

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ
ELEKTRONIKY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Inovace elektrotechnických zařízení v domácnosti

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr MUCHNA**
Osobní číslo: **E13B0061P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Inovace elektrotechnických zařízení v domácnosti**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Analyzujte spotřebu elektrické a tepelné energie v domácnosti.
2. Vyberte vhodné zařízení pro inovaci.
3. Zpracujte energetickou bilanci vybraného zařízení.
4. Navrhněte a vyhodnoťte inovaci vybraného zařízení.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Adámek

Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: 15. října 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. června 2016

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá spotřebou elektrické energie v domácnosti a výběrem zařízení vhodného k inovaci. Nejprve je uvedeno množství vyrobené a spotřebované elektrické energie v Evropské unii a v České republice. Dále je uvedeno rozdělení spotřeby energií v českých a německých domácnostech. Poté je realizován výběr vhodného zařízení, jeho analýza a návrhy pro snížení jeho spotřeby.

Klíčová slova

spotřeba energie, výroba energie, spotřeba domácnosti, měření spotřeby, chladnička, chladicí faktor, termokamera

Abstract

This work deals with energy consumption in households along with the innovation suggestion of the chosen home appliance. Firstly is discussed the relation between the production and consumption of the electrical energy both in European Union and in the Czech Republic. Next chapters are devoted to the consumption of the particular households. The emphasis is given to the comparison of the energy consumption between Czech Republic and Germany households. The last chapters are dedicated to the selection and further innovation suggestion of the investigated home appliance. The main purpose of this study is to suggest the way to lower the energy consumption whereby the environment could be preserved.

Key words

power consumption, energy production, household consumption, power consumption measurement, refrigerator, EER (energy efficiency ratio), thermal imager

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 31.5.2016

.....

Petr Muchna

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Martinu Adámkovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Za jeho obětavost a ochotu po celou dobu vypracování.

Chtěl bych také poděkovat celé své rodině za podporu a shovívavost po celou dobu mého studia.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ A TEPELNÉ ENERGIE	11
1.1 VÝROBA A SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V EVROPSKÉ UNII	11
1.2 VÝROBA A SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE	11
1.2.1 Vývoj spotřeby.....	12
1.3 ENERGIE V DOMÁCNOSTI	13
1.4 TEPELNÁ ENERGIE V DOMÁCNOSTI	14
1.5 ELEKTRICKÁ ENERGIE V DOMÁCNOSTI.....	14
1.6 VYBAVENOST DOMÁCNOSTÍ ELEKTRICKÝMI SPOTŘEBIČI	15
2 VÝBĚR VHODNÉHO ZAŘÍZENÍ PRO INOVACI	17
2.1 ANALÝZA SPOTŘEBY JEDNOTLIVÝCH SPOTŘEBIČŮ.....	17
2.2 HISTORICKÝ VÝVOJ CHLAZENÍ.....	18
2.3 PRINCIP KOMPRESOROVÉHO CHLAZENÍ.....	20
2.4 CHLADÍCI FAKTOR	20
3 MĚŘENÍ SPOTŘEBY CHLADNIČKY	22
3.1 MĚŘIČ SPOTŘEBY SOLIGHT DT22.....	22
3.2 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK SPOTŘEBIČE	23
3.2.1 Určení energetické třídy	25
3.2.2 Určení indexu energetické účinnosti.....	25
3.3 MĚŘENÍ CHLADNIČKY BOSH KGV36X77	27
3.4 MĚŘENÍ CHLADNIČKY LG EXPRESSCOOL GC279SV	28
3.5 POKUSY O SNÍŽENÍ SPOTŘEBY	29
3.5.1 Odsunutí chladničky	29
3.5.2 Odsunutá chladnička s ventilátory	30
3.5.3 Odsunutá chladnička s vloženým ledem	31
3.6 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU.....	32
3.6.1 Princip termokamery	32
3.6.2 Měření chladničky.....	32
4 NÁVRHY NA SNÍŽENÍ SPOTŘEBY CHLADNIČKY	35
ZÁVĚR	36
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	37

Úvod

Tato práce se zabývá výběrem zařízení v domácnosti, které je nejvhodnější k inovaci. Toto téma mě zaujalo z hlediska možnosti ověření odběru energie domácích spotřebičů udávaných výrobci. Dále mě oslovila možnost případných pokusů o snižování spotřeby vybraného spotřebiče. V dnešní době se spotřeba energie v domácnostech zvyšuje. To je způsobeno nejen nárůstem počtu spotřebičů, ale také spotřebou všech možných moderních zařízení, která se nacházejí neustále v pohotovostním režimu. I když je spotřeba zařízení v pohotovostním režimu zanedbatelná, dnešní citlivé elektroměry ji zaregistrují. Ať už je v tomto režimu jeden nebo více spotřebičů.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola se zabývá spotřebou energie. Je zde zahrnuta výroba i spotřeba energie nejen v České republice, ale také v celé Evropské unii. Dále je zaměřeno na energii v domácnosti a na vybavenost českých domácností elektrickými spotřebiči.

Druhá kapitola se věnuje výběru vhodného zařízení pro inovaci. Je zde provedena analýza spotřeby jednotlivých zařízení, na jejímž základě bylo rozhodnuto o daném zařízení.

Třetí kapitola se týká měření spotřeby zařízení různého stáří za přirozených provozních podmínek ve dvou odlišných domácnostech. Následně jsou zde provedena měření při pokusech o snížení spotřeby energie jednoho z vybraných zařízení.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na možnosti, jimiž by se dala spotřeba vybraného zařízení snížit změnou způsobu používání.

Seznam symbolů a zkratk

$f(-)$	Chladicí faktor
Q_U (J)	Teplo chlazeného prostoru
Q_V (J)	Teplo vně chlazeného prostoru
T_U (K)	Termodynamická teplota uvnitř chlazeného prostoru
T_V (K)	Termodynamická teplota vně chlazeného prostoru
P (W)	Příkon kompresoru chladničky
t (s)	Čas odebrání tepla
EEI (-)	Index energetické účinnosti
AE_C (kWh)	Roční spotřeba energie chladicího zařízení
SAE_C (kWh)	Normalizovaná roční spotřeba energie chladicího zařízení
E_{24h} (kWh)	Spotřeba chladicího zařízení za 24 hodin
V_{eq} (m ³)	Ekvivalentní objem chladicího zařízení
n (-)	Počet prostorů chladicího zařízení
V_c (m ³)	Užitný objem příslušného prostoru nebo prostorů chladicího zařízení
T_c (°C)	Nominální teplota dle příslušného prostoru nebo prostorů chladicího zařízení
FF_c (-)	Objemový korekční faktor pro příslušné beznámrazové prostory chladicího zařízení
CC (-)	Objemový korekční faktor pro danou klimatickou třídu chladicího zařízení
BI (-)	Objemový korekční faktor pro vestavná chladicí zařízení
M (W·m ⁻²)	Intenzita vyzařování
σ (W·m ⁻² ·K ⁻⁴)	Stefan-Boltzmannova konstanta
ε (-)	Emisivita šedého tělesa
T (K)	Termodynamická teplota

1 Spotřeba elektrické a tepelné energie

V dnešní době si už většina lidí neumí představit život bez elektrické energie. Lidstvo se na ní stalo závislé. Téměř vše co nás obklopuje a co vytvořil člověk, je vyrobeno za pomoci elektrické energie. Každý má doma nepřeberné množství spotřebičů, které ke své funkci potřebují elektřinu. S nárůstem počtu takovýchto spotřebičů musíme čím dál více také hledět na jejich účinnost a spotřebu.

Vzhledem k tomu, že k výrobě tepelné i elektrické energie využíváme převážně neobnovitelné zdroje, je třeba se zaměřit na co nejefektivnější využití těchto energií. Neboť obnovitelné zdroje zatím nemohou zdaleka nahradit ty neobnovitelné.

1.1 Výroba a spotřeba elektrické energie v Evropské unii

Tab. 1.1 znázorňuje vývoj tří veličin týkajících se elektrické energie v Evropské unii. Je odtud patrný nárůst instalovaného výkonu. Ten je zapříčiněn vzrůstající spotřebou. Ta se může zdát z tohoto krátkého časového horizontu spíše jako kolísající, z dlouhodobého hlediska však roste. Je tedy zapotřebí instalovaný výkon zvyšovat, protože jeho navyšování není zdaleka tak rychlé, jako jsou trendy růstu spotřeby. Z toho důvodu by v budoucnu hrozil nedostatek výrobních kapacit.

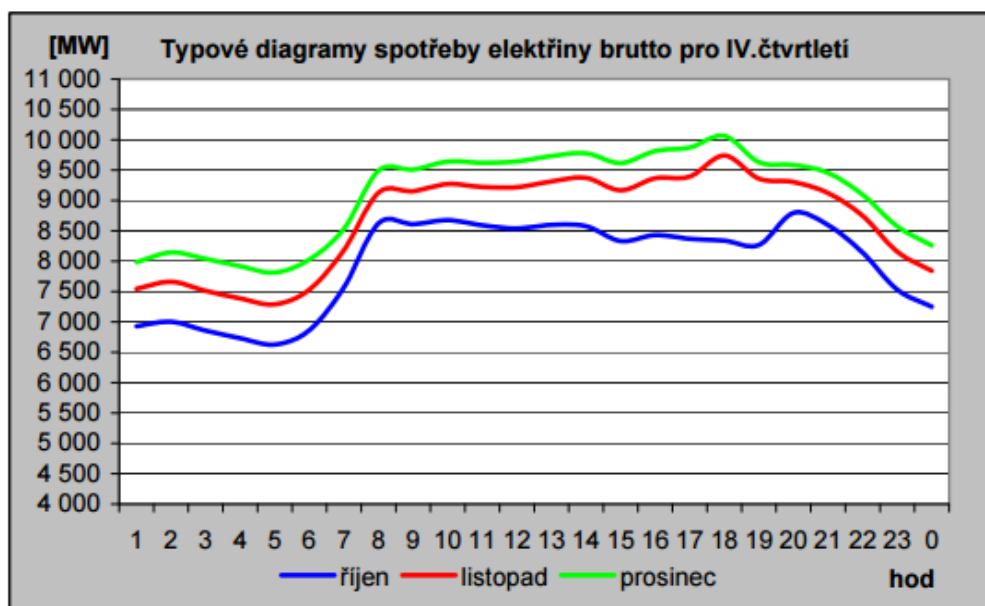
Tab. 1.1 Energetika v EU [1]

	2007	2008	2010	2013
Instalovaný výkon (MW)	782 369	799 133	860 410	919 275
Výroba netto (TWh)	3 196	3 203	3 181	3 113
Spotřeba (TWh)	2 848	2 861	2 837	2 800

1.2 Výroba a spotřeba elektrické energie v České republice

Jak je vidět z Obr. 1.1, spotřeba elektrické energie v České republice se mění nejen v závislosti na denní době, ale také na ročním období. Křivky v diagramu ukazují příslušnou průměrnou měsíční spotřebu v závislosti na průběhu dne. Díky těmto diagramům se dá předpovídat, jaká bude spotřeba elektrické energie v danou hodinu daného měsíce. S pomocí takovéto předpovědi se může přibližně řídit výroba elektrické energie.

Výroba elektrické energie se rozděluje do tří pásem. Špičkové pásmo, střední pásmo a základní pásmo. V každém z těchto pásem zabezpečují výrobu různé typy elektráren. Jsou rozděleny dle pružnosti regulace množství vyrobené energie. V základním pásmu pracují nejméně pružné elektrárny, jako například jaderné, vodní průtočné, bioplynové, fotovoltaické, větrné a parní. Ve středním pásmu pracují vodní akumulární a paroplynové elektrárny. Ve špičkovém pásmu potom pracují nejvíce pružné elektrárny: přečerpávací vodní a parní.



Obr. 1.1 Diagram spotřeby elektrické energie ve IV. čtvrtletí roku 2013 [2]

Následující Tab. 1.2 ukazuje, jak se vyvíjela energetika v České republice v letech 2009 až 2013. Je zde názorně vidět, že instalovaný výkon neustále roste. To je zapříčiněno přibývajícím počtem malých soukromých výrobců. Dále také zlepšováním účinnosti stávajících elektráren. Na rozdíl od toho, všechny ostatní uvedené veličiny obecně kolísají. Toto je způsobené ekonomickou situací, zvyšujícím se počtem spotřebičů nebo zaváděním úspornějších a účinnějších spotřebičů. Import a export závisí například na počasí nebo na aktuální špičkové spotřebě.

Tab. 1.2 Energetika v ČR [3]

	2009	2010	2011	2012	2013
Instalovaný výkon (MW)	18 326	20 073	20 250	20 520	21 079
Výroba brutto (GWh)	82 250	85 910	87 561	87 574	87 065
Spotřeba brutto (GWh)	68 606	70 962	70 517	70 453	70 177
Import elektřiny (GWh)	8 586	6 642	10 457	11 587	10 571
Export elektřiny (GWh)	22 230	21 591	27 501	28 707	27 458

1.2.1 Vývoj spotřeby

Celková spotřeba elektrické energie v České republice není každý rok stejná, ale mění se v závislosti na mnoha faktorech. Jedním z nich je například počasí. Pokud je velmi chladná zima, je větší spotřeba díky odběratelům, kteří mají elektrická topení. Podobně pokud je velmi teplé léto, vzroste spotřeba díky klimatizacím, které musí běžet po delší dobu. Dalším faktorem může být situace na trhu. Jestliže je velké množství poptávek, firmy se je snaží uspokojit a tím se navyšuje výroba. S rostoucí výrobou roste také spotřeba elektrické energie a naopak.

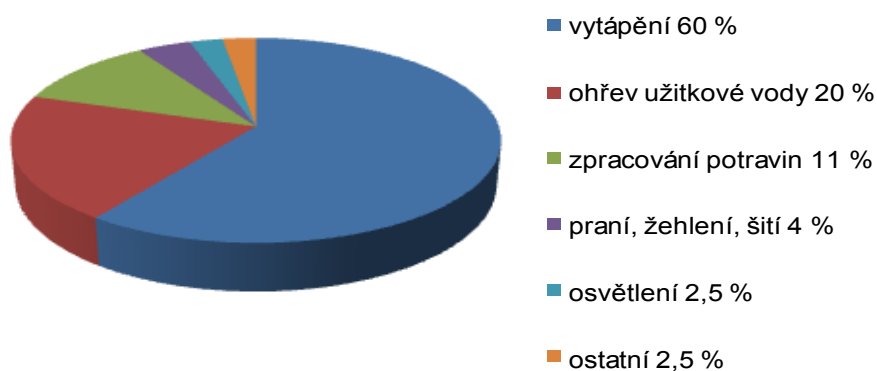
Tab. 1.3 Vývoj spotřeby elektrické energie v České republice [3]

Spotřeba (GWh)	2010	2011	2012	2013	2014
Velkoodběratelé z vn	23 013,2	23 724,3	23 057,1	23 896,0	22 587,5
Velkoodběratelé z vvn	6 551,2	6 985,9	7 343,6	6 791,0	7 266,1
Maloodběratelé - podnikatelé	8 478,2	8 050,5	8 100,6	8 172,0	7 733,7
Maloodběratelé - domácnosti	15 027,5	14 200,3	14 580,7	14 716,0	14 124,6
Celkem	53 070,1	52 961,1	53 081,9	53 575,0	51 711,8

1.3 Energie v domácnosti

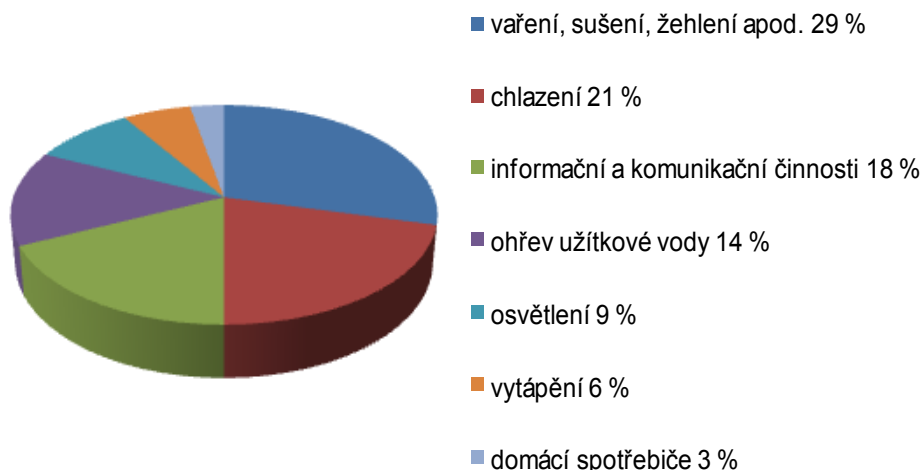
Spotřeba energie v domácnostech obecně kolísá. To je způsobeno tím, že se životní úroveň zvyšuje, s čímž souvisí zlepšující se vybavení domácností moderními spotřebiči. Na druhou stranu, se ale většina energií zdražuje, což vede k volbě úspornějších spotřebičů a zateplování obydlí, ve snaze tyto energie ušetřit.

Z následujícího grafu vyplývá, že v roce 2007 se přibližně 60 % spotřebované energie v domácnostech využilo na vytápění. Dalších 20 % bylo využito na ohřev vody a zbývajících 20 % připadlo na ostatní elektrické spotřebiče související s přípravou potravin, svícením, praním, žehlením apod. [4]



Obr. 1.2 Průměrné rozdělení spotřeby energie v domácnostech v ČR [4]

Obr. 1.3 ukazuje rozložení spotřeby v německých domácnostech v roce 2012. Názorně jsou zde vidět rozdíly mezi českými a německými domácnostmi. Zatímco v českých domácnostech má nejvýraznější podíl na spotřebě vytápění, v německých domácnostech je to pouze minoritní podíl. Nejvýraznější podíl na spotřebě německých domácností má vaření, žehlení a další domácí práce spojené se spotřebiči vyrábějícími teplo. Tyto rozdíly jsou způsobeny nejen rozdílným zeměpisným umístěním, ale také odlišným životním stylem.



Obr. 1.3 Průměrné rozdělení spotřeby energie v domácnostech v SRN [5]

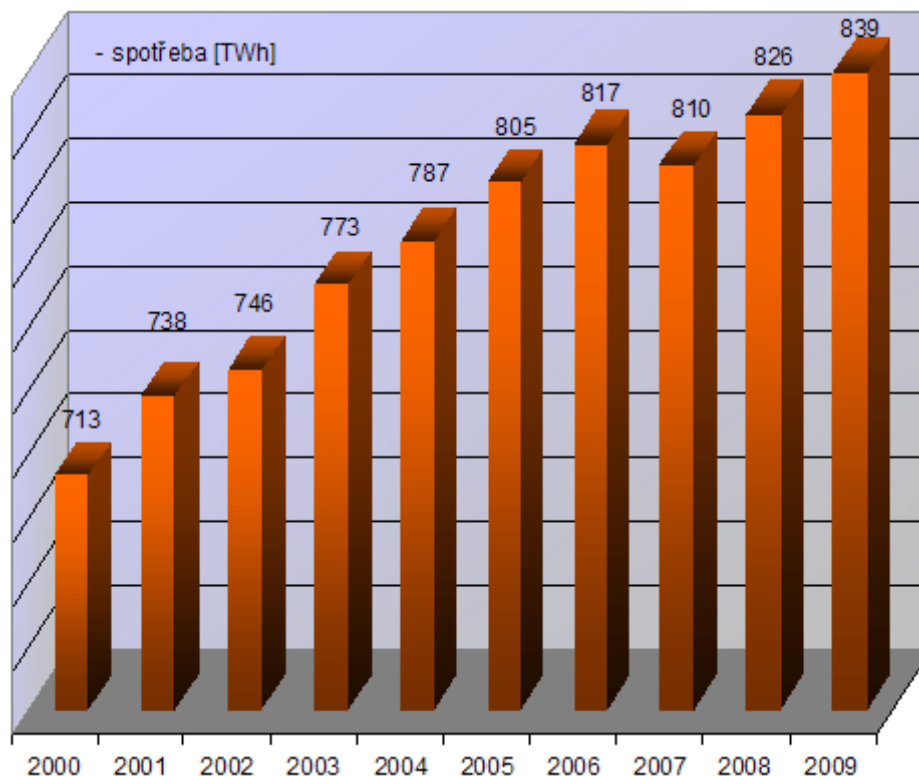
1.4 Tepelná energie v domácnosti

Všechny domácnosti potřebují nějakou formu tepelné energie. Ať už na mytí nebo na topení. V těchto oblastech je mnoho možností. Ve městech s ústředním topením je i rozvod teplé vody, takže si domácnosti tyto služby nemusejí obstarávat sami, ale mohou si je koupit, například od teplárny. Další možností je kombinace plynového kotle s tepelným výměníkem na ohřev vody. Asi nejrozšířenější možností ohřevu vody je však ohřev pomocí boileru. Další možnosti vytápění jsou: elektrokotle, tepelná čerpadla, kotle na uhlí nebo dřevo, přímotopy, akumulární kamna atd.

1.5 Elektrická energie v domácnosti

Jak už bylo řečeno, elektrickou energii potřebujeme téměř ke všemu. Ještě před několika lety platilo, že převážná většina energie v domácnostech se využila na ohřev vody a na vytápění. Do jisté míry toto přetrvává dodnes, avšak v posledních letech se rozdíl mezi energií spotřebovanou na ohřev vody, vytápění a na provoz elektrických spotřebičů snižuje. Částečně je to dáno tím, že se účinnost elektrických spotřebičů zvyšuje relativně pomalu. Naproti tomu tepelné ztráty domů, díky rekonstrukcím nebo zateplení, klesají až na polovinu. [6]

Na Obr. 1.4 můžeme pozorovat téměř stále rostoucí spotřebu elektrické energie v domácnostech. Tento růst je způsoben nejen používáním starších méně efektivních spotřebičů, ale hlavně rapidním nárůstem počtu nových spotřebičů.



Obr. 1.4 Spotřeba domácností v Evropské unii v letech 2000-2009 [6]

1.6 Vybavenost domácností elektrickými spotřebiči

Tab. 1.4 ukazuje míru vybavenosti českých domácností v roce 2003. Dnešní domácnosti budou mít vyšší procentuelní vybavenost barevných televizorů, automatických praček, myček nádobí, počítačů atd. Výrazný vliv na spotřebu domácností má počet jednotlivých spotřebičů. V současné době už má většina domácností například několik počítačů a televizorů.

Jednotlivé domácnosti se od sebe samozřejmě liší. A to nejen počtem osob, vybavením elektrospotřebiči, typem a velikostí obytného prostoru, ale v neposlední řadě také odlišným životním stylem. A právě životní styl ovlivňuje nejen účelné zaměření vlastněných spotřebičů, ale také četnost jejich využívání. Počet kusů jednotlivých spotřebičů pak ovlivňuje jednak počet osob v domácnosti, jednak jejich důležitost a nutnost využití daného typu zařízení více osobami zároveň.

Tab. 1.4 Vybavenost domácností elektrickými spotřebiči [7]

Druh spotřebiče	Lokalita				Celkem ve všech bytech	
	Městská		Venkovská			
	Vybavenost (%)	Průměrné stáří	Vybavenost (%)	Průměrné stáří	Vybavenost (%)	Průměrné stáří
El. otopná tělesa	8,0	X	16,4	X	9,9	X
Chladnička	99,4	9,1	99,3	9,9	99,2	9,5
Mraznička	67,1	7,9	80,0	9,0	70,0	8,5
El. sporák	31,7	9,8	49,8	10,0	35,9	9,9
Vaříč	4,6	11,2	7,1	12,7	5,1	11,9
Mikrovlnná trouba	70,8	4,8	74,0	4,9	71,6	4,9
Myčka nádobí	13,9	3,5	10,7	3,4	13,2	3,5
Aut. pračka	89,3	7,7	86,0	7,4	88,4	7,5
Neaut. pračka	8,7	17,7	17,8	17,3	10,9	17,5
Sušička prádla	2,1	5,0	1,1	5,0	1,9	5,0
Boiler	24,8	9,3	67,4	10,4	34,8	9,9
Barevný televizor	97,6	7,1	97,0	7,4	97,3	7,3
Černobílý televizor	2,8	16,7	3,6	18,3	3,0	17,5
Klimatizace	0,3	3,8	0,2	4,3	0,3	4,1
Počítač	35,9	3,7	29,9	3,7	34,4	3,7

2 Výběr vhodného zařízení pro inovaci

Před samotným výběrem zařízení je vhodné si nejprve spočítat spotřebu elektrické energie jednotlivých spotřebičů v domácnosti. Tato spotřeba bude závislá nejen na příkonu jednotlivých spotřebičů nebo době jejich používání, ale také na počtu osob v dané domácnosti. Z takového přehledu se pak snáze určí, které zařízení se nejvíce hodí k inovaci.

2.1 Analýza spotřeby jednotlivých spotřebičů

Pro analýzu byla vybrána průměrná dvoučlenná domácnost. Denní využití spotřebičů je vypočteno z týdenního průměru. Cena za 1 kWh je dle sazby D01d, pro vysoký tarif. Tento údaj je z roku 2016. [8]

Tato kapitola názorně ukazuje, kolik běžnou domácnost stojí denně jednotlivé spotřebiče. Následující tabulka (Tab. 2.1) udává příkon jednotlivých zařízení i dobu jejich využití během dne. S využitím známé ceny za 1 kWh lze jednoduše spočítat, kolik dané spotřebiče stojí vybranou domácnost za jeden den.

Tab. 2.1 Analýza denní spotřeby energie zařízení v domácnosti

Spotřebič	Příkon (kW)	Doba využití (h/den)	Spotřebovaná energie (kWh/den)	Cena (Kč/den)
Boiler	2,00	2,50	5,00	21,10
Chladnička	0,15	12,00	1,80	7,60
El. sporák	1,50	0,75	1,13	4,75
Žehlička	2,00	0,30	0,60	2,53
Aut. pračka	0,90	0,50	0,45	1,90
Televize	0,15	3,00	0,45	1,90
Počítač a monitor	0,10	4,00	0,40	1,69
Myčka nádobí	0,60	0,50	0,30	1,27
Vysavač	1,20	0,25	0,30	1,27
Rychlovarná konvice	1,80	0,15	0,27	1,14
Mikrovlonná trouba	0,80	0,20	0,16	0,68

Boiler je sice spotřebič, který využívá většina domácností k ohřevu vody na nádobí i na mytí, ovlivňování jeho spotřeby je však komplikovanější. Další komplikací je obtížné měření vzhledem k přímému připojení přes stykač k elektrické síti. Spotřebič, jenž vykázal druhou nejvyšší spotřebu v domácnosti byla chladnička.

Chladnička patří mezi jedny z nejvíce využívaných zařízení v každé domácnosti. Na její spotřebu má vliv nejen příkon jejího kompresoru, ale spíše doba jeho běhu. Ta je ovlivněna kvalitou tepelné izolace dané chladničky, stavem těsnění okolo dveří a v

neposlední řadě také počtem otevření chladničky během dne. Kompresor je tedy v chodu i díky častému větrání vnitřního prostoru.

Dalším aspektem, který zapříčiňuje časté zapínání, je vkládání teplých potravin do prostoru chladničky. Samozřejmě, že se musí vložit i ještě nechlazené potraviny. Je však velmi neekonomické, vkládat nedostatečně vychladlé potraviny, které prošly tepelnou úpravou.

2.2 Historický vývoj chlazení

Prvotním impulsem pro vývoj chladicí techniky byla potřeba dlouhodobého skladování potravin. To, že potraviny vydrží déle, pokud jsou vystaveny sníženým teplotám, zjistili lidé už v dávných dobách. A to díky střídajícím se ročním obdobím. Nejprve hloubili díry do země, do kterých vkládali svoje zásoby v hliněných nádobách. V pozdějších dobách se již k chlazení využíval sníh nebo led. Ten se nejdříve vozil z horských oblastí. Později se připravoval uměle. Zpočátku se ledem obkládaly celé místnosti, postupem času se začaly objevovat první předchůdci dnešních chladniček, které už mohly být ve více domácnostech. Šlo o skříně s plechovým obložím, do jejichž mezistěn se vkládaly kostky ledu.

Jelikož se lidé nechtěli spoléhat na rozmary počasí a výroba ledu ve velkém měřítku byla náročná, začaly se hledat další možnosti chlazení. Velký průlom v domácím chlazení přišel s objevem Carla von Linde, německého vědce. Ten postavil první přenosný kompresor a v roce 1876 obdržel patent na chladničku pro domácí použití. Nejprve se jako chladivo používal čpavek nebo oxid siřičitý. Kvůli několika nehodám, způsobeným únikem těchto jedovatých plynů, se hledaly alternativy. A tak se našly freony.

Freon je obchodní označení pro fluorovaný uhlovodík. V kapalném stavu má velmi nízkou teplotu varu. Je nehořlavý, bezbarvý, chemicky stálý a je výborný izolant. Při úniku do atmosféry bohužel působí jako skleníkový plyn a navíc rozkládá ozon. Dlouhou dobu byl však nejlepším řešením.

Začátkem 90. let 20. století se jako chladivo začal používat izobutan, jehož označení je R600a. Tento plyn nahradil freony a díky svému složení omezil růst skleníkového efektu. Kromě ochrany životního prostředí umožňuje izobutan také nižší hlučnost a nižší spotřebu energie. To je možné díky menším provozním tlakům. [9]

Tab. 2.2 Porovnání vlastností nejvýznamnějších přírodních chladiv [9]

Chladivo	Označení	Bod varu (°C)	Hořlavost	Toxicita	GWP	Tlak (bar)		
						při -30 °C	při 0 °C	při +40 °C
Propan	R290	-42,1	Ano	Ne	3	1,674	4,742	13,661
Izobutan	R600a	-11,7	Ano	Ne	3	0,482	1,565	5,254
Amoniak	R717	-33,3	Ano	Ano	0	-	-	-
Oxid uhličitý	R744	-78,4	Ne	Ne	1	-	-	-
Propen	R1270	-48,0	Ano	Ne	3	2,12	5,88	16,6

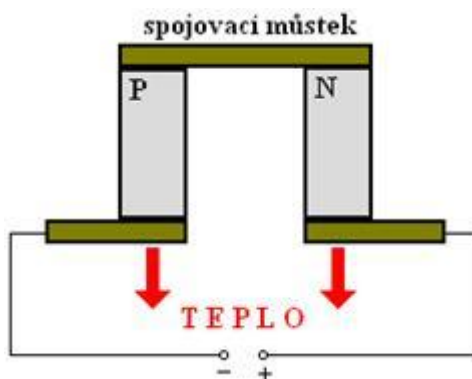
GWP (global warming potential) je potenciál plynu, zvýšit teplotu klimatu v poměru k potenciálu oxidu uhličitého. Počítá se jako stoletý potenciál oteplování jednoho kilogramu plynu v poměru k jednomu kilogramu CO₂. [10]

Kromě přirozeného a kompresorového chlazení existuje ještě několik druhů, jako například: vodní, vzduchové, termoelektrické, absorpční apod.

Vodní chlazení má velké uplatnění. Jedno z možných použití je chlazení v jaderných elektrárnách. Další uplatnění je v počítačové technice, kdy je vodní chlazení mnohem účinnější než chlazení vzduchové.

Vzduchové chlazení lze rozdělit na aktivní a pasivní. Pasivní chlazení zaručuje přirozenou cirkulaci vzduchu, tedy že teplejší vzduch s nižší hustotou stoupá vzhůru. Naopak studenější vzduch s vyšší hustotou klesá a je tak přirozeně tlačěn k pasivnímu chladiči. Aktivní vzduchové chlazení využívá nucenou cirkulaci. Ta je vyvolávána ventilátorem, který tlačí vzduch k pasivnímu chladiči. Takto je zajištěna rychlejší tepelná výměna mezi chlazeným zařízením a okolním vzduchem. Oba typy vzduchového chlazení se využívají například v počítačové technice.

Termoelektrické chlazení pracuje na principu Peltierova jevu. Na základě tohoto jevu je zkonstruován Peltierův článek. Tento článek se skládá ze dvou polovodičů P, N a spojovacího můstku. Na Obr. 2.1 je naznačen princip. Vzhledem k polaritě přiloženého napětí je zřejmé, že počet volných nosičů náboje ve spojovacím můstku klesá. Tím klesá i kontaktní napětí mezi spojovacím můstkem a polovodiči. To způsobí ochlazování spojovacího můstku a zároveň ohřívání druhého spoje. Tento způsob chlazení se nejčastěji používá v autochladničkách. [11]



Obr. 2.1 Peltierův článek [11]

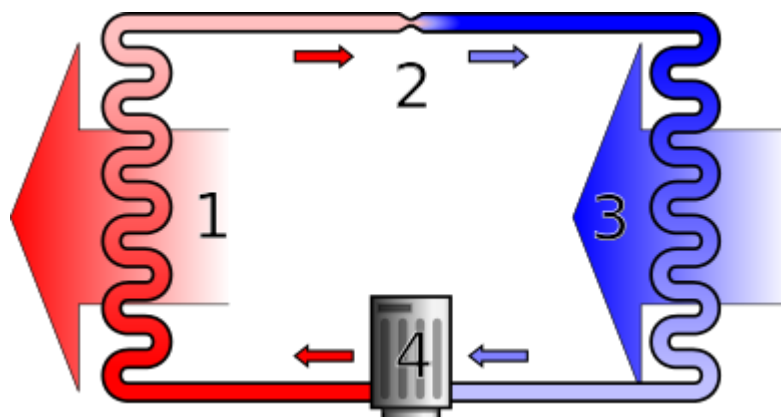
Absorpční chlazení funguje na principu pohlcení a následně vypuzení chladiva z pomocné kapaliny. Celé zařízení se skládá z výparníku, absorberu, varníku a kondenzátoru. Jako chladivo se nejčastěji používá amoniak a jako absorpční látka voda. Amoniakové páry vzniknou ve výparníku, s nízkým tlakem a teplotou pokračují do absorberu. Zde jsou pohlcovány vodou, pohlcování je vylepšováno chlazením absorberu studenou vodou. Voda nasycená amoniakem, je přečerpána do varníku. Amoniak se z vody vypudí pomocí zahřívání, jeho páry poté s vyšším tlakem i teplotou pokračují do kondenzátoru. Zde ochlazením zkapalní. Regulačním ventilem je pak snížen tlak a kapalný amoniak vtéká opět do výparníku. [12]

2.3 Princip kompresorového chlazení

Vzhledem k jednotlivým typům chlazení, je právě ten kompresorový jeden z nejpoužívanějších a to především v domácích spotřebičích, jako je chladnička nebo mraznička.

Chlazení, případně mražení, potravin v kompresorové chladničce respektive mrazničce probíhá na principu vypařování kapaliny, tzv. chladiva. Jako chladivo se používá kapalina s nízkou teplotou varu. Tato teplota se mění v závislosti na tlaku v rozsahu několika desítek stupňů Celsia okolo 0 °C. Dnes se často používá již výše zmíněný izobutan. To je ve skutečnosti plyn, ale stlačením a následným ochlazením se jeho skupenství přemění na kapalné. K vypaření pak kapalina potřebuje dodat určitou energii. Tuto energii převezme z okolí, čímž okolí ochladí. Chladnička je tedy zařízení, sloužící k přenosu tepla ze svého vnitřního prostoru do okolního prostředí.

Kompresor (4) zvyšuje tlak plynu, který se stlačením zároveň zahřeje. Takto zahřátý plyn se ve výměníku (1) mění na kapalinu. Při kondenzaci odevzdá plyn část své vnitřní energie (tzv. skupenské teplo) do okolí. Z výměníku přechází kapalina do výparníku (3), který je tvořen trubicí o větším průměru než trubice výměníku. Expanze je na Obr. 2.2 naznačena (2). Díky tomu se sníží tlak kapaliny a tím i bod varu. Kapalina se tedy odpařuje a potřebnou tepelnou energii k tomuto ději odebírá z vnitřního prostoru chladničky. Chladicí médium ve formě plynu se vrací zpět ke kompresoru a celý proces se může opakovat. [13]



Obr. 2.2 Princip chladničky [13]

2.4 Chladicí faktor

Je výkonový koeficient daný poměrem tepla odebraného z chladného prostředí ku dodané práci, která je do procesu investována.

$$f = \frac{Q_U}{W} = \frac{Q_U}{Q_V - Q_U} \quad (2-1)$$

Pokud je uvažována ideální chladnička, je využíván Carnotův cyklus. Platí tedy, že vyměněná tepla jsou přímo úměrná příslušným teplotám. Takže platí vztah (2-2).

$$f = \frac{T_V}{T_V - T_U} \quad (2-2)$$

Vezmeme-li příklad:

$$P = 100 \text{ W}$$

$$T_U = 281 \text{ K}$$

$$T_V = 293 \text{ K}$$

$$t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$$f = ?$$

$$Q_U = ?$$

$$f = \frac{T_U}{T_V - T_U} = \frac{281}{293 - 281} = 23,4 \quad (2-3)$$

$$Q_U = f \cdot W = f \cdot P \cdot t = 23,4 \cdot 100 \cdot 600 = 1,4 \text{ MJ} \quad (2-4)$$

Tato ideální chladnička má tedy chladicí faktor rovný hodnotě 23,4. U reálných chladniček se chladicí faktor pohybuje v rozmezí 2 až 5.

Množství tepla, které je ideální chladnička schopna odebrat z chladného prostředí za dobu 10 minut, je 1,4 MJ. Reálná chladnička s chladícím faktorem 3,5 by měla být schopna odebrat pouze 0,2 MJ, tedy asi sedmkrát méně. [14]

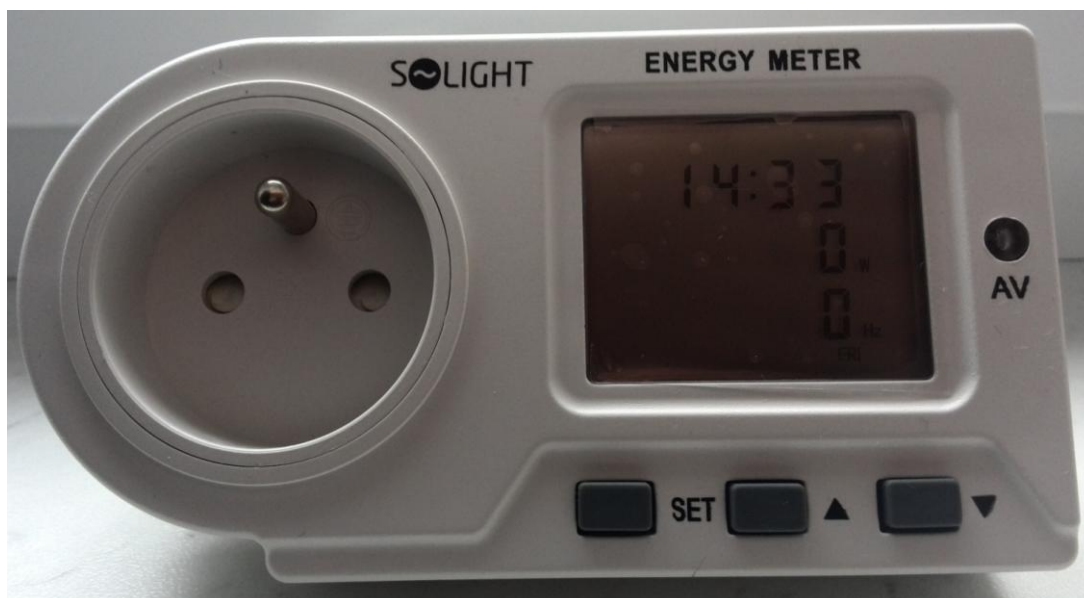
3 Měření spotřeby chladničky

Měření spotřeby bylo provedeno na dvou odlišných chladničkách. Lišily se nejen výrobci, ale také svým stářím. Měření bylo provedeno pomocí běžně dostupného měřiče spotřeby, který je popsán v následující podkapitole. K měření vnitřní teploty byl využit kapalinový teploměr a k měření vnější teploty byl použit běžný digitální pokojový teploměr.

3.1 Měřič spotřeby SOLIGHT DT22

Technická data

- Jmenovité napětí: 230 V, 50/60 Hz
- Maximální zátěž: 3680 W
- Maximální proud: 16 A
- Provozní teplota: +5 °C až +40 °C
- Zobrazení hodnoty výkonu na displeji: 2 W až 3680 W
- Minimální množství zaznamenávané energie: 0,1 kWh
- Maximální doba záznamu: 9999 hodin
- Zobrazení hodnoty spotřeby na displeji: 0 kWh až 999,9 kWh
- Krytí: IP20



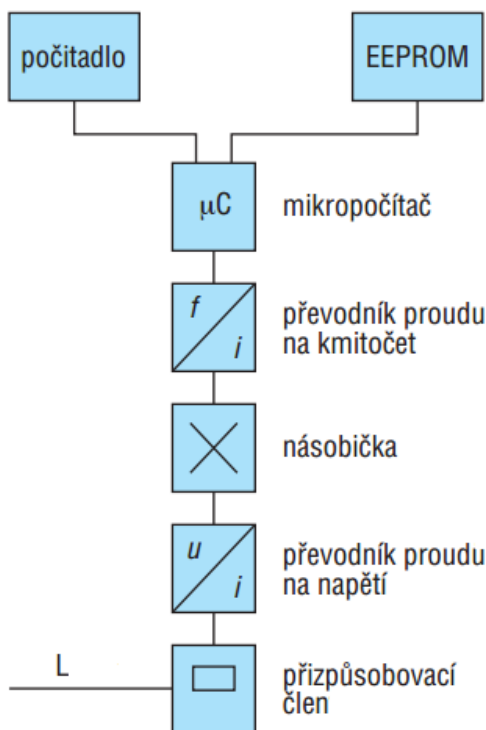
Obr. 3.1 Měřič spotřeby SOLIGHT DT22

Tyto měřiče spotřeby pracují na podobném principu jako elektronické impulzní elektroměry. Jejich blokové schéma má sedm bloků: [15]

- Přizpůsobovací člen - síťové napětí a proudy jsou upraveny na hodnoty hodící se ke zpracování.
- Převodník proudu na napětí - převodník generuje napět'ový signál, který je úměrný proudu.
- Násobička - zesilovač, jenž vytváří proudový signál odpovídající činnému výkonu.
- Převodník proudu na kmitočet - vytváří impulzní signály, jejichž kmitočty

odpovídají odebíranému činnému výkonu.

- Mikropočítač - zabezpečuje výpočty.
- Počítadlo - zde je myšleno nějaké zobrazovací zařízení, například LCD displej.
- EEPROM - paměť, do které se ukládají naměřené hodnoty.



Obr. 3.2 Blokové schéma elektronického impulzního elektroměru [15]

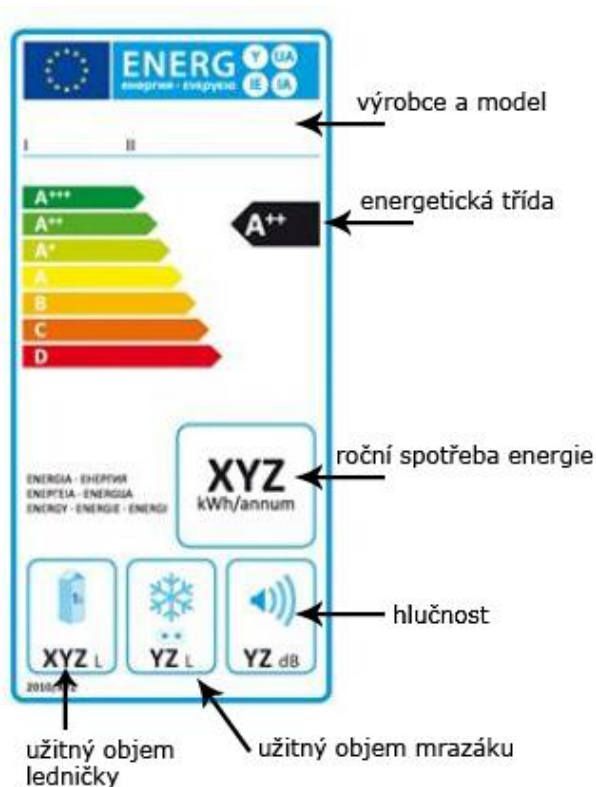
3.2 Energetický štítek spotřebiče

Je to povinné označení všech spotřebičů, udávající jejich energetickou náročnost. Postupy měření a vzhled štítků jsou dány směrnicemi Evropské unie a platí pro všechny členské státy. Na štítku je uvedeno několik tříd, které udávají energetickou náročnost spotřebiče. Každý výrobce je povinen, dle platných směrnic, svá zařízení měřit a při uvedení na trh je označit příslušnou třídou na energetickém štítku.

Chladničky patřily k vůbec prvním spotřebičům, jenž byly označovány energetickými štítky. Jeden z hlavních důvodů byl ten, že chladničky patří k energeticky nejnáročnějším spotřebičům v každé domácnosti.

Dle nařízení Evropské unie z roku 2014, je možné od tohoto roku uvádět na trh jen chladicí zařízení energetické třídy A+ a vyšší.

Od listopadu 2011 mají výrobci povinnost označovat své výrobky inovovanými štítky. Nově tedy mají možnost zavést třídy A+, A++ a A+++. Na stupnici je ve většině případů sedm energetických tříd, při zavádění vyšších tříd se tedy na štítku už neuvádějí ty nejnižší. Dále se změnila metodika měření, podmínky se více blíží reálnému použití spotřebiče. Štítek je také jazykově neutrální, po celé Evropské unii má stejnou podobu. Další povinností je zveřejňovat informace z energetického štítku v internetových obchodech, v reklamách a v propagačních materiálech daných výrobků. [16]



Obr. 3.3 Energetický štítek kombinované chladničky [17]

Jedním z parametrů je klimatická třída. Ta se určí dle způsobu použití, tedy například v domácnosti nebo v provozu se zvýšenou teplotou. Následující tabulka uvádí tři nejpoužívanější klimatické třídy i s jejich parametry.

Tab. 3.1 Klimatické třídy [18]

Klimatická třída	Teplota (°C)	Relativní vlhkost (%)
3	25	60
4	30	55
5	40	40

Dále pak existují ještě označení pro teplotní klimatické třídy. Ty se volí dle podnebí místa, ve kterém bude zařízení provozováno. Jejich rozdělení znázorňuje Tab. 3.2.

Tab. 3.2 Teplotní klimatické třídy [19]

Třída	Název třídy	Rozsah okolních teplot (°C)
SN	Subnormální	10 ÷ 32
N	Normální	16 ÷ 32
ST	Subtropická	16 ÷ 38
T	Tropická	16 ÷ 43

3.2.1 Určení energetické třídy

Energetická třída chladících spotřebičů se určuje dle indexu energetické účinnosti (EEI) daných zařízení. Tabulka Tab. 3.3 ukazuje rozvržení energetických tříd dle velikosti indexu energetické účinnosti, toto je platné od 1.7.2014. [20]

Tab. 3.3 Třídy energetické účinnosti [20]

Energetická třída	Index energetické účinnosti
A+++ (nejvyšší účinnost)	$EEI < 22$
A++	$22 \leq EEI < 33$
A+	$33 \leq EEI < 42$
A	$42 \leq EEI < 55$
B	$55 \leq EEI < 75$
C	$75 \leq EEI < 95$
D	$95 \leq EEI < 110$
E	$110 \leq EEI < 125$
F	$125 \leq EEI < 150$
G (nejnižší účinnost)	$EEI \geq 150$

3.2.2 Určení indexu energetické účinnosti

Index energetické účinnosti chladícího zařízení pro domácnosti se vypočte jako poměr roční spotřeby energie (AE_C) ku normalizované roční spotřebě (SAE_C).

$$EEI = \frac{AE_C}{SAE_C} \cdot 100 \quad (3-1)$$

$$AE_C = E_{24h} \cdot 365 \quad (3-2)$$

$$SAE_C = V_{sq} \cdot M + N + CH \quad (3-3)$$

Roční spotřeba (AE_C) i normalizovaná roční spotřeba (SAE_C) se uvádí v kWh za rok a zaokrouhlují se na dvě desetinná místa. E_{24h} je spotřeba v kWh za 24 hodin zaokrouhlená na tři desetinná místa.

V_{eq} je ekvivalentní objem chladicího zařízení. Určuje se dle vztahu (3-4).

$$V_{sq} = \left[\sum_{c=1}^{c=n} V_c \cdot \frac{(25 - T_c)}{20} \cdot FF_c \right] \cdot CC \cdot BI \quad (3-4)$$

- n je počet prostorů
- V_c je užitný objem prostoru nebo prostorů
- T_c je nominální teplota prostoru nebo prostorů dle Tab. 3.4
- $\frac{25 - T_c}{20}$ je termodynamický faktor dle Tab. 3.4
- FF_c , CC , BI jsou objemové korekční faktory dle Tab. 3.5

Tab. 3.4 Tabulka nominálních teplot jednotlivých typů prostorů [20]

Typ prostoru	Nominální teplota (°C)	Termodynamický faktor
Pro víno	+12	0,65
S mírnou teplotou	+12	0,65
Pro čerstvé potraviny	+5	1,00
Zchlazovací	0	1,25
Bez hvězdiček / pro výrobu ledu	0	1,25
1 hvězdička	-6	1,55
2 hvězdičky	-12	1,85
3 hvězdičky	-18	2,15
4 hvězdičky	-18	2,15

Tab. 3.5 Tabulka objemových korekčních faktorů [20]

Korekční faktor	Hodnota	Podmínky
FF (beznámrazové)	1,2	Beznámrazové prostory pro mražené potraviny
	1	Ostatní
CC (klimatická třída)	1,2	Spotřebiče třídy T (tropická třída)
	1,1	Spotřebiče třídy ST (subtropická třída)
	1	Ostatní
BI (vestavné)	1,2	Vestavné spotřebiče šířky menší než 58 cm
	1	Ostatní

Hodnoty M a N jsou určeny dle Tab. 3.6.

Tab. 3.6 Tabulka hodnot M a N dle kategorií chladících spotřebičů pro domácnost [20]

Kategorie chladících spotřebičů		M	N
1	Chladnička s jedním nebo více prostory pro čerstvé potraviny	0,233	245
2	Chladnička s prostorem s mírnou teplotou, chladnička s mírnou teplotou a spotřebič pro uchovávání vína	0,233	245
3	Chladnička / zchlazovač a chladnička s prostorem bez označení hvězdičkou	0,233	245
4	Chladnička s prostorem označeným jednou hvězdičkou	0,643	191
5	Chladnička s prostorem označeným dvěma hvězdičkami	0,450	245
6	Chladnička s prostorem označeným třemi hvězdičkami	0,777	303
7	Chladnička / mraznička	0,777	303
8	Skříňová mraznička	0,539	315
9	Mrazicí pult	0,472	286

Hodnota CH je rovna 50 kWh za rok u chladících spotřebičů pro domácnost, které mají užitný objem zchlazovacího prostoru alespoň 15 litrů. [20]

3.3 Měření chladničky BOSH KGV36X77

Tato konkrétní chladnička je vyrobená v roce 2011. Jedná se o kombinovanou chladničku třídy A++. Objem samotné chladničky je 225 litrů a objem mrazničky je 87 litrů. Mraznička je umístěna dole pod chladničkou. Průměrná denní spotřeba udávaná

výrobce je 0,56 kWh, což odpovídá průměrné roční spotřebě 205 kWh. Udávaná klimatická třída je N. Mrazicí výkon je 4 kg/24 hod. Velmi zajímavá je také hodnota doby skladování při poruše, která činí 24 hodin. Rozměry: výška činí 185 cm, šířka 60 cm, hloubka 65 cm a hmotnost 71,4 kg.

Měření probíhalo po dobu devíti dní v pětičlenné rodině. Tři dny bylo měřeno na třetí stupeň, čtyři dny na čtvrtý stupeň a dva dny na pátý stupeň na termostatu. Každých 24 hodin byly zaznamenávány tyto hodnoty: spotřeba (kWh), vnitřní teplota (°C), vnější teplota (°C), počet otevření (1/den). Výsledek měření znázorňuje Tab. 3.7.

Tab. 3.7 Měření chladničky BOSH KGV36X77

Den	Hodnota termostatu	Spotřeba (kWh)	Vnitřní teplota (°C)	Vnější teplota (°C)	Počet otevření
1.	3	0,8	10,5	18,5	22
2.	3	0,8	12,0	18,9	20
3.	3	0,8	11,0	18,6	28
4.	4	0,8	10,0	19,2	25
5.	4	0,9	11,0	18,8	29
6.	4	0,8	11,0	18,8	31
7.	4	0,9	9,0	19,2	22
8.	5	0,9	9,0	19,3	27
9.	5	0,9	8,0	19,1	29

Nejprve je důležité poznamenat, že tato chladnička, i když zrovna není kompresor v chodu, odebírá neustále 13 W. Tento výkon nejspíše odebírají elektronické obvody.

Za dobu měření spotřebovala chladnička 7,6 kWh. Dle udávané průměrné spotřeby by měla za tuto dobu spotřebovat pouze 5,04 kWh. Jak je vidět, chladnička spotřebovala o 2,56 kWh více. Toto je nejspíše způsobeno velkým počtem osob, které zařízení používali a také teplotou vkládaných potravin, jež se poměrně často nechávají ohřát mimo chladničku téměř až na pokojovou teplotu. Dalším faktorem, který velmi ovlivňuje spotřebu, je také počet otevření. Možnou okolností je také téměř přeplnění chladničky, která má s takovým naplněním více práce.

3.4 Měření chladničky LG expresscool GC279SV

Tato chladnička je vyrobená v roce 2002. Je taktéž kombinovaná, energetické třídy A. Chladnička má objem 139 litrů, mraznička 91 litrů. Mraznička je taktéž umístěna dole. Výrobce udává průměrnou denní spotřebu 0,77 kWh. Tato hodnota odpovídá průměrné roční spotřebě 282 kWh. Uváděná klimatická třída je N. Mrazicí výkon je rovněž 4 kg/24 hod. Skladování při poruše je však zaručeno pouze po dobu 15 hodin. Rozměry: výška 163 cm, šířka 55 cm, hloubka 60 cm a váha činí 60 kg.

Měření bylo prováděno také po dobu devíti dní s tím, že byly použity stejné hodnoty na termostatu. Toto bylo učiněno pro lepší porovnání obou chladniček.

Zařízení bylo využíváno pouze jednou osobou. Během měření byly zapisovány stejné parametry jako v předchozím měření.

Tab. 3.8 Měření chladničky LG expresscool GC279SV

Den	Hodnota termostatu	Spotřeba (kWh)	Vnitřní teplota (°C)	Vnější teplota (°C)	Počet otevření
1.	3	0,5	12,0	19,3	12
2.	3	0,6	13,5	19,0	18
3.	3	0,6	12,0	19,5	15
4.	4	0,8	9,0	19,3	14
5.	4	0,6	11,0	19,5	12
6.	4	0,7	10,0	19,3	12
7.	4	0,7	10,0	19,3	13
8.	5	1,2	8,0	19,7	12
9.	5	0,8	11,0	20,0	11

Během doby měření spotřebovala tato chladnička 6,5 kWh. Dle výrobcem udávané průměrné spotřeby by měla spotřebovat 6,93 kWh. To, že byla úspornější je s největší pravděpodobností způsobeno používáním pouze jednou osobou. Tomuto odpovídá i počet otevření chladničky během dne, který se s početnější rodinou nedá srovnat. Dalším možným faktorem je jistě menší zaplnění chladicího prostoru. Na spotřebu má totiž zajisté také vliv přeplněnost i nenaplněnost daného chladicího zařízení.

3.5 Pokusy o snížení spotřeby

Všechna tato měření byla prováděna na chladničce BOSH.

3.5.1 Odsunutí chladničky

Prvním pokusem o snížení spotřeby bylo odsunutí chladničky od zdi. Její původní umístění bylo v mělkém výklenku. Po odsunutí vznikla za touto chladničkou mezera o velikosti 30 cm. Měření probíhalo po dobu dvou dnů se stupněm 3 na termostatu. Pro lepší porovnání jsou v tabulce uvedeny i hodnoty měření za normálních podmínek, tzn. chladnička přisunutá ke zdi.

Jak je vidět v Tab. 3.9 na vnějších teplotách, venku se oteplilo. Dům se již dostatečně prohrál na to, aby se v něm zvýšila teplota. Toto bohužel poněkud zkreslilo měření. Nicméně i tyto výsledky stačí na zhodnocení tohoto opatření. Pouhé odsunutí chladničky od zdi, žádnou výraznější úsporu nezajistilo. Pouze částečně vykompenzovalo zvýšení vnější teploty v místnosti.

Tab. 3.9 Měření s odsunutou chladničkou

	Spotřeba (kWh)	Vnitřní teplota (°C)	Vnější teplota (°C)	Počet otevření
Neodsunutá	0,8	12,0	18,9	20
	0,8	11,0	18,6	28
Odsunutá	0,9	12,0	21,0	36
	0,8	12,0	20,0	22

3.5.2 Odsunutá chladnička s ventilátory

V druhém pokusu zůstala chladnička odsunutá a pod výměník se umístily počítačové ventilátory. Ty měly zajistit zlepšení cirkulace vzduchu okolo výměníku, tedy částečné zlepšení účinnosti chladničky a zároveň zmenšení její spotřeby.

Dle údajů výrobců by měly tyto ventilátory dohromady vyměnit zhruba 163 m³ vzduchu za hodinu. Na Obr. 3.4 je vidět zhotovený přípravek s ventilátory. Jeho výška je taková, aby vrchní hrany ventilátorů byly těsně pod spodní hranou výměníku a tedy co nejlépe pomáhaly proudění vzduchu.

Měření probíhalo rovněž po dobu dvou dnů se stupněm 3 na termostatu. Výsledky znázorňuje Tab. 3.10 Jsou zde rovněž i hodnoty z původního měření, kdy byla chladnička ještě neodsunutá.



Obr. 3.4 Ventilátory pro zlepšení cirkulace vzduchu

Tab. 3.10 Měření s odsunutou chladničkou a ventilátory

	Spotřeba (kWh)	Vnitřní teplota (°C)	Vnější teplota (°C)	Počet otevření
Neodsunutá	0,8	12,0	18,9	20
	0,8	11,0	18,6	28
Odsunutá s ventilátory	0,8	11,0	19,7	22
	0,8	11,0	20,5	21

Jak je patrné z tabulky, ani ventilátory neměly na výslednou spotřebu chladničky příliš velký vliv. Je však nutno podotknout, že ve spotřebě je započtena také spotřeba ventilátorů, která ovšem byla zanedbatelná. Příkon ventilátorů včetně napájecího adaptéru byl 7 W. Teplota sice byla stabilnější, spotřeba se však nijak nezměnila.

Napájecí adaptér byl zapojen mimo měřič spotřeby a ventilátory běžely celých 48 hodin. Díky tomu, že měřič zaznamenává dobu odběru energie, mohla být spotřeba ventilátorů vypočtena z doby běhu kompresoru chladničky a ze změřeného příkonu ventilátorů. Tato spotřeba byla poté přičtena ke spotřebě chladničky.

3.5.3 Odsunutá chladnička s vloženým ledem

V posledním třetím pokusu byly do chladničky vloženy dvě dvoulitrové a dvě jeden a půl litrové lahve se zmrzlou vodou. Stupeň na termostatu byl opět 3. Měření probíhalo po dobu 48 hodin. Po 24 hodinách led ještě nebyl zcela rozmrzlý, proto měření probíhalo ještě dalších 24 hodin. Energie potřebná na zmrazení vody nebyla započítána. Cílem tohoto měření bylo zjistit úsporu spotřebované energie chladničky při vložení ledu.

Tab. 3.11 Měření s odsunutou chladničkou a ledem

	Spotřeba (kWh)	Vnitřní teplota (°C)	Vnější teplota (°C)	Počet otevření
Neodsunutá	0,8	12,0	18,9	20
	0,8	11,0	18,6	28
Odsunutá s ledem	0,8	8,0	20,3	23
	0,8	10,0	20,5	22

Jednu hodinu po vložení ledu byla teplota v chladničce na nejnižší úrovni a to 7 °C. Jak ukazuje Tab. 3.11, teplota uvnitř chladničky byla sice nižší, než když byla chladnička na svém původním místě, ale na spotřebu to překvapivě nemělo vůbec vliv. Držela se na své stabilní hodnotě 0,8 kWh.

3.6 Měření termokamerou

3.6.1 Princip termokamery

Bezdotykové měření teploty umožňují jednak pyrometry, které měří teplotu v dané oblasti tělesa, jejich výstupem je obvykle číselný údaj na displeji a jednak termokamery, které snímají rozložení teplotního pole měřeného tělesa.

Termokamera pracuje na základě toho, že každé těleso o teplotě vyšší než je absolutní nula, vyzařuje elektromagnetické záření. Tento druh záření je nazýván tepelným. Jelikož je intenzita tepelného záření závislá na povrchové teplotě tělesa, které záření vydává, lze díky určení intenzity stanovit povrchovou teplotu tělesa, respektive rozložení teploty na povrchu. Tepelné záření s teplotou mění také svoji vlnovou délku.

Pro teoretický popis dějů probíhajících při vyzařování se používá idealizovaný objekt, tzv. černé těleso. To je objekt, který při dané teplotě pohltí veškerou energii, která na něj dopadá. A zároveň vyzaří nejvyšší možné množství energie. Celková intenzita takového záření je dle Stefan-Boltzmannova zákona úměrná čtvrté mocnině termodynamické teploty. Tento vztah uvádí rovnice (3-5), kde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$.

$$M = \sigma \cdot T^4 \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} \quad (3-5)$$

Reálné těleso však vyzařuje i pohlcuje méně tepelného záření než idealizované černé těleso. Proto se zavádí veličina zvaná emisivita, která zohledňuje skutečnost nižšího vyzařování. Emisivita je dána poměrem energie vyzařené daným tělesem ku energii vyzařené černým tělesem, za stejné teploty. Nabývá tedy hodnot od 0 do 1, přičemž emisivita černého tělesa je rovna 1. Emisivita dále závisí i na vlnové délce záření, kvalitě povrchu, materiálu, úhlu pozorování a teplotě. Lze nalézt i tělesa, u kterých můžeme považovat emisivitu za konstantní ve velkém rozsahu vlnový délek. Ty se nazývají šedá tělesa. Mají emisivitu menší než 1 a jsou pro bezdotyková měření nevhodnější. Pro šedá tělesa platí Stefan-Boltzmannův zákon ve tvaru rovnice (3-6). [21]

$$M = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} \quad (3-6)$$

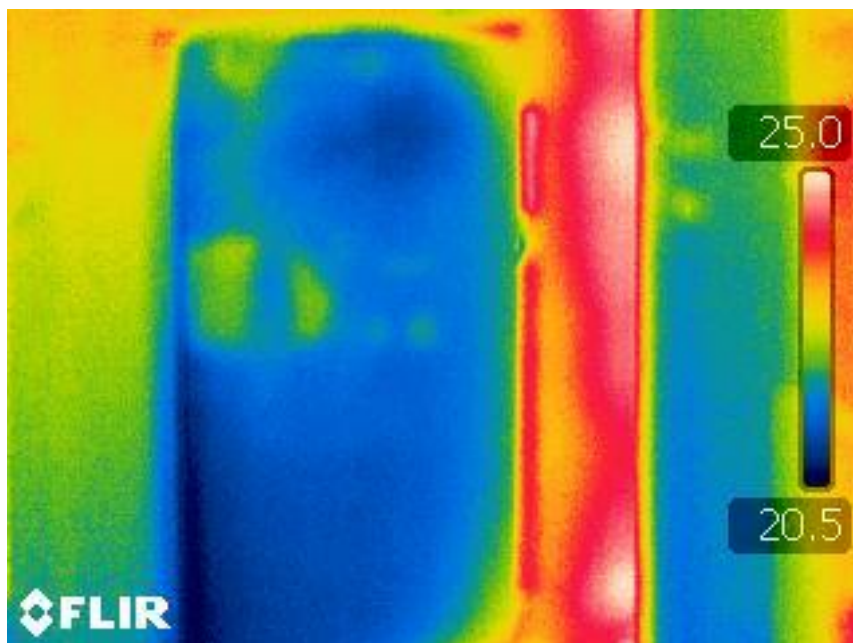
3.6.2 Měření chladničky

Termokamera je velmi drahý přístroj, proto nebylo možné s ní měřit již měřená zařízení, která se nacházela mimo areál univerzity. Byla tedy změřena chladnička na katedře elektroenergetiky a ekologie.

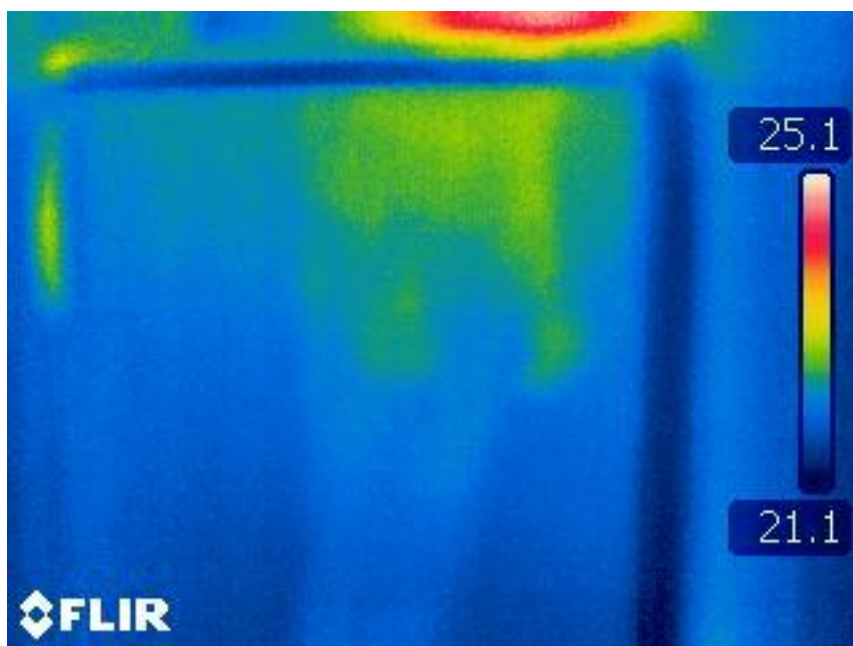
Typ chladničky je Zanussi ZRC 24 JB. Rok výroby se bohužel nepodařilo přesně dohledat. Po kontaktu s výrobcem však bylo zjištěno, že se daný model chladničky vyráběl v letech 2006 a 2007. Chladnička má uvnitř chladicího prostoru mrazicí box o objemu 18 litrů. Objem samotné chladničky je 213 litrů. Energetická třída je A. Průměrná denní spotřeba uváděná výrobcem je 0,75 kWh, čemuž odpovídá průměrná roční spotřeba 274 kWh. Mrazicí výkon je 2 kg/24 hod. Doba skladování při poruše je 11 hodin. Rozměry: výška 125 cm, šířka 55 cm, hloubka 60 cm a hmotnost 47 kg. [22]

Na Obr. 3.5 je pohled na chladničku zepředu. Chladnička byla umístěna v rohu místnosti. Zeď byla po pravé straně a za zadní stranou. Je tedy vidět, že teplo vycházející z výměníku se odráží od těchto stěn. Zejména odražené teplo od pravé stěny u této chladničky musí zvyšovat její spotřebu. Jak je vidět na Obr. 3.6, okolo těsnění na straně, kde jsou panty, uniká chlad z vnitřního prostoru mnohem méně, než na straně bez pantů.

Strana s větší netěsností je tedy u uměle vytvořeného zdroje tepla. Toto bude na spotřebu jistě působit negativně.

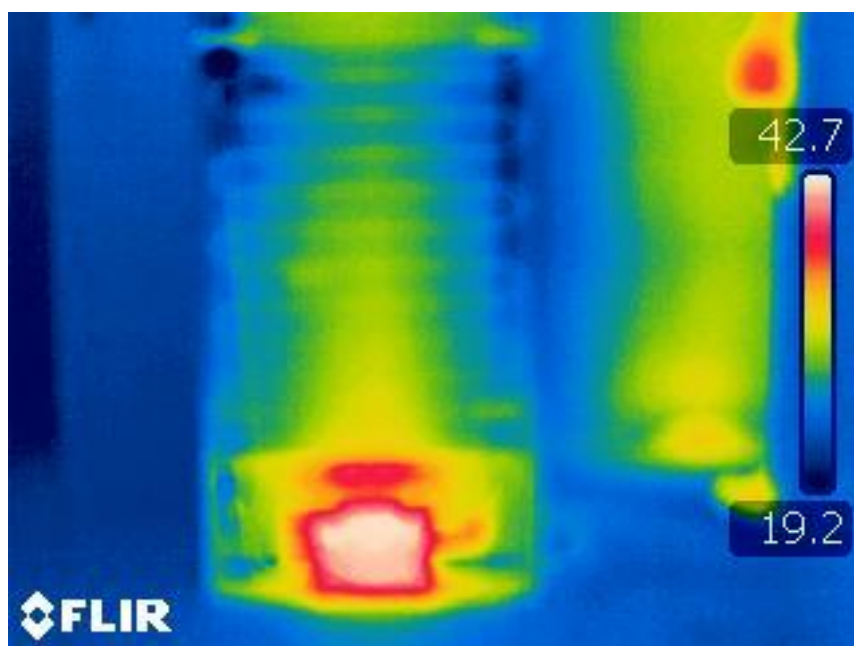


Obr. 3.5 Pohled na chladničku zepředu



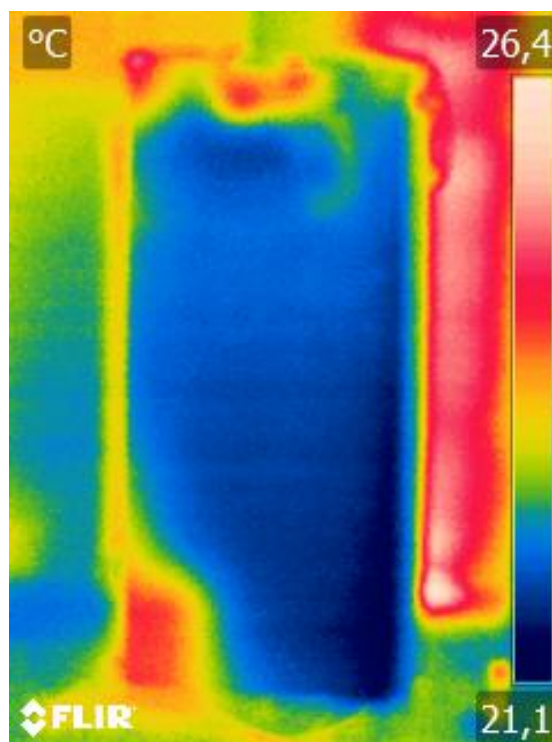
Obr. 3.6 Detailnější pohled na chladničku zepředu

Na Obr. 3.7 je pohled na zadní stranu chladničky. Zde je možné vidět její nejteplejší součást a tou je kompresor. Tento snímek byl pořízen před koncem chladicího cyklu, tedy před vypnutím kompresoru termostatem. Jeho pracovní teplota se pohybuje okolo 43 °C.



Obr. 3.7 Pohled na chladničku zezadu

Na posledním obrázku (Obr. 3.8) je pohled na levý bok. Je zde názorně vidět umístění kompresoru i výměníku. Dále je názorně vidět odražené teplo od stěny na pravé straně chladničky. V dolní polovině v místě těsnění lze pozorovat, že těsnění okolo dveří už není v tak dobré kondici a chladnější vzduch z vnitřního prostoru chladničky pomalu uniká ven.



Obr. 3.8 Pohled na chladničku zleva

4 Návrhy na snížení spotřeby chladničky

Jak ukazuje předchozí kapitola, provedené pokusy o snížení spotřeby nemají dostatečně velký vliv na spotřebu energie měřené chladničky. Výrobci mají svá zařízení dobře navržená a nemá tedy příliš cenu pokoušet se vnějšími zásahy spotřebu energie snižovat. Jediným možným způsobem jak uživatel chladničky může její spotřebu snížit, je změna způsobu jejího používání.

Například vkládání teplých potravin zvyšuje vnitřní teplotu chladničky a tím i spotřebu energie potřebnou na vychlazení vnitřního prostoru. Proto bychom se tomuto měli vyhnout. Dále také nevhodné otvírání chladničky nebo dlouhé hledání potravin nadměrně vyvětrá chladný vzduch uvnitř chladničky. Velkou spotřebu mohou mít také přeplněné chladničky či mrazničky, protože při jejich přeplnění ve vnitřním prostoru nedostatečně proudí chladný vzduch. Ten by měl potraviny ochladit, avšak při nedostatečném proudění trvá chlazení potravin mnohem déle, tudíž je k tomu potřeba mnohem více energie. Dalším faktorem ovlivňujícím celkovou spotřebu chladničky je také četnost a včasnost odmrazování výparníku. Mnoho moderních chladniček má však automatické odmrazování, uživatel se tedy o toto nemusí starat. O co by se ale uživatel měl starat, je trvanlivost potravin v chladničce. Pokud jsou již po době minimální trvanlivosti nebo jsou evidentně zkažené, spotřebovává se energie na jejich chlazení zbytečně.

Vytipování vhodného výkonostního stupně by také u některých chladniček mohlo ušetřit nějakou energii. Neméně důležité je čištění výměníku na zadní straně chladničky, které usnadní předávání tepla do okolí, tudíž bude lépe probíhat kondenzace stlačeného plynu. Chladný vzduch z vnitřního prostoru chladničky může též unikat okolo těsnění dveří. Je tedy žádoucí čistit styčné plochy chladničky a těsnění, pro zajištění co nejlepšího doléhání dveří a tím pádem co nejmenšího úniku chladného vzduchu.

Závěr

Tato práce je zaměřena na spotřebu elektrické energie domácích spotřebičů, hodnocení jejich energetické náročnosti a doporučení pro snížení spotřeby u nejnáročnějšího z nich.

Energeticky nejnáročnějším spotřebičem v domácnosti se, hned po boileru, ukázala být chladnička. Nejen, že je neustále připojena k napájecí síti, ale je to také jeden z nejvyužívanějších spotřebičů. Jak se ukázalo, některé chladničky odebírají určitý výkon i když neběží kompresor. Tímto také chladničky přispívají k dlouhotrvajícímu trendu rostoucí spotřeby elektrické energie domácností. Řadí se tak na seznam mnoha dalších spotřebičů, které v každé domácnosti odebírají, byť možná zanedbatelnou, energii i v pohotovostním režimu.

Byla provedena měření na dvou odlišných chladničkách ve dvou odlišných domácnostech. Odlišný byl tedy nejen způsob jejich využívání, ale také počet uživatelů. Novější chladnička se projevila jako nepříliš závislá na počtu otevření i na stupni nastaveném na jejím termostatu. Naopak na starší chladničku toto mělo velký vliv. Nejvíce zarážející je spotřeba během osmého dne (viz Tab. 3.8), kdy byl termostat nastaven na nejvyšší, tedy pátý, stupeň. Tato spotřeba byla téměř dvojnásobná oproti spotřebě na nižší stupeň. Vnější teplota se nijak výrazně nezvedla, ani počet otevření nepřekročil dosažené maximum. Jediným možným vysvětlením jsou delší doby jednotlivých otevření, které nadměrně vyvětraly vnitřní prostor chladničky nebo vkládání příliš teplých potravin.

Na novější chladničce byly provedeny také pokusy, které měly zajistit snížení spotřeby elektrické energie. Nejprve tedy byla chladnička odsunuta od zdi, kde byla v mělkém výklenku poměrně dost schovaná. Ukázalo se však, že to na její spotřebu nemělo žádný vliv. V druhém pokusu byly pod výměník na zadní straně vloženy počítačové ventilátory. Ty měly zajistit lepší proudění vzduchu okolo výměníku a tím zlepšit kondenzaci chladiva. Avšak ani tento pokus se neukázal být účinný. V posledním pokusu bylo tedy přistoupeno k přípravě sedmi kilogramů ledu. Tento led byl vložen do chladničky a měření probíhalo do doby, než led roztál. Nicméně ani toto nepomohlo ke snížení spotřeby chladničky. Pouze se snížila teplota v jejím vnitřním prostoru.

Pro možnost zhodnocení kvality izolace a těsnosti těsnění okolo dveří byla termokamerou změřena ještě třetí chladnička. Toto měření potvrdilo, že místem nejchoulostivějším na únik chladu z vnitřního prostoru chladničky, je těsnění okolo jejích dveří.

Pokud bychom tedy chtěli snížit spotřebu naší chladničky, je jednou z možností změna způsobu jejího využívání. Možné způsoby jsou popsány v poslední kapitole. Poslední možností jak snížit spotřebu chladničky je pořízení novějšího a úspornějšího zařízení.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *EU energetika*. Dostupné z <http://energostat.cz/eu-energetika.html>. 17.3.2016
- [2] *Měsíční zpráva o provozu ES ČR*. Dostupné z http://www.eru.cz/documents/10540/550046/meszpr_12_2013.pdf/061faa95-aa4d-4498-b72f-2f02d196b5fa. 20.2.2016
- [3] *Roční zprávy o provozu ES ČR*. Dostupné na webových stránkách <http://www.eru.cz>. 20.2.2016
- [4] *Energie v domácnosti*. Dostupné z http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/energdom_3.html. 17.2.2016
- [5] *Stromverbrauch im Haushalt: daten und Fakten*. Dostupné z <http://www.heizsparer.de/energie/strom/stromverbrauch>. 17.3.2016
- [6] *Spotřeba elektrické energie v domácnosti*. Dostupné z <http://elektro.tzb-info.cz/8570-spotreba-elektricke-energie-domacnosti-predikce-a-potencialni-uspory-pomoci-bacs>. 17.2.2016
- [7] *Spotřeba energie v domácnostech ČR - 2003*. Dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-energie-v-domacnostech-cr-2003-xug3dqigvl>. 17.2.2016
- [8] *Ceník ČEZ*. Dostupné z <http://www.cez.cz/cs/elektrina/comfort/cenik.html>. 5.3.2016
- [9] *Používané chladivá - pokračovanie*. Dostupné z <https://www.scribd.com/doc/42923726/30/Chladio-izobutan-R600a>. 13..3.2016
- [10] *Dopad chladičů na životní prostředí a příslušné ekologické předpisy*. Dostupné z <http://www.skoleni.chlazení.cz/res/data/002/000520.pdf>. 19.3.2016
- [11] *Peltierův jev*. Dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/main.article/print/911-peltieruv-jev>. 19.3.2016
- [12] *Sorpční chladičí zařízení*. Dostupné z <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7712-sorpni-chladici-zarizeni>. 19.3.2016
- [13] *Zima na přání byla drahá - první lednička stála jako dvě auta*. Dostupné z http://technet.idnes.cz/zima-na-prani-byla-draha-prvni-lednicka-stala-jako-dve-auta-p3i-tec-technika.aspx?c=A071130_164512_tec-technika_pka. 6.3.2016
- [14] *Chladičí faktor chladničky*. Dostupné z <http://reseneulohy.cz/349/chladici-faktor-chladnicky>. 11.5.2016

- [15] *Elektroměry, historie a současnost*. Dostupné z <https://www.premereni.cz/Files/dulezite-informace/ke-stazeni/tiskoviny-ke-stazeni/elektromery-historie-a-soucasnost/>. 15.4.2016
- [16] *Energetické třídy spotřebičů: Spotřeba za rok a lednice A+++*. Dostupné z <http://www.nazeleno.cz/bydleni/domacnost/energeticke-tridy-spotrebicu-spotreba-za-rok-a-lednice-a.aspx>. 17.4.2016
- [17] *Energetická třída ledničky*. Dostupné z <https://www.alza.cz/slovník/energeticka-trida-lednický-art5700.htm>. 17.4.2016
- [18] *Skladovací chladničky a mrazničky*. Dostupné z <http://www.uspornespotrebice.cz/kriteriá-výberu/skladovací-chladničky-a-mrazničky2/>. 24.4.2016
- [19] ČSN EN 62552 - Chladicí zařízení pro domácnost - Charakteristiky a zkušební metody
- [20] Nařízení komise v přenesené pravomoci EU č. 1060/2010
- [21] *Termokamera - princip a funkce*. Dostupné z <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/>. 6.5.2016
- [22] *Manuál - Zanussi ZRC 24 JB*. Dostupné z <http://files.nakupka.cz/elektro/EB-69878.pdf>. 6.5.2016