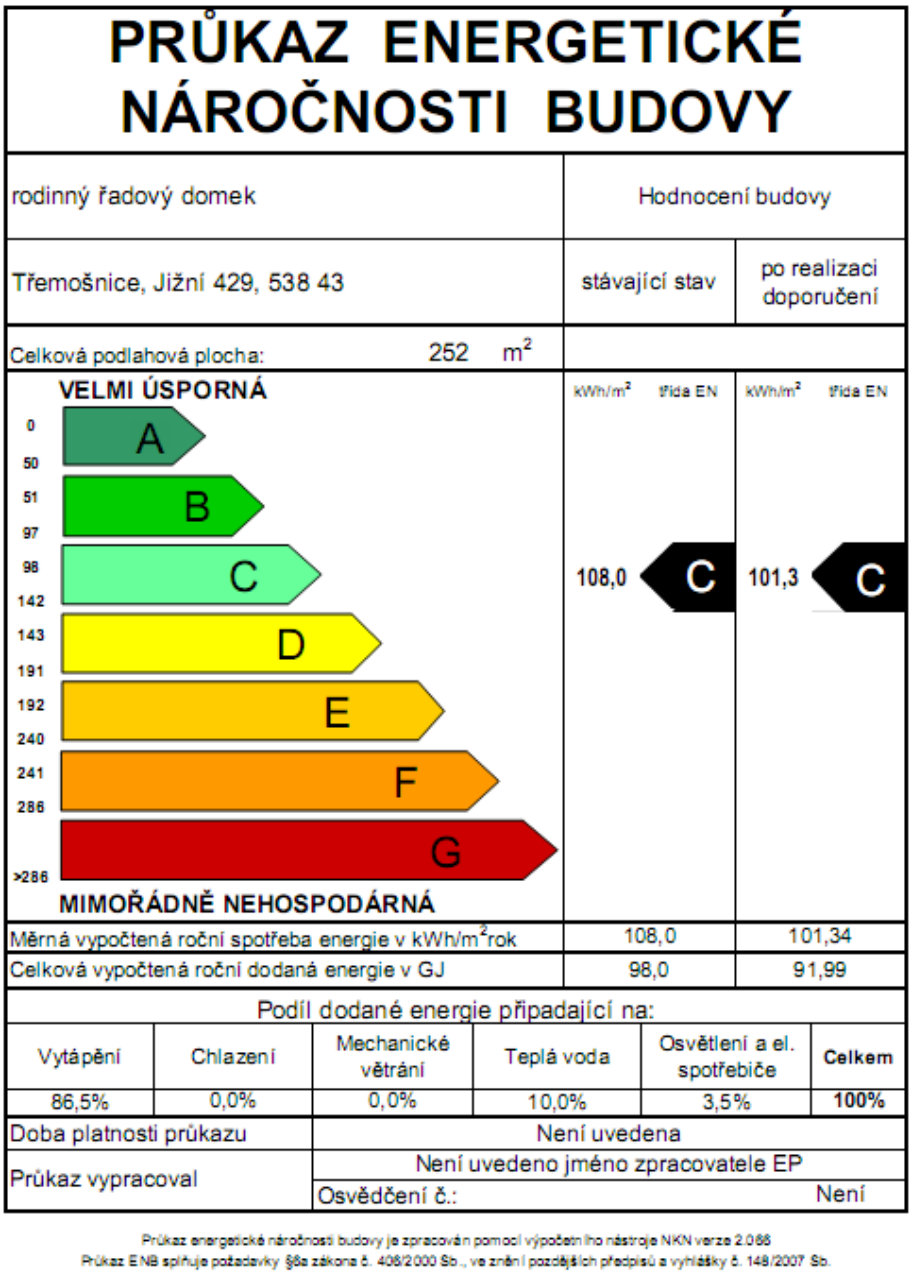
Kolektor je orientován na jižní stranu pod úhlem 45° vůči vodorovné rovině. Staticky je zajištěn přišroubováním ke střešní konstrukci. Celková instalovaná plocha solárního panelu je 2,49 m^2 a celková absorpční (užitná) plocha je 2,18 m^2. Budou osazeny 2 ks. panelů

<u>Technické parametry [12]:</u>

- Rozměry 1247 x 2000 x 95 mm
- Plocha kolektoru 2,49 m^2
- Užitná plocha kolektoru 2,18 m^2
- Hmotnost 45 kg
- Cena 61 790 Kč



Obr. 21. Solární panel a hydraulické zapojení kolektorů



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

rodinný řadový domek	Hodnocení budovy	
Třemošnice, Jižní 429, 538 43	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 252 m^2		

	kWh/m^2	třída EN	kWh/m^2	třída EN
VELMI ÚSPORNÁ				
A (0–50)				
B (51–97)				
C (98–142)	108,0	C	101,3	C
D (143–191)				
E (192–240)				
F (241–286)				
G (>286)				
MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ				

Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2rok	108,0	101,34
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	98,0	91,99

Podíl dodané energie připadající na:

Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
86,5%	0,0%	0,0%	10,0%	3,5%	100%

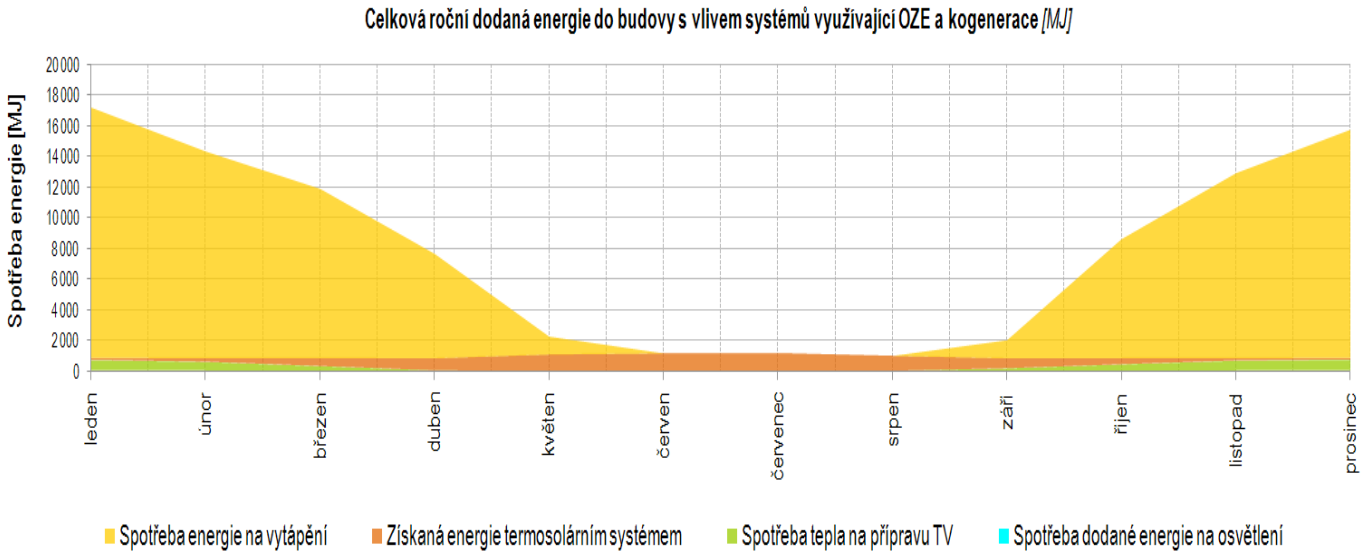
Doba platnosti průkazu	Není uvedena
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066
Průkaz ENB splňuje požadavky §9a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obr. 22. Grafické zpracování průkazu ENB varianty C

Tab. 11. Dodaná energie do budovy pro dílčí energetické systémy varianty C

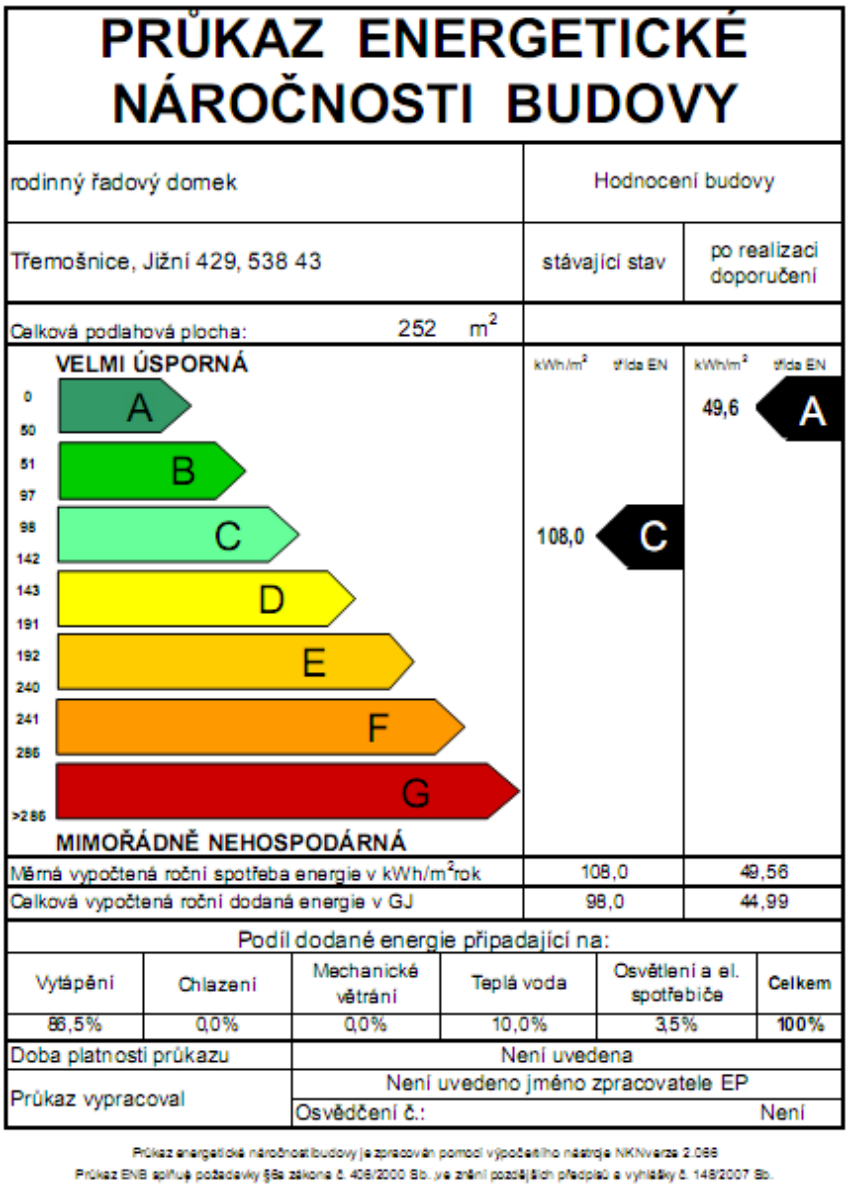
Dílčí energetické systémy	Dílčí dodaná energie				Měrná dílčí dodaná energie		Podíl na celkové dodané energii
Zdroje tepla (vč. kogenerace)	**84 795**	MJ	**23 554**	kWh	**93,4**	kWh/(m^2.rok)	92,5%
Systémy přípravy teplé vody	**3 484**	MJ	**968**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	3,8%
Osvětlení a elektrické spotřebiče	**3 410**	MJ	**947**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	3,7%
Celkem	**91 689**	MJ	**25 469**	kWh	**101,0**	kWh/(m^2.rok)	



Obr. 23. Grafické znázornění bilance energií varianty C

6.5 Varianta D. Kombinace variant A+B+C

V této variantě se budeme zabývat situací, kdy na objektu provedeme všechny navržené úpravy A, B, C najednou. Jedná se tedy o výměnu oken, zateplení obvodových zdí, střechy a stropu sklepa a nainstalování solárních kolektorů.



PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

rodinný řadový domek	Hodnocení budovy	
Třemošnice, Jižní 429, 538 43	stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 252 m^2		

Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m^2rok	108,0	49,56
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	98,0	44,99

Podíl dodané energie připadající na:

Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	Celkem
86,5%	0,0%	0,0%	10,0%	3,5%	100%

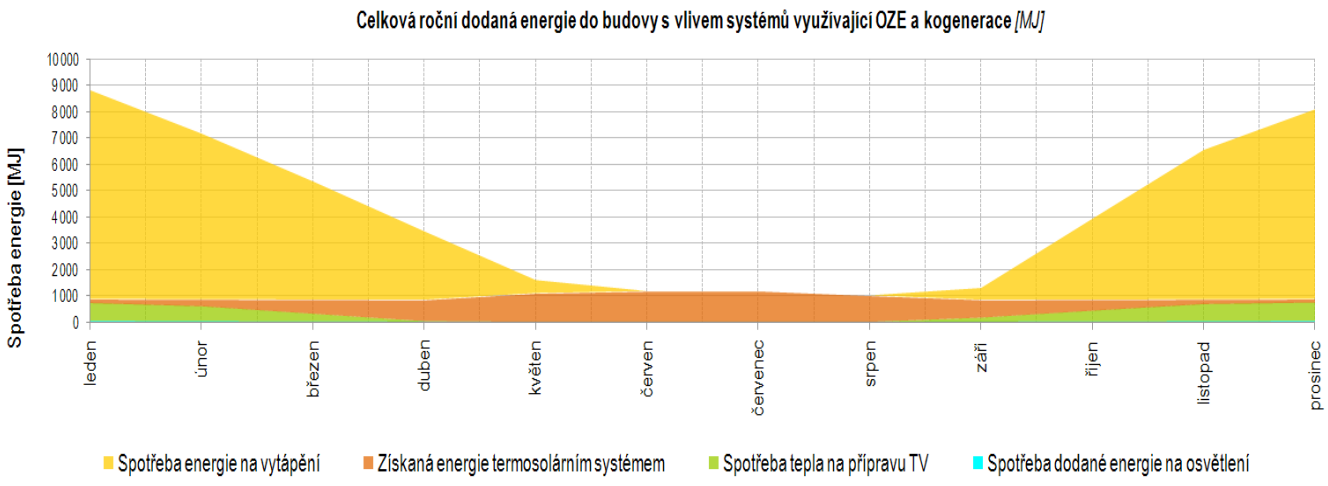
Doba platnosti průkazu	Není uvedena
Průkaz vypracoval	Není uvedeno jméno zpracovatele EP
	Osvědčení č.: Není

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066
Průkaz ENB splňuje požadavky §8a zákona č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obr. 24. Grafické zpracování průkazu ENB varianty D

Tab. 10. Dodaná energie do budovy pro dílčí energetické systémy varianty D

Dílčí energetické systémy	Dílčí dodaná energie				Měrná dílčí dodaná energie		Podíl na celkové dodané energii
Zdroje tepla (vč. kogenerace)	**38 291**	MJ	**10 636**	kWh	**42,2**	kWh/(m^2.rok)	84,7%
Systémy přípravy teplé vody	**3 484**	MJ	**968**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	7,7%
Osvětlení a elektrické spotřebiče	**3 410**	MJ	**947**	kWh	**3,8**	kWh/(m^2.rok)	7,5%
Celkem	**45 185**	MJ	**12 551**	kWh	**49,8**	kWh/(m^2.rok)	



Obr. 25. Grafické znázornění bilance energií varianty D

7 Vyhodnocení výsledků

V předchozí kapitole byla zjištěna energetická náročnost posuzovaného domu pro stav bez úprav a pro různá opatření k úspoře energie. V této kapitole se budeme zabývat vyhodnocením celkových energetických úspor a jejich ekonomickým dopadem pro uživatele objektu. Ekonomický dopad bude posuzován na základě doby prosté návratnosti investice.

Budeme vycházet z aktuálních cen za elektřinu od distribuční společnosti ČEZ Prodej s.r.o. a zemní plyn od společnosti Východočeská plynárenská a.s. Cena 1 kWh elektřiny na přípravu TV činí od 1. 1. 2010 dle tarifu: D 25d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin 1,65528 Kč a cena 1 kWh zemního plynu od 1. 4. 2010 činí 1,06268 Kč.

K určení prosté doby návratnosti budou použity cenové nabídky od stavební firmy KWEKU s.r.o. Nabídka zahrnuje včetně ceny produktu, také cenu veškeré práce, která je spojena s jeho instalací.

Energetické a finanční úspory budou spočteny podle vzorce:

$$Z_E = E_0 - E_X$$

$$Z_F = Z_E \cdot C$$

Kde:
Z_E – energetická úspora v kWh/rok
E_0 – roční potřeba energie za současného stavu v kWh/rok
E_X – roční potřeba energie po realizaci úpravy v kWh/rok
Z_F – finanční úspora v Kč/rok
C – cena jedné kWh v Kč

7.1 Vyhodnocení varianty A

V této variantě byla navrhnuta výměna oken a vchodových dveří. Tím se ušetří energie za vytápění, které zajišťuje plynový kotel. Návratnost bude tedy počítána z ušetřeného zemního plynu.

$$23554\ kWh/rok - 17550\ kWh/rok = 6\,044\ kWh/rok$$

$$6044\ kWh/rok \cdot 1{,}06268\ Kč = 6\,423\ Kč/rok$$

Spotřeba tepla na vytápění výměnou oken klesne o 25,7%. Za rok bude ušetřeno 6 044 kWh, které odpovídají částce 6 423 Kč.

Cena výměny oken dle nabídky činí 113 000 Kč.
Doba prosté návratnosti investice:

$$\frac{113000\ Kč}{6\ 423\ Kč/rok} = 17{,}59 \cong \underline{18\ let}$$

7.2 Vyhodnocení varianty B

V této variantě bylo navrhnuto zateplení obvodových zdí, střechy a stropu mezi zónami (strop sklepa). Tím se ušetří energie za vytápění, které zajišťuje plynový kotel. Návratnost bude tedy počítána z ušetřeného zemního plynu.

$$23554\ kWh/rok - 16473\ kWh/rok = 7\ 081\ kWh/rok$$

$$7081\ kWh/rok \cdot 1{,}06268\ Kč = 7525\ Kč/rok$$

Spotřeba tepla na vytápění se zateplením sníží o 30,1%. Za rok bude ušetřeno 7 081 kWh, které odpovídají částce 7 525 Kč.

Cena zateplení dle nabídky činí:	strop	40 000 Kč
	obvodové zdi	70 000 Kč
	střecha	110 000 Kč
	celkem	220 000 Kč

Doba prosté návratnosti investice:

$$\frac{220000\ Kč}{7525\ Kč/rok} = 29{,}23 \cong \underline{29\ let}$$

7.3 Vyhodnocení varianty C

V této variantě byl navrhnut solární systém. Tím se ušetří elektrická energie na přípravu teplé vody. Návratnost bude tedy počítána z ušetřené elektrické energie.

$$2718\ kWh/rok - 968\ kWh/rok = 1\ 750\ kWh/rok$$

$$1750\ kWh/rok \cdot 1{,}65528\ Kč = 2\ 897\ Kč/rok$$

Spotřeba energie na přípravu TV se instalací solárních kolektorů sníží o 64,4%. Za rok bude ušetřeno 1 750 kWh, které odpovídají částce 2 897 Kč.

Cena solárního systému dle nabídky činí 85 000 Kč.
Doba prosté návratnosti investice:

$$\frac{85000\ Kč}{2897\ Kč/rok} = 29{,}34 \cong \underline{29\ let}$$

7.4 Vyhodnocení varianty D

V této variantě byly aplikovány všechny předchozí návrhy. Proto bude celková návratnost vypočtena za ušetřenou elektrickou energii a zemní plyn dohromady.

Elektřina:

$$2718\ kWh/rok - 968\ kWh/rok = 1\ 750\ kWh/rok$$

$$1750\ kWh/rok \cdot 1{,}65528\ Kč = 2\ 897\ Kč/rok$$

Plyn:

$$23554\ kWh/rok - 10636\ kWh/rok = 12\ 918\ kWh/rok$$

$$12918\ kWh/rok \cdot 1{,}06268\ Kč = 13\ 729\ Kč/rok$$

Spotřeba elektrické energie klesne o 64,4% a spotřeba tepla na vytápění se sníží o 54,8%. Za rok bude ušetřeno 1 750 kWh za elektřinu a 12 918 kWh/rok za plyn, které v celkovém součtu odpovídají částce 16 626 Kč.

Celkové náklady činí 418 000 Kč.
Doba prosté návratnosti investice:

$$\frac{418\ 000\ Kč}{16\ 626\ Kč/rok} = 25{,}14 \cong \underline{25\ let}$$

7.5 Shrnutí výsledků

Tab. 11. Výsledná bilance

	Ušetřená energie [kWh/rok]	Ušetřené finance [Kč/rok]	Pořizovací cena [Kč]	Prostá doba návratnosti [roky]
Varianta A	**6 044**	6 423	113 000	**18**
Varianta B	**7 081**	7 525	220 000	**29**
Varianta C	**1 750**	2 897	95 000	**29**
Varianta D	**14 669**	16 626	418 000	**25**

Varianta 0 – současný stav: Národní kalkulační nástroj vyhodnotil budovu jako vyhovující z pohledu energetické náročnosti a zařadil jí do třídy C s potřebou energie 108 kWh/m^2.

Varianta A – výměna oken a dveří: Po tomto opatření byla budova klasifikována jako úsporná a zařazena do třídy B s potřebou energie 83,7 kWh/m^2. Z energetického hlediska bylo ušetřeno 6 044 kWh/rok Toto opatření má dobu prosté návratnosti 18 let.

Varianta B – zateplení obvodových zdí, střechy a stropu mezi zónami: Po tomto opatření byla budova klasifikována jako úsporná a zařazena do třídy B s potřebou energie 79,3 kWh/m^2. Z energetického hlediska bylo ušetřeno 7 081 kWh/rok. Toto opatření má dobu prosté návratnosti 29 let.

Varianta C – nainstalování solárních kolektorů: Po tomto opatření byla budova klasifikována jako vyhovující a zařazena do třídy C s potřebou energie 101,3 kWh/m^2. Z energetického hlediska bylo ušetřeno 1 750 kWh/rok. Toto opatření má dobu prosté návratnosti 29 let.

Varianta D – kombinace variant: Tato varianta byla dle očekávání nejúspornější. Byla zařazena do třídy A s potřebou energie 49,6 kWh/m^2. Z energetického hlediska bylo ušetřeno 8 916 kWh/rok a doba prosté návratnosti činí 25 let.

8 Závěr

Cílem práce bylo provést posouzení energetické náročnosti konkrétního domu a navrhnout některé úpravy a změny, které sníží energetickou náročnost objektu. Posouzení bylo provedeno pomocí Národního kalkulačního nástroje ve verzi 2.066.

V úvodu byl popsán aktuální stav řešení problematiky energetické náročnosti budov a Národní kalkulační nástroj verze 2.066. Práce s tímto výpočetním nástrojem je vcelku jednoduchá a srozumitelná pro uživatele. V našem případě nastal jediný problém při určení energie na osvětlení, který byl popsán a vyřešen v kapitole 4.2.

Varianty modelových situací byly popsány v kapitole 6. a jejich vyhodnocení bylo provedeno v následující kapitole 7.

Z energetického hlediska je dle očekávání nejvýhodnější varianta D, ve které dojde ke všem úpravám najednou, ale za velice vysokou cenu, kterou by musel majitel investovat jednorázově. Proto by bylo vhodnější provádění úprav realizovat v rozmezí několika let.

Z jednotlivých opatření dává největší úsporu energie varianta B, ale její prostá doba návratnosti je poměrně dlouhá díky vysoké pořizovací ceně, ve které je dominantní cena na zateplení střechy. Protože při zateplení 73 m^2 střechy, kdy se změní prostup tepla střechou z U_0 = 0,35 W/m^2K na U_1 = 0,13 W/m^2K, je méně efektivní než zateplení 70 m^2 obvodových zdí, kdy se změní součinitel prostupu tepla z U_0 = 0,72 W/m^2K na U_1 = 0,24 W/m^2K, bylo by nutné zvážit, zda by zateplení střechy bylo provedeno tímto způsobem nebo by bylo zvoleno nějaké jiné řešení např. zateplení zevnitř objektu. Toto opatření má i jiné výhody, jak je popsáno v kap. 6.3. Mezi nejhlavnější patří zvýšení povrchové teploty podlahy a stěn v zimním období, což přispívá ke zvýšení tepelného komfortu a lepšího využití prostoru v objektu a v letních dnech naopak nedochází k takovému přehřívání. Zateplením také objekt získá nový vzhled, čímž se zvýší estetická hodnota a také celková hodnota nemovitosti.

Varianta A je nejefektivnější. Za přijatelnou pořizovací cenu lze dosáhnout dobrých energetických a finančních úspor a z hlediska prosté návratnosti (18 let) je tato varianta nejvhodnější. Nová plastová okna nejsou oproti starým dřevěným oknům náročná na údržbu. Nemusí se natírat a prakticky vyžadují jen minimální údržbu. Mají mnohem lepší schopnost tepelné i protihlukové izolace a díky lepší těsnosti snižují infiltraci vzduchu a tím i tepelnou ztrátu objektu. Na druhou stranu snížení přirozeného větrání objektu po výměně oken klade vyšší požadavky na uživatele objektu, kteří musí svědomitě větrat, aby v zimním období nedocházelo ke kondenzaci vodních par a např. k výskytu plísní.

Varianta C přináší nejnižší energetické a finanční úspory. Po tomto opatření ani nebude budova zařazena do lepší energetické třídy oproti původnímu stavu. Také doba prosté návratnosti je vcelku neuspokojivá vzhledem k životnosti celého systému. Tuto hodnotu by mohla výrazně zkrátit státní dotace, která činí až 55 000 Kč. Státní dotace nebyly ovšem předmětem této práce, proto nejsou započteny ve výsledné době prosté návratnosti.

Obecně lze konstatovat, že snižováním energetické náročnosti budov lze dosáhnout významných úspor energie, což má příznivé dopady na životní prostředí a v neposlední řadě může přispět i k snížení energetické závislosti ČR. Ekonomické úspory jsou však poněkud diskutabilní, neboť zjištěná doba návratnosti často přesahuje technickou životnost daného opatření. Je však potřeba upozornit, že dané kalkulace byly provedeny s celou řadou zjednodušení a při použití cen energii a paliv platných v době zpracování bakalářské práce. Do dané kalkulace také nelze zahrnout některé aspekty, které jsou jen obtížně vyčíslitelné penězi (např. zvýšení tepelného komfortu po provedení zateplení) a které po provedení daného opatření mohou zlepšit komfort užívání posuzovaného domu.

9 Seznam použitých zdrojů

[1] ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra technických zařízení budov. HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV – NÁRODNÍ KALKULAČNÍ NÁSTROJ. [online]. Vydáno: 2007 [citováno 2010-02-10]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=uvod

[2] URBAN, L., et al. Výpočetní nástroj pro stanovení energetické náročnosti budov podle vyhlášky 148/2007 Sb. (II). [online]. Vydáno: 27. 8. 2007 [citováno 2010-02-10]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4318

[3] REINBERK, Z. Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. [online]. Vydáno: 2. 9. 2003 [citováno 2010-02-10]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=68&h=38&obor=9)

[4] Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540 [online]. [citováno 2010-02-12]. Dostupné z: http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=32&h=38&obor=7

[5] URBAN, M., KABELE, K., et al. Praktická aplikace metodiky hodnocení energetické náročnosti budov (II). [online]. Vydáno: 3. 12. 2007 [citováno 2010-02-12]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4517

[6] ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra technických zařízení budov. *Energetická Náročnost Budov - Národní Kalkulační Nástroj* [počítačový program]. Ver. 2.066. Vydáno 11.2009 [citováno 2010-01-17]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=download

[7] EDEX s.r.o. Katalog plastových oken značky Rehau. [online]. [citováno 2010-05-12]. Dostupné z: http://www.edex.cz/rehau/plastova-okna-rehau

[8] 10 důvodů proč zateplit dům, [online]. [citováno 2010-05-12]. Dostupné z: http://www.zatepleni-fasad.eu/vse-o-zatepleni/10-duvodu-proc-zateplit-dum.aspx

[9] Polystyren versus vata střízlivě…, [online]. Vydáno: 15.1.2008 [citováno 2010-05-12] Dostupné z: http://www.tepelna-izolace.cz/polystyren-versus-vata-strizlive.html

[10] BALCH. Katalog výrobce. [online]. [citováno 2010-05-12]. Dostupné z: http://www.bachl.cz/

[11] ISOVER. Katalog výrobce. [online]. [citováno 2010-05-12]. Dostupné z: http://www.isover.cz/zatepleni-standardni-ploche-strechy

[12] Regulus spol. s.r.o. Příklady solárních sestav a plochými slunečními kolektory. [online]. [citováno 2010-05-12]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/pdf/Ploche-solarni-sestavy-CZ.pdf

[13] Výpočet součinitele prostupu tepla – nápověda. [online]. Vydáno: 2. 9. 2003 [citováno 2010-02-10]. Dostupné z:http://www.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000068_help.html - undefined

[14] ČVUT v Praze. Fakulta stavební. Katedra technických zařízení budov. Národní metodika výpočtu energetické náročnosti budov. [online]. Vydáno: 1. 10. 2007 [citováno 2010-02-10]. Dostupné z: http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/download/literatura/01-manual_k_vypoctu_enb.pdf

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

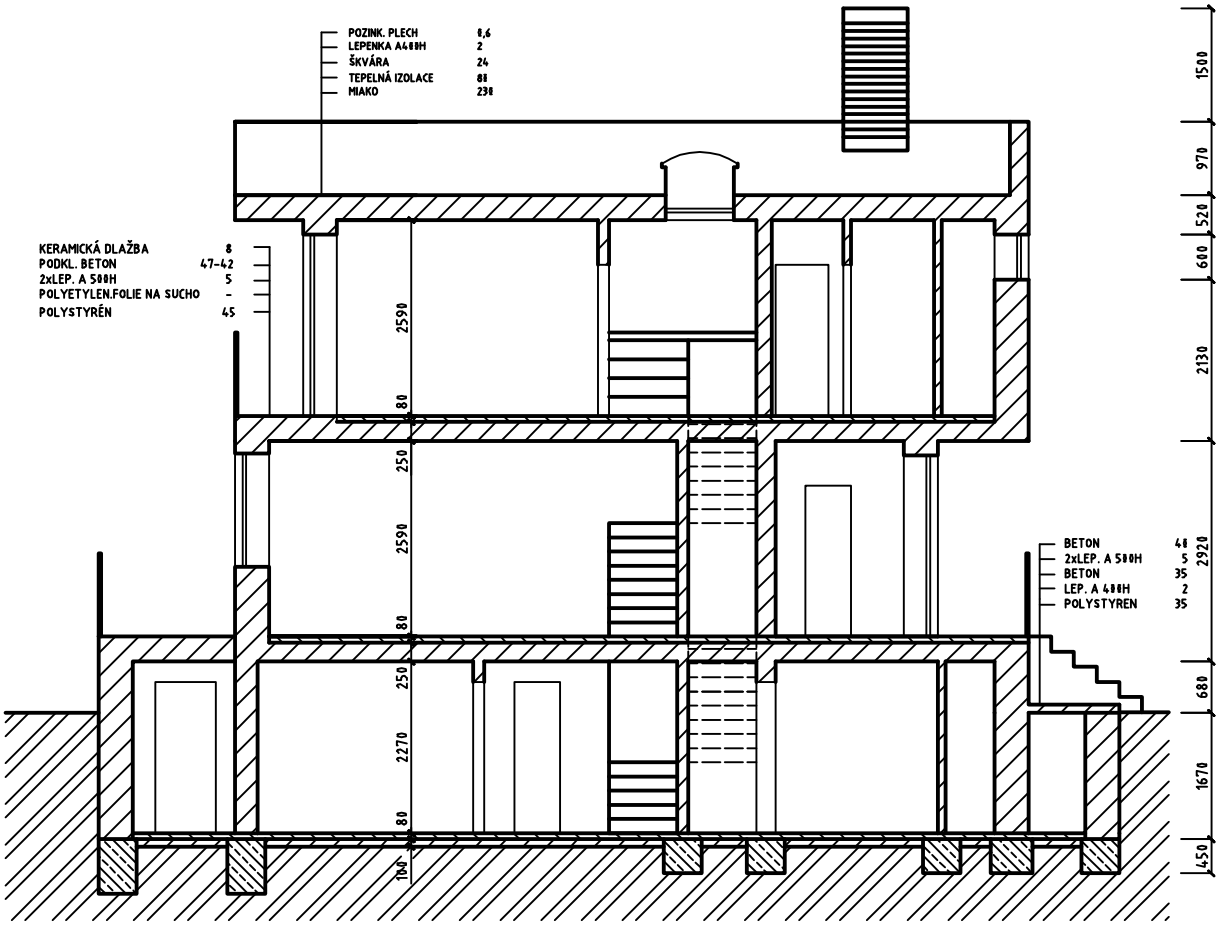
ENB	energetická náročnost budovy
EP	energetický průkaz
EU	Evropská unie
NKN	Národní kalkulační nástroj
OZE	obnovitelné zdroje energie
TV	teplá voda

λ_i	[W/mK]	tepelná vodivost vrstvy konstrukce
A	[m^2]	plocha
b	[-]	činitel teplotní redukce
C	[Kč]	cena za kWh
d_i	[m]	tloušťka vrstvy konstrukce
E_0	[kWh/rok]	roční potřeba energie za současného stavu
E_X	[kWh/rok]	roční potřeba energie po realizaci úpravy
F_{gl}	[-]	korekční činitel rámu průsvitného prvku
g_g	[-]	propustnost slunečního záření průsvitného prvku
R_N	[m^2K/W]	tepelný odpor konstrukce
R_{Se}	[m^2K/W]	tepelný odpor na vnější straně konstrukce
R_{Si}	[m^2K/W]	tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce
U	[W/m^2K]	součinitel prostupu tepla
U_W	[W/m^2K]	součinitel prostupu tepla celým oknem
Z_E	[Kč/rok]	energetická úspora
Z_F	[Kč/rok]	finanční úspora

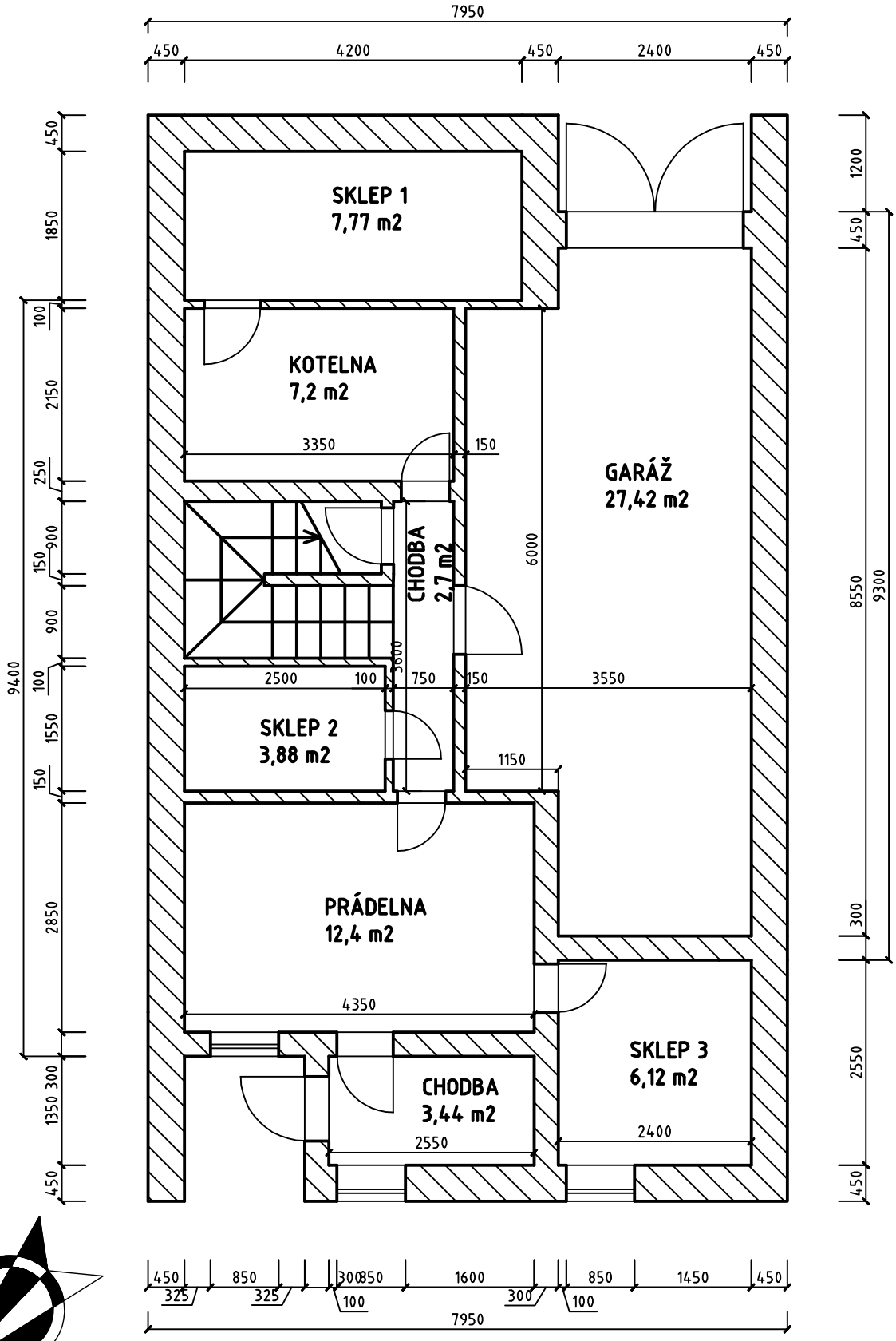
11 Seznam příloh

Elektronická příloha č. 1 na přiloženém CD.
Příloha č. 2: výkresová dokumentace.

12 Příloha č. 2: Výkresová dokumentace

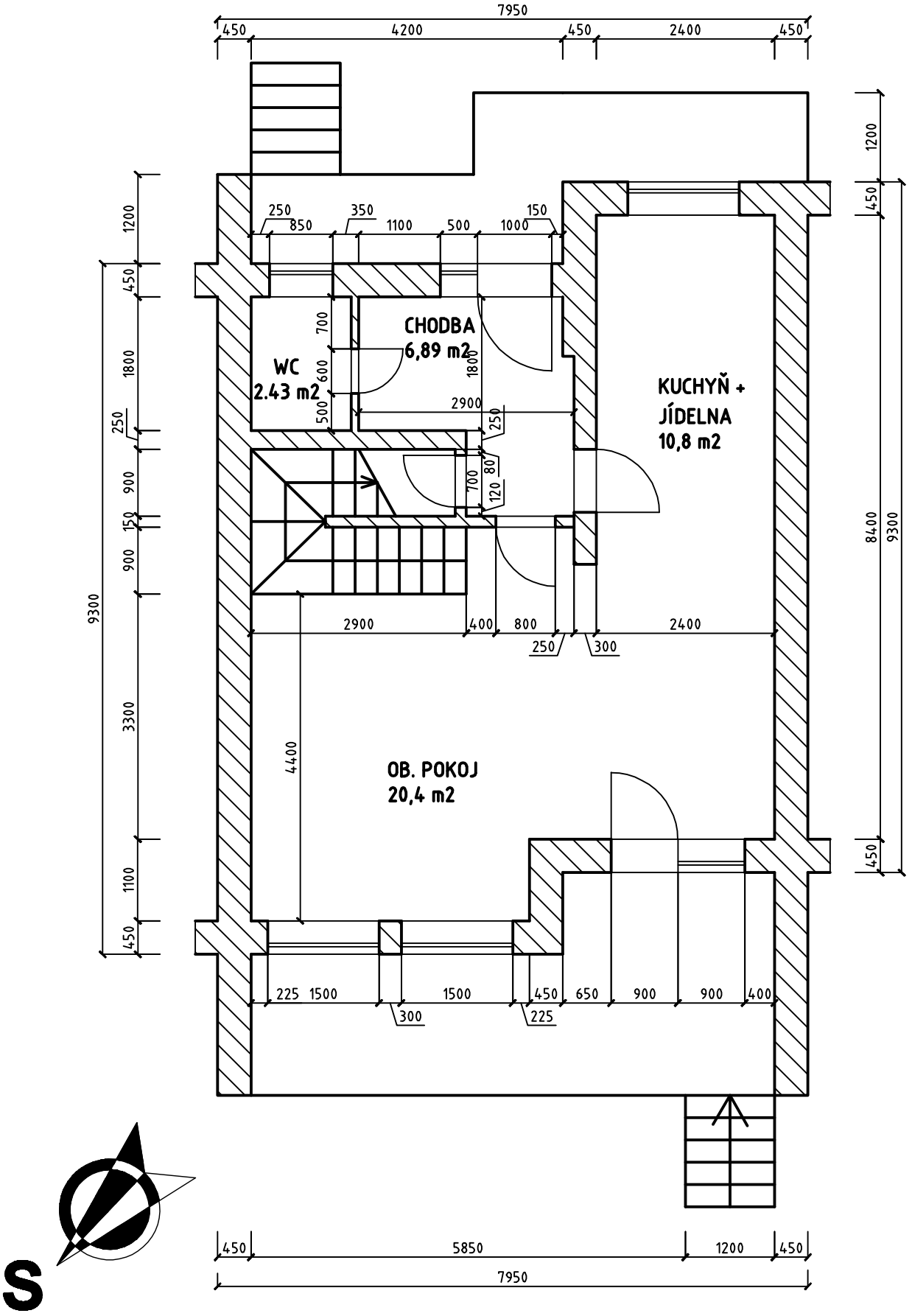


VERTIKÁLNÍ ŘEZ M 1 : 100



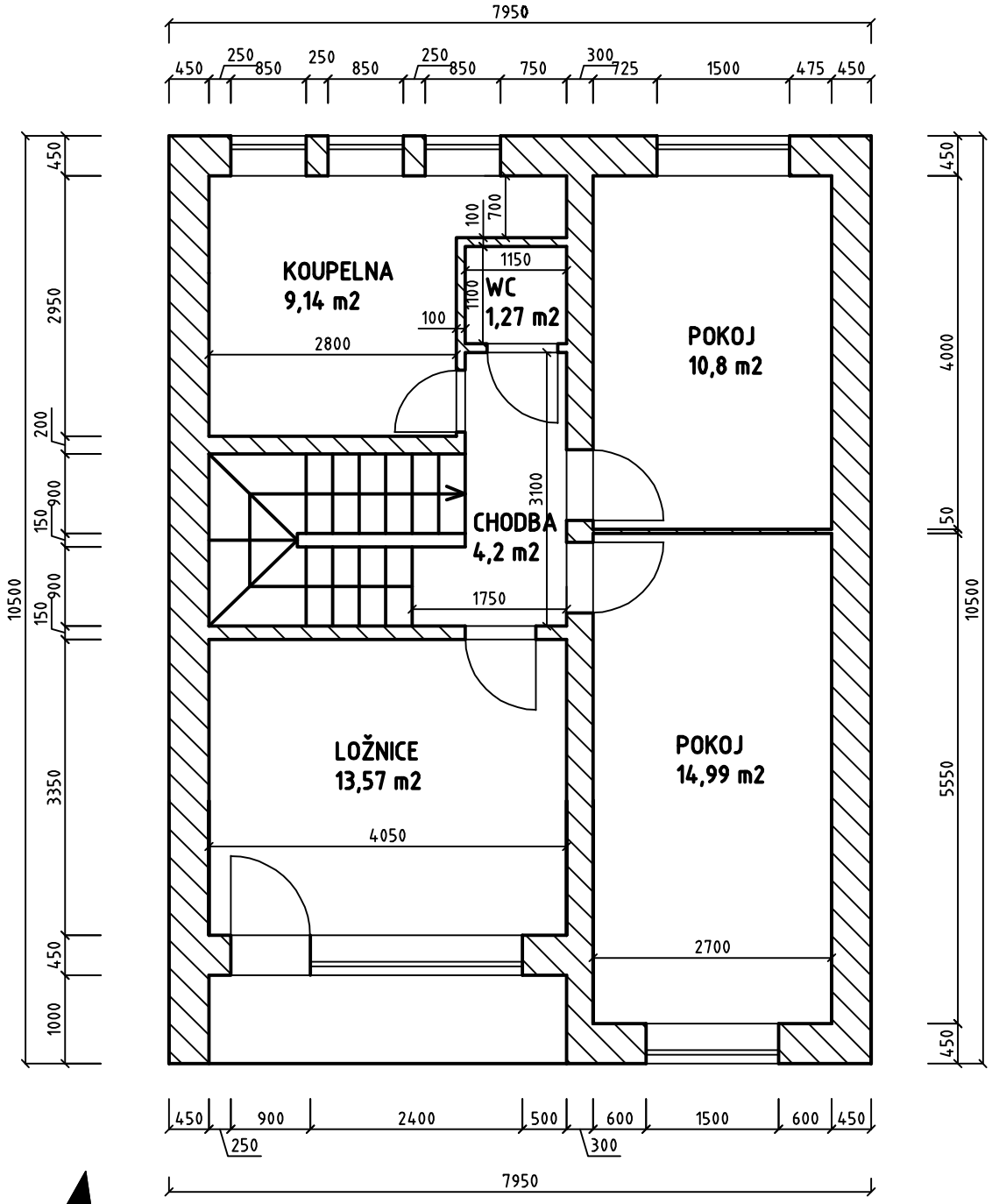
ŘEZ SKLEPEM

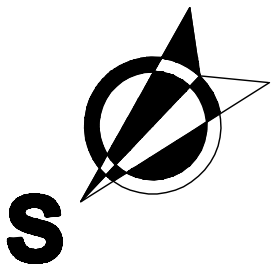
M 1 : 75



ŘEZ PŘÍZEMÍM

M 1 : 75





ŘEZ 1. PATREM

M 1 : 75