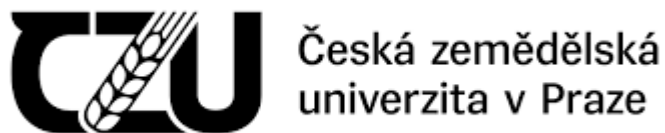


Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Počítač a životní prostředí

Jan Bouška

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Bouška

Systémové inženýrství a informatika
Informatika

Název práce

Počítač a životní prostředí

Název anglicky

Computer and environment

Cíle práce

Hlavním cílem práce je analýza energetické náročnosti osobního počítače a jeho součástí ve stanovených výkonnostních zatfženích.

Dílčí cíle

1. Analýza a porovnání spotřeby různě výkonných konfigurací počítače ve stanoveném zatfžení.
2. Návrh optimalizačního řešení.

Metodika

Metodika bakalářské práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Praktická část bude obsahovat měření spotřeby energie tří výkonnostně odlišných osobních počítačů v klidovém stavu a následně při vysokém zatfžení. Vysoké zatfžení bude reprezentováno třemi výkonnostními stavy: aritmeticko-logickými výpočty, herní zatfžení a editace videa. Následná analýza bude prezentována pomocí tabulek a grafů, kde budou porovnány a vyhodnoceny naměřené hodnoty, dále bude navrženo optimalizační řešení. V závěru práce bude prezentováno celkové zhodnocení výsledků testování a dosažených cílů práce.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Spotřeba energie, osobní počítač, životní prostředí

Doporučené zdroje informací

- DEMBOWSKI, K. *Mistrovství v hardware*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2310-2.
- GÁLA, L. – POUR, J. – TOMAN, P. – ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI. *Podniková informatika : počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi, technologie informačních systémů, řízení a rozvoj podnikové informatiky*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1278-4.
- Mills, N. & Mills, E. 2016, "Taming the energy use of gaming computers", *Energy Efficiency*, vol. 9, no. 2, pp. 321-338.
- Själänder, M., Martonosi, M. & Kaxiras, S. 2014, *Power-efficient computer architectures: Recent advances*. ISBN 978-1627056458
- Tan, L., Kothapalli, S., Chen, L., Hussaini, O., Bissiri, R. & Chen, Z. 2014, "A survey of power and energy efficient techniques for high performance numerical linear algebra operations", *Parallel Computing*, vol. 40, no. 10, pp. 559-573.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Karel Kubata, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 10. 8. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2021

Ing. Marin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Počítač a životní prostředí" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.3.2022

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) Ing. Karlovi Kubatovi, Ph.D. za ochotu a pomoc v rámci vypracování této bakalářské práce.

Počítač a životní prostředí

Abstrakt

Tato bakalářská práce analyzuje vliv osobního počítače na životní prostředí v rámci spotřeby elektrické energie. V teoretické části práce se definuje pojem životní prostředí a jeho ochrana v rámci Evropské unie a České republiky. Dále práce pomocí dostupných nástrojů analyzována spotřebu elektrické energie komponent osobního počítače, jeho periferií a jejich případné snížení spotřeby elektrické energie. Praktická část je zaměřena na spotřebu elektrické energie vybraných osobních počítačů v daných stavech, pomocí měřících přístrojů.

V závěrečné části práce jsou porovnávány výsledky měření a prezentovány pomocí grafů. Na základě výsledků měření jsou navržena nejvhodnější optimalizační řešení pro úsporu energie.

Klíčová slova: Spotřeba energie, životní prostředí, osobní počítač, optimalizace, energetická náročnost, výkonnostní stavy, měření

Computer and environment

Abstract

This bachelor thesis analyzes the impact of a personal computer on the environment in terms of electricity consumption. The theoretical part of the thesis defines the concept of the environment and its protection within the European Union and the Czech Republic. Furthermore, the thesis uses available tools to analyze the electricity consumption of personal computer components, its peripherals, and their possible reduction in electricity consumption. The practical part is focused on the electricity consumption of selected personal computers in given conditions, using measuring instruments.

In the final part of the thesis, the measurement results are compared and presented using graphs. Based on the measured measurement results, the most suitable optimization solutions for energy savings are proposed.

Keywords: Energy consumption, personal computer, environment, optimization, energy intensity, performance states, measurement

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce	12
2.2 Metodika	12
3 Teoretická východiska	13
3.1 Životní prostředí	13
3.1.1 Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí	14
3.1.1.1 Kjótský protokol	14
3.1.1.2 Pařížská dohoda	14
3.1.2 Ochrana životního prostředí v rámci EU	15
3.1.3 Ochrana životního prostředí v ČR	15
3.2 Spotřeba PC, jeho komponent a její snížení	16
3.2.1 Komponenty	17
3.2.1.1 Základní deska	18
3.2.1.2 Procesor	18
3.2.1.3 Grafická karta	19
3.2.1.4 Zdroj	19
3.2.1.5 Paměti RAM	20
3.2.1.6 Mechanické součásti	20
3.2.2 Monitory	21
3.2.3 Softwarová řešení	21
3.2.3.1 Windows	22
3.2.4 Chlazení	22
3.2.4.1 Pasivní chlazení	23
3.2.4.2 Aktivní chlazení	23
3.2.4.3 Heatpipe	23
3.2.4.4 Vodní chlazení	24
3.3 Energetická spotřeba v rámci těžení kryptoměn	26
3.4 Normy	28
3.4.1 TCO	28
3.4.2 Energy star	29
3.4.3 Ekoznačky	30

3.4.3.1	Ekoznačka EU	31
3.4.3.2	Modrý anděl.....	31
4	Vlastní práce	32
4.1	Způsob měření.....	32
4.1.1	Měřicí přístroje.....	32
4.2	Měřené stavy	33
4.2.1	Klidový stav	33
4.2.2	Vysoké zatížení	34
4.2.2.1	Aritmeticko-logické výpočty	34
4.2.2.2	Herní zatížení.....	34
4.2.2.3	Editace videa.....	36
4.3	Osobní počítače	36
4.3.1	PC č.1	36
4.3.2	PC č.2	37
4.3.3	PC č.3	37
5	Výsledky a diskuse	38
5.1	Osobní počítač č.1	38
5.1.1	Klidový stav	38
5.1.2	Vysoké zatížení	39
5.1.2.1	Herní zatížení.....	39
5.1.2.2	Aritmeticko-logické operace	40
5.1.2.3	Editace videa.....	41
5.2	Osobní počítač č.2	41
5.2.1	Klidový stav	41
5.2.2	Vysoké zatížení	42
5.2.2.1	Herní zatížení.....	42
5.2.2.2	Aritmeticko-logické operace	43
5.2.2.3	Editace videa.....	44
5.3	Osobní počítač č.3	45
5.3.1	Klidový stav	45
5.3.2	Vysoké zatížení	45
5.3.2.1	Herní zatížení.....	45
5.3.2.2	Aritmeticko-logické zatížení	46
5.3.2.3	Editace videa.....	47
5.4	Porovnání.....	48

5.5	Návrh optimalizačních řešení	49
5.5.1	Zdroj.....	49
5.5.2	Materiál	49
5.5.3	Vypínat zdroj.....	50
5.5.4	Rozlišení.....	50
6	Závěr.....	51
7	Seznam použitých zdrojů.....	52
8	Přílohy	56
8.1	Měřicí zařízení – podrobné specifikace.....	56

Seznam obrázků

Obrázek 1:	vývoj RAM v čase	20
Obrázek 2:	Schéma heatpipe	24
Obrázek 3:	graf spotřeby v rámci těžení kryptoměn	26
Obrázek 4:	Bitcoin difficulty	28
Obrázek 5:	graf zobrazující průběh spotřeby v čase v klidovém stavu	38
Obrázek 6:	graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení	39
Obrázek 7:	graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.1	40
Obrázek 8:	graf zobrazující průběh spotřeby při editaci videa u PC č.1	41
Obrázek 9:	graf zobrazující průběh spotřeby v klidovém stavu u PC č.2	42
Obrázek 10:	graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení u PC č.2	42
Obrázek 11:	graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.2	43
Obrázek 12:	graf zobrazující průběh spotřeby při editaci videa u PC č.2	44
Obrázek 13:	graf zobrazující průběh spotřeby v klidovém stavu u PC č.3	45
Obrázek 14:	graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení u PC č.3	46
Obrázek 15:	graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.3	47
Obrázek 16:	graf zobrazující průběh spotřeby u editace videa u PC č.3	48
Obrázek 17:	Emos - měřicí přístroj	56
Obrázek 18:	Solight – měřicí přístroj.....	57

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Certifikace 80+	20
Tabulka 2:	Parametry PC č.1	36
Tabulka 3:	Parametry PC č.2	37
Tabulka 4:	Parametry PC č.3	37

1 Úvod

Životní prostředí je v poslední dekádě velice často probírané téma nejenom na univerzitách, ale i v politice a promítá se již do světových ekonomik a průmyslu. V dnešním digitálním světě má již každý občan rozvinutých zemí nějaké elektronické zařízení, které potřebuje svůj zdroj energie. Tato práce se zabývá problematikou spotřeby elektronických zařízení, konkrétně osobního počítače.

V teoretické části se práce zaměřuje na definici životního prostředí a jeho ukotvení v mezinárodním právu. V této části je také popsán způsob ochrany životního prostředí v rámci Evropské unie a České republiky. Důraz je kladen zejména na legislativní proces a jeho vývoj v rámci životního prostředí. Dále se práce zaměřuje na analýzu spotřeby elektrické energie jednotlivých komponent osobního počítače a možnosti, jak snižovat spotřebu pomocí softwarových a hardwarových řešení. V teoretické části se práce také zabývá energetickou náročností osobního počítače v rámci těžby kryptoměn. Zde je popsáno, jaký vliv má těžení kryptoměn na elektrickou spotřebu. Do teoretické části jsou také zahrnuty normy, které mají významný vliv na energetickou šetrnost osobních počítačů.

Praktická část je zaměřena na vlastní měření spotřeby osobního počítače. V první části je popsán způsob, a za jakých podmínek se měření bude realizovat a popis měřících přístrojů se kterými se bude pracovat. Jako další následuje popis měřených stavů a specifikace osobních počítačů, na kterých se bude měření provádět.

V poslední části jsou představeny výsledky měření z praktické části pomocí grafů a dále jsou výsledky porovnány mezi sebou. Na základě výsledků je navrženo optimalizační řešení pro co největší úsporu elektrické energie.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce je analýza energetické náročnosti osobního počítače a jeho součástí ve stanovených výkonnostních zatíženích.

Dílčí cíle

1. Analýza a porovnání spotřeby různě výkonných konfigurací počítače ve stanoveném zatížení.
2. Návrh optimalizačního řešení.

2.2 Metodika

Metodika bakalářské práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Praktická část bude obsahovat měření spotřeby energie tří výkonnostně odlišných osobních počítačů v klidovém stavu a následně při vysokém zatížení. Vysoké zatížení bude reprezentováno třemi výkonnostními stavy: aritmeticko-logickými výpočty, herní zatížení a editace videa. Následná analýza bude prezentována pomocí tabulek a grafů, kde budou porovnány a vyhodnoceny naměřené hodnoty, dále bude navrženo optimalizační řešení. V závěru práce bude prezentováno celkové zhodnocení výsledků testování a dosažených cílů práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Životní prostředí

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí v jeho plném znění ho definuje takto:

„Životním prostředím je vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.“ [38]

Celosvětově přijímaná definice je však ta, která byla přijata v roce 1979 na konferenci v Tbilisi, která upravila již stavující definici norského profesora Wika, které bylo vyčítáno, že nepostihuje sociálně zaměřenou stránku věci a prostředí vytvořeno inteligentními bytostmi. Tato nová tzv. tbiliská definice zní následovně:

„životní prostředí je považováno za se systém složený z přírodních, umělých a sociálních složek materiálního světa, jež jsou anebo mohou být s uvažovaným objektem ve stálé interakci.“ [2]

Následující dekáda ochrany životního prostředí bude velmi souviset s důsledky destabilizace klimatického systému, které pravděpodobně ovlivní globální ekonomiku i životní prostředí samotné. Predikce, které předvídají následující vývoj globálního klimatu znázorňují oteplení planety až o 3 °C za předpokladu, že bude zachován trend a chování společnosti. Tomu by měla zabránit tzv. Pařížská dohoda, která si dává za cíl udržet teplotu pod hranicí 2 °C. [3]

Hlavním cílem je v rámci udržitelnosti životního prostředí je tedy zvýšení odolnosti vzhledem ke změně klimatu, postupné transformování ekonomik na oběhová hospodářství, odklon od fosilních paliv jako je uhlí atd. a hledání nových zdrojů energie. Prohlubující se problém úbytku biodiverzity v globálním měřítku nejvíce ovlivní zemědělské postupy a potravinářský průmysl. [4]

3.1.1 Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí

3.1.1.1 Kjótský protokol

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu byl přijat roku 1997 v Japonsku. Signatářské země se zavázali do konce prvního kontrolního období (2008-2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990.

V roce 2012 bylo schváleno pokračování protokolů a jako druhé kontrolní období bylo stanoveno rozmezí let 2012–2020. EU se zavázala ke snížení skleníkových plynů o 20 % s porovnáním s rokem 1990. Česká republika svůj podpis připojila dne 23.11.1998 a byl ratifikován 15.11.2001. [7]

„Redukce se týkají emisí oxidu uhličitého (CO₂), metanu (CH₄), oxidu dusného (N₂O), hydrogenovaných fluorovodíku (HFCs), polyfluorovodíku (PFCs), fluoridu sírového (SF₆) a, fluoridu dusitého (NF₃). Pro každý skleníkový plyn existuje tzv. potenciál globálního ohřevu v závislosti na jeho schopnosti ovlivňovat klima. Pro možnosti srovnání se obsah skleníkových plynů uvádí v hodnotě CO₂ ekvivalentní (CO₂ ekv).“ [7]

3.1.1.2 Pařížská dohoda

Pařížská dohoda byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu na sklonku roku 2015. Dohoda nahradila v roce 2020 Kjótský protokol.

„Tato dohoda formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu, jímž je přispět k udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C v porovnání s obdobím před průmyslovou revolucí a usilovat o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C a přináší významnou změnu, pokud jde o závazky snižování emisí skleníkových plynů. Dohoda totiž ukládá nejen rozvinutým, ale i rozvojovým státům povinnost stanovit si vnitrostátní redukční příspěvky k dosažení cíle Dohody.“ [35]

V rámci této dohody se Česká republika, jako členský stát Evropské unie, zavázala se zbývajícím státy EU společnými silami snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o 40 % ve srovnání s rokem 1990 a to pouze pomocí domácích opatření.

3.1.2 Ochrana životního prostředí v rámci EU

Evropská unie, dále jenom EU má jedny z nejpřísnějších požadavků na ochranu životního prostředí na světě, které se vytvářejí již desítky let. Enviromentální politika si dává za cíl pomáhat ekonomice EU snižovat dopady na životní prostředí a chránit evropské přírodní zdroje. Životní prostředí se však v EU stejně jako ve světě potýká s klasickými problémy jako je neudržitelná spotřeba a produkce nebo změna klimatu.

Co se týče změny klimatu, EU se snaží o úspěšně plnění pařížské dohody. Za zmínku také stojí systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS). V rámci tohoto portfolia se země EU zavázali k plnění různých cílů v průběhu několika let. [8]

„Environmentální politika EU vychází z článků 11 a 191–193 Smlouvy o fungování Evropské unie. Podle článku 191 je boj proti změně klimatu explicitním cílem environmentální politiky EU. Udržitelný rozvoj je jedním z hlavních cílů EU, která se zasazuje o „vysoký stupeň ochrany a zlepšování kvality životního prostředí“ (článek 3 Smlouvy o Evropské unii).“ [8]

3.1.3 Ochrana životního prostředí v ČR

V České republice je ochrana relativně mladé odvětví. Zásadní byla změna politického režimu v roce 1989. V 90. letech 20. století byla upravena legislativa s mnohem pro enviromentálnějšímí prvky. V roce 1995 byla schválena Státní politika životního prostředí (SPŽS). Dnes platí SPŽS 2020-2030, která hradila předchozí SPŽS 2012-2020 a představuje již šestý dokument, který má za úkol podpořit zlepšování stavu životního prostředí v ČR. [6]

Od založení ČR v roce 1993 došlo díky restrukturalizaci hospodářství a vstupu do EU k určitému posunu vpřed co se týče vztahu veřejnosti k otázkám životního prostředí, a k napravení několika chyb z minulosti. Bohužel v některých odvětvích se nedaří dosahovat dobrých výsledků a životní

prostředí je tak i nadále vystavováno negativním vlivům. Zejména co se týká hygienických limitů (imisní limity, hlukové limity), nebo chemický stav vodních útvarů.

Zásadní vliv na stav složek životního prostředí má probíhající změna klimatu. Vedle přírodních faktorů ovlivňující stav složek životního prostředí je ovlivňován také strukturou hospodářství, které má vysoký podíl průmyslu (32 % HDP). Energetické odvětví má podíl pevných paliv 40 % primární spotřeby. Důležitá je rovněž rozložení těžebního a těžkého průmyslu a s ním spojené energetiky. Tyto odvětví jsou soustředěny zejména v severovýchodní a severozápadní části ČR. V těchto částech jsou také nejčastěji překračovány imisní limity. Dalšími znečišťovateli ovzduší jsou domácnosti používající pevná paliva. Navzdory tomu se kvalita ovzduší zlepšuje, a to díky velkým znečišťovatelům, kde se podařilo snížit emise látek vypouštěných do ovzduší. [4]

V oblasti ochrany vod hraje zásadní roli retenční schopnost krajiny, která se zhoršila zejména úpravou vodních toků, odlesnění velkých ploch po kůrovcové kalamitě, zvyšující se počet zastavěných ploch, nevhodná práce se zemědělskými plochami (absence remízků, těžká technika na polích, mělká orba).

Tento stav je postupně zlepšován skrze opatření, která jsou šetrná k životnímu prostředí. Ve vodohospodářském odvětví je ČR stále v procesu obnovy. Rozvoj infrastruktury přispívá k vyšší kvalitě čištění odpadních vod a distribuci pitné vody. V méně osídlených oblastech však tato infrastruktura stále chybí, jelikož vybudování kvalitní sítě odpadních vod vyžaduje významnou investici. [4]

V oblasti nakládání s odpady můžeme konstatovat, že podíl skládkování má i přes pokles stále majoritní podíl ve způsobu odstraňování komunálního odpadu. Stále se také eviduje vysoký počet kontaminovaných míst. Naopak se zvyšuje podíl materiálně využitých komunálních odpadů. Dále dochází ke zlepšování sběru biologicky rozložitelných odpadů. [4]

3.2 Spotřeba PC, jeho komponent a její snížení

Osobní počítače jsou velice rozmanité, pokud jde o výběr produktů, a méně dobře charakterizované z hlediska spotřeby energie. Například omezené vícegenerační srovnání dominantní značky grafických karet (energeticky nejnáročnější součást těchto systémů) za posledních 10 let ukazuje, že

výkon se mnohonásobně zvyšuje a spotřeba energie se prakticky nemění. To znamená, že výkon na jednotku výkonu se rapidně zlepšil, zatímco absolutní spotřeba energie zůstala relativně konstantní.

Hlavní roli ve spotřebě osobního počítače hraje zejména složení daného počítače. Podle výběrů komponent je energetická náročnost daného osobního počítače vyšší či naopak nižší. Mezi hlavní odběratelé elektrické energie se řadí zdroj napájení, grafická karta a procesor. Již menší, ale stále významný vliv na spotřebu elektrické energie mají komponenty s mechanickými částmi, jako jsou pevný disk, nebo optické mechaniky. Novější zařízení ale již od mechanických částí počítače upouštějí a dnešní osobní počítače se již dokážou bez těchto mechanických komponent obejít. Ostatní součásti mají na spotřebu ekletické energie počítače již velmi nevýznamný podíl. Míru spotřeby osobního počítače dále tvoří zeměpisná šířka, a čas kdy počítač využíváme. V rovníkových oblastech je tedy spotřebovávaná energie stejného počítače daleko větší než v oblastech mírného pásu. [34]

Pro co největší úsporu elektrické energie při koupi nového osobního počítače se doporučuje postupovat podle několik pravidel. Mezi ně patří nekupovat výkonné dedikované grafické karty, ale držet se spíše karet integrovaných do procesoru. Mezi další důležité zásady se uvádí výběr novějších modelů procesorů, kde energetická náročnost i přes vyšší výkon je nižší než u zastaralých technologií starších verzí procesorů. Dále by se měla pozornost upírat na výběr kvalitního napájecího zdroje.

3.2.1 Komponenty

V následujících odstavcích se bude práce zabírat nejvýznamnějšími komponenty osobního počítače z hlediska spotřeby energie a postupném vývoji těchto součástí k co největší energetické šetrnosti. Dále také teoretickým východiskům, jak snížit spotřebu daných součástí stolního počítače.

3.2.1.1 Základní deska

Základní deska by se dala popsat jako hlavní obvodová deska v počítači. Většina dalších komponent jsou namontována a řízena základní deskou. Obsahuje čipovou sadu, která se stará o datové toky mezi interními a externími komponenty.

Základní deska vyžaduje přísun energie od 30-150 W. Softwarové řešení pro co nejnižší odběr energie se doporučuje deaktivovat součásti základní desky které se nevyužívají. Například. HDMI a PCI-E sloty nebo SATA porty. Co se týká hardwarového řešení daného problému, tak mnoho studií doporučuje efektivnější kondenzátory a s nimi spojenou lepší účinnost a dodávané energie. Rozsah účinnosti těchto řešení se uvádí v rozmezí 13-65 W. [29]

3.2.1.2 Procesor

Procesor, zkráceně CPU (Central processing Unit) provádí základní výpočetní úlohy a jedná se o nejdůležitější uzel co se využití energie týče

Spotřeba energie u dnešních procesorů je v širokém rozmezí 37-220 W. Záleží zejména na typu procesoru a tzn. K jaké činnosti je uzpůsoben. V současné dekádě na poli procesorů již bylo dosaženo stabilního pokroku v energetické účinnosti architektury. Pro lepší energetickou účinnost hovoří stále se snižující velikost a zvýšení počtu tranzistorů na jednotku plochy. Jako příklad poslouží energetická náročnost modelu procesoru společnosti Intel zvaný Sandy Bridge (2011), kde se TDP pohybovala okolo 85 W, kdežto jeho nástupce Ivy Bridge (2012) už hodnotu stlačila na 77 W. Následující generace Haswell (2013) se hodnoty zastavily na 65 W. [29]

Co se týče softwarového řešení problému energetické náročnosti klade se zde zejména důraz na tzv. „C-states“, kdy tyto režimy omezí taktovací frekvenci a spotřebu nečinných jednotek uvnitř, což má za následek značnou úsporu energie. Režimů tzv. „C-states“ je hned několik začínající od C0, kdy C0 znamená, že procesor je v provozním stavu a se stoupající hodnotou čísla za C procesor postupně utlumuje svoje funkce. [26]

3.2.1.3 Grafická karta

Grafické karty zkráceně (GPU) poskytuje výkon spojený s vizuálním zobrazením informací jak dvourozměrného (2 D), tak třírozměrného (3 D). To ve zkratce znamená nutnost velkého přísunu energie, která se pohybuje v rozmezí od 75 W do 500 W dle typu grafické karty. Dle těchto dat je zřejmé že dedikovaná grafická karta je nejnáročnější součást počítače, co se spotřeby energie týče. Integrované grafické karty se berou obvykle jako ty úspornější. Ve většině případů spotřebují daleko méně energie než karty dedikované. Ty však dosahují daleko vyššího výkonu. [29]

Hlavním problémem vysoké spotřeby u grafických karet je podle mnoha odborných testování vysoká teplota. Při vyšší frekvenci grafického jádra dochází k zvyšování teploty daného jádra a tím dochází i k daleko vyšší spotřebě. Dnešní grafické karty s vysokým výkonem dokážou spotřebovávat v nečinném stavu stovky wattů. Proto se doporučuje vyhledávat grafické karty vyrobené z kvalitních materiálů, které dokážou absorbovat tepelnou ztrátu. [29]

3.2.1.4 Zdroj

Napájecí jednotka, která převádí střídavý proud (230 V) ze sítě na nízkonapětově regulovaný stejnosměrný výkon o několika větvích (3,3 V, 5 V, 12 V) pro vnitřní součásti počítače. Zdroje dnes již dokážou přivádět do počítačových sestav značné množství energie uváděných v nižších tisícovkách Wattů. S tím ale přichází značná spotřeba energie, a proto se výrobci snaží o co největší účinnost svých produktů. [20]

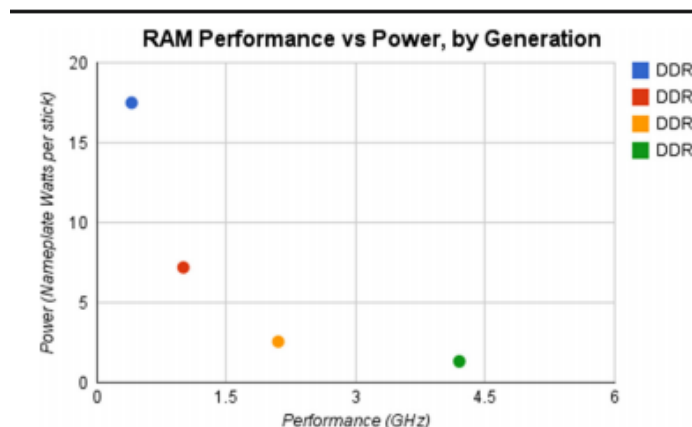
V této souvislosti vznikla certifikace energetické účinnosti používané od roku 2008 80 Plus. Ta uvádí procentuální účinnost při určitém zatížení, respektive kolik energie je přeměněno na teplo, a kolik se jí dostane k jednotlivým komponentám počítače. Zde je třeba dodat, že počítačové zdroje jsou energeticky nejučinnější při 50 % zatížení, kdy všechny zdroje, které se mohou pyšnit certifikací 80 PLUS mají energetickou účinnost vyšší jako 85 %. [14]

PSU @ 115 V	20 % Load	50 % Load	100 % Load
80 Plus Standard	80 %	80 %	80 %
80 Plus Bronze	82 %	85 %	82 %
80 Plus Silver	85 %	88 %	85 %
80 Plus Gold	87 %	90 %	87 %
80 Plus Platinum	90 %	92 %	89 %
80 Plus Titanium	90 %	94 %	90 %

Tabulka 1: Certifikace 80+
Zdroj: autor – upraveno na základě: [14]

3.2.1.5 Paměti RAM

Paměť RAM uchovává data, dokud si jej nevyžádá CPU. Základní technologie je v pevném stavu. Obvykle ve více slotech. Výrobci se již dnes snaží snížit spotřebu energie i u paměti RAM. V průběhu let se účinnost a výkon dramaticky zvýšily. Díky nižšímu napětí, operační paměť vyprodukuje při svém provozu méně tepelné energie, což v důsledku znamená nižší spotřebu elektrické energie. [29]



Obrázek 1: vývoj RAM v čase
Autor: Nathaniel Mills & Evan Mills [29]

V tabulce nad tímto textem můžeme vidět generační skok u paměti RAM. Napětí se s každou generací snižuje a výkon skokově roste.

3.2.1.6 Mechanické součásti

Pevné disky se rozhodně neřadí mezi nejvíce náročné komponenty stolního počítače. Průměrná spotřeba těchto kotoučových disků se pohybuje v řádech několika wattů. Problém nastává

v momentu, kdy je disk zatížen práci s daty kdy během této chvíle spotřeba až několikanásobně stoupá. Dále spotřeba elektrické energie stoupá s počtem zapojených disků do osobního počítače. [27]

V současné době už se od pevných disků pomalu upouští. Většina výrobců se začíná soustředit na SSD disky, které jsou díky výrazně nižší spotřebě, vyšší rychlosti čtení a zápisu daleko lepší volbou do budoucna. Jedná se však o velice pomalý proces vzhledem k poměru ceny a úložného prostoru kde, co se týče osobních počítačů, SSD disky jsou o 40-60 % dražší, navíc s rostoucí kapacitou stoupá i procentuální rozdíl cen mezi HDD a SSD kdy v roce 2018 byly SSD disky i o 500 % dražší. [24][28]

3.2.2 Monitory

Monitory ušly v rámci spotřeby energie výrazný kus cesty, kdy se zhruba před desítkou let stále používaly zahřívající se CRT monitory s poměrně vysokým odběrem elektrické energie přesahující stovky Wattů. Dnes jsou již v největším množství zastoupeny LCD monitory, které mají většinou zanedbatelnou spotřebu v rámci nižších desítek Wattů.

3.2.3 Softwarová řešení

Úspory elektrické energie lze dosáhnout také pomocí softwarových utilit, BIOSu nebo i jednoduchým nastavením Windows. Co se týká otázky dodatečného softwaru, který je dostupný na internetu, jedná se většinou o uživatelsky přívětivé rozhraní, kde často pomocí jednoho tlačítka spustíte úsporná opatření. Následně se povypínají aplikace, které nepotřebujete k dané činnosti nebo sníží jas na obrazovce.

Úspory energie lze dosáhnout také v BIOSu, což je předinstalovaný program na základní desce. BIOS většinou spustíte klávesnicí del nebo F11. Následně v něm můžete upravovat otáčky ventilátorů, upravovat frekvence na kterých běží CPU, GPU nebo paměti RAM. Jedná se však o postup pro pokročilejší uživatele.

3.2.3.1 Windows

Ušetřit na energii se dá i jednoduše pomocí základních kroků které jsou nastavitelné v prostředí Windows.

Režim spánku

V tomto režimu osobní počítač spotřebovává velice malé procento elektrické energie než v klasickém režimu. Z režimu spánku se systém Windows dostane během okamžiku a vše zůstane stejné jako před odchodem do toho režimu. Režim spánku se doporučuje používat v případě krátkodobého odchodu od PC. [25]

Režim hibernace

Možnost hibernace byla původně navržena pro přenosné počítače, a tak se může stát, že na některých nepřenosných osobních počítačů bude scházet. Při hibernaci je spotřebovávaná energie ještě nižší než u režimu spánku. Když počítač opětovně spustíte, ocitnete se tam, kde jste s prací skončili. Spotřeba energie v režimu hibernace se uvádí v průměru okolo 10 W. [25]

3.2.4 Chlazení

Správné chlazení v počítači má velký vliv na jeho spotřebu. Jeho hlavním úkolem je snižovat teplotu. To se děje několika způsoby a každý počítačový komponent vyžaduje jiný druh chlazení. Jednotlivé komponenty tedy potřebují určitým způsobem chladit. Každá z komponent má svojí pracovní teplotu. Při jejím překročení dochází ke zpomalování činnosti a nárůstu energie. Chlazení má největší vliv na životnost komponent.

V principu jde vždy o odvedení nadměrného ztrátového tepla z povrchu polovodiče. Když je tedy toto teplo odvedeno z povrchu polovodiče do prostoru počítačové skříně, je třeba ztrátové teplo odvézt také z prostoru počítačové skříně do okolního prostoru. To zajišťují ventilátory zabudované v boční stěně skříně. Čím vyšší efektivita tím menší hluk a pro zachování energie je vhodné dbát na co nejnižší hlučnost. Vyšší hluk značí velmi vysoké otáčky a vyšší spotřebu. Chlazení je totiž plně funkční pouze tehdy, když nemá problémy s prachem nebo dalším zanesením. Prach snižuje účinnost jak pasivnímu, tak aktivnímu chlazení. Doporučuje se proto vykonávat pravidelné čištění prachových nánosů okolo chladících systémů. [1]

3.2.4.1 Pasivní chlazení

Jedná se o nepohyblivou součást žebrovitého tvaru velkých rozměrů z důvodu efektivnějšího předávání tepla okolnímu vzduchu. Velmi častá je kombinace hliníku na žebrovitou část, a mědi na základnu pasivního chladiče. Tyto materiály se používají zejména kvůli jejich dobré vodivosti a také díky poměru ceny a chladicího efektu. Na základnu se pro větší účinnost nanáší teplovodivá pasta pro vyplnění povrchových nerovností. To má za následek větší kontaktní plochu mezi polovodičem a pasivním chladičem. K pasivnímu chladiči kombinovaného typu je žebrování blíže u sebe a na strany chladiče je přimontován aktivní chladič v podobě ventilátoru. [37]

3.2.4.2 Aktivní chlazení

Aktivní chlazení nebo tzv. chlazení proudícím vzduchem má za úkol obměnu vzduchu v počítačové skříni. V dnešní době má již ventilátor i další funkci a tou je ochlazování pasivního chladiče, kdy rotující ventilátor vhání vzduch mezi žebra na pasivní část chladiče.

Aktivní chlazení je synonymum ventilátoru. Pomocí nich se vytváří proudění vzduchu v počítačové skříni. Toto proudění efektivně odvádí teplý vzduch do okolního prostředí a pomáhá tak udržovat teplotu vzduchu ve skříni v tolerovaných mezích. [37]

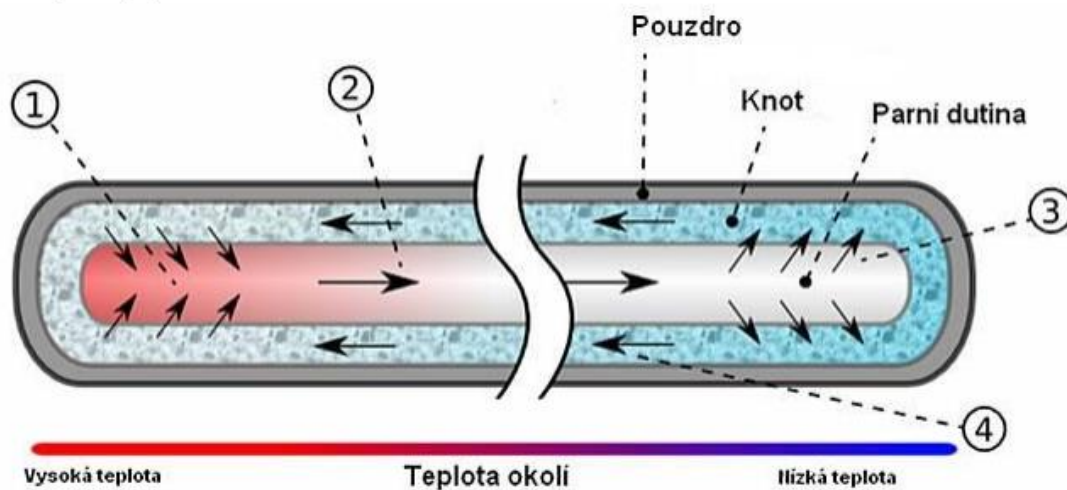
Mezi poslední trendy můžeme zařadit snižování počtu ventilátorů. V osobním počítači se jich tak nachází méně, než tomu bylo v předešlých letech, zato jejich velikost a výkon vzrostly. Platí zde jednoduchá rovnice čím větší ventilátor, tím větší průtok vzduchu, menší otáčky, a i méně hluku. Standardní otáčky ventilátorů jsou 2500 RPM (Revolutions Per Minute), neboli otáčky za minutu. Na trhu se dají najít i ventilátory z otáčky od 4000 RPM, které se využívají ale spíše u serverů. [45]

3.2.4.3 Heatpipe

Stále se zvyšující frekvence CPU má za příčinu vyšší spotřebu elektrické energie při vysoké zátěži a s tím spojené zvyšující se ztrátové teplo, které polovodiče vyzařují. Částečně vyřešit této problém by mohl systém heatpipe. právě heatpipe. Může však být využito i na GPU nebo obvody čipové sady. Odvod ztrátového tepla je v tomto případě velmi vysoký.

Jedná se o měděnou nebo ocelovou trubici s pórovitou síťovinou strukturou na vnitřních stěnách. V této trubici se nachází kapalné látky. Nejčastěji se používají čpavek, ionizovaná voda nebo freon. Zbytek prostoru je vyplněn výpary dané kapaliny. Právě díky tomuto složení se dosahuje daleko větší vodivosti oproti klasickému pasivnímu chlazení. Zařízení je daleko menší a neobsahuje aktivní chlazení (ventilátor), to znamená, že se zde obejdeme zcela bez hluku.

Princip, na kterém Heatpipe trubice funguje je prostý. Při dostatečném ohřevu jednoho konce dojde k vypařování dané kapaliny a jako plyn se přesune do druhé části daleko chladnější a v té se začne srážet a přesune se zpět jako kapalina do teplé části. [37]



Obrázek 2: Schéma heatpipe

Zdroj: [37]

3.2.4.4 Vodní chlazení

Vodní chlazení je dnes velice populární způsob chlazení, jak komponenty udržet na nízkých teplotách. Chlazení vodou se dá už považovat i samotný blok na procesoru.

Princip vodního chlazení je jednoduchý. Dost se podobá principu, na kterém funguje heatpipe pospaný v předchozím odstavci. Celý systém vodního chlazení tvoří uzavřený okruh. Na komponenty produkující ztrátové teplo jsou nainstalovány vodní bloky. Tyto bloky jsou propojeny hadicemi, které na jedné straně zahřátou kapalinu přenášejí dále do připojeného výměníku, který předává teplo z chladicí kapaliny do okolního vzduchu. Dále putuje ochlazená kapalina do expanzní nádoby, kde se kontroluje stav hladiny dané kapaliny, která pak míří do vodního čerpadla a z něj zpět k jednotlivým komponentům. [31]

Vodní chlazení se sestává z těchto částí:

- Vodní blok
- Vodní čerpadlo
- Výměník (radiátor)
- Expanzní nádoba
- Propojovací hadičky

Vodní blok

Vodní blok se instaluje přímo na jednotlivé komponenty. Odvádí teplo z dané komponenty do své konstrukce, naplněné obíhající kapalinou, která ochlazuje vodní blok. Parametry, určující kvalitu vodního bloku jsou průtok vody a velikost aktivní plochy, která je ve styku s vodou. Vodními bloky můžeme ochlazovat CPU, GPU, počítačový zdroj, pevný disk, operační paměti a čipovou sadu. Každý vodní blok je unikátní pro každou komponentu.

Vodní čerpadlo

Jedná se o aktivní součást vodního chlazení, která má za úkol zajišťovat oběh kapaliny v celé soustavě. Má vliv na výkonnost celého uzavřeného okruhu a také na jeho hlučnost. Vodní čerpadla mohou být průtoková, nebo ponorná.

Výměník

Výměník slouží k ochlazení kapaliny, která odvádí ztrátové teplo z komponent. Je postaven z kovových trubek a žeber které jsou na trubky navařeny. Pro větší efektivitu je výměník konstruován pro jeden až čtyři aktivní chladiče. Tyto ventilátory jsou však dimenzovány na nižší otáčky pro méně hluku a šetření energií. Složení radiátoru je velmi podobné jako heatpipe. Jsou zde namontovány měděné nebo klinikové trubky ke kterým je přivařeno hliníkové žebrování.

Expanzní nádoba

Jedná se o vysokou, průhlednou nádobu, která složí jako zásobník kapaliny. Expanzní nádoba dále slouží ke kontrole množství kapaliny a jejímu odvzdušnění. Tato součást není nutná k složení k chladicímu uzavřenému okruhu.

Propojovací hadičky

Hadičky propojují všechny součásti chladicího okruhu. Nejčastěji se používají silikonové, u kterých ale dochází k odparu chladicí kapaliny. Dále se využívají PVC, které mají tendenci se deformovat. V dnešní době se začíná používat typ Tygon, který se zatím jeví jako nejkvalitnější materiál. [36]

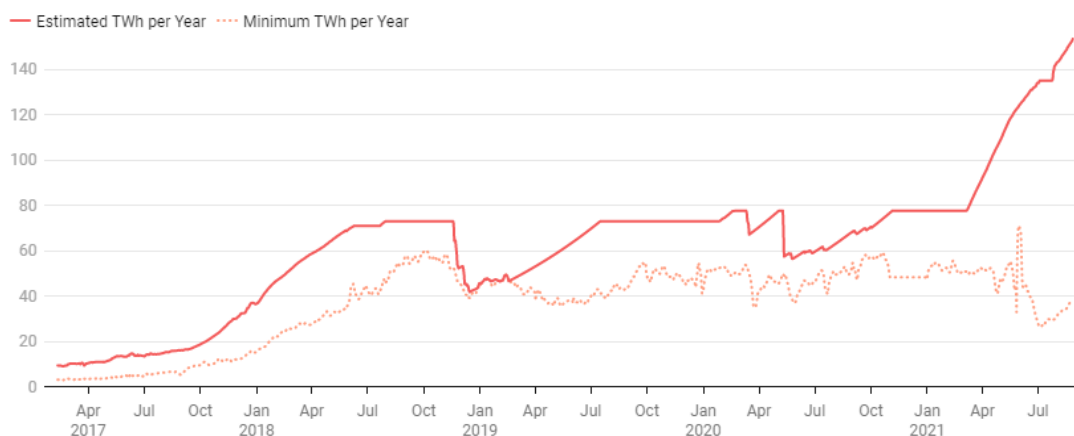
Poslední součástí je spojovací materiál – fitinky a spojky.

3.3 Energetická spotřeba v rámci těžení kryptoměn

Mezi palčivá témata poslední doby na poli spotřeby energie se jistě zařadí i těžba kryptoměn jako je Bitcoin, Ethereum a další. Energetická spotřeba stoupá zejména díky bludnému kruhu, kdy čím vyšší je cena kryptoměn, tím víc se dané kryptoměny těží a spotřeba energie stoupá do astronomických výšin.

Například výzkum britské univerzity v Cambridge uvedl výsledky své studie, která tvrdí že, kdyby samotný Bitcoin byl stát, patřil by mezi třicet největších odběratelů elektřiny na planetě. Univerzita uvedla že kryptoměna s největším podílem na trhu spotřebuje kolem 153,48 terawatthodiny energie. Pro srovnání český elektrárny Dukovany a Temelín dokázali společně vyprodukovat v roce 2020 30,05 terawatthodin energie. Tímto se podle známého serveru Digiconomist Bitcoin a další kryptoměny se proto stávají středem pozornosti ochránců životního prostředí, kdy jedna uskutečněná transakce Bitcoinů spotřebuje 1709 kilowatthodin energie. [11][12][39]

Bitcoin Energy Consumption



Obrázek 3: graf spotřeby v rámci těžení kryptoměn

Zdroj: [39]

Do popředí se tak dostávají i data o uhlíkové stopě kterou po sobě těžba kryptoměn v takto vysoké míře zanechává. Uhlíková stopa je měřítko dopadu lidských aktivit v souvislosti s životním prostředím. Je tedy nepřímým ukazatelem spotřeby energií, výrobků a služeb. Využívá se také jako ukazatel enviromentální udržitelnosti. Díky těžbě kryptoměn se tak dostane do ovzduší 72 megatun oxidu uhličitého ročně. Kryptoměny se tak s největší pravděpodobností dočkají po tlaku investorů i pod tlak emisních norem. [11][21]

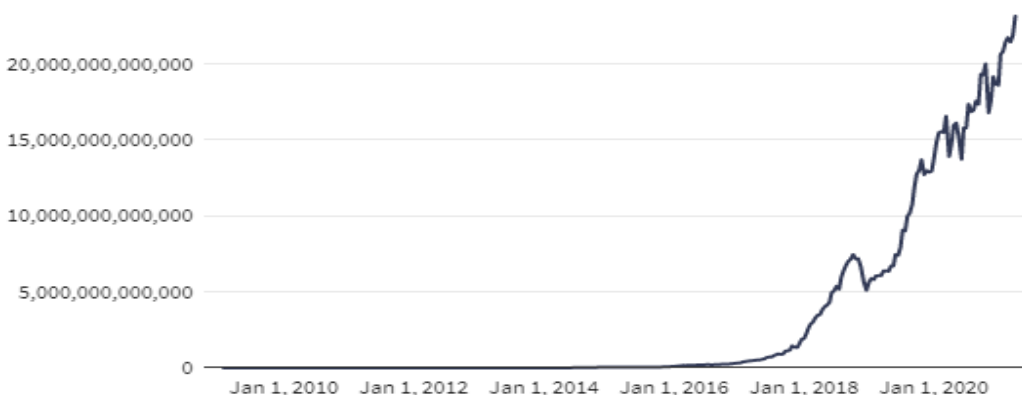
Aby plně porozuměli důsledku těžby kryptoměn na spotřebu energie, je nutné pochopit princip těžby kryptoměn.

„Těžba bitcoinů nastává, když „těžaři“ používají k ověření transakcí na blockchainu speciální počítače s vysokým výkonem zpracování. Když někdo úspěšně potvrdí transakci, tato osoba obdrží bitcoiny výměnou za službu. Blockchain je jako účetní kniha, kde jsou všechny transakce zaznamenávány v blocích blockchainu. Pokaždé, když se objeví nová transakce, do řetězce se přidá další blok.“ [43]

Pro tyto náročné operace je nutný správný hardware. Typickým příkladem je speciální souprava navržena přímo pro těžení kryptoměn. Tyto soupravy se obvykle skládají z více vysoce výkonných high end grafických karet. Kromě toho se musí používat sofistikované chladicí systémy kvůli velkému množství využívané elektrické energie grafických karet (například Nvidia Geforce GTX 1080 Ti vyžaduje 250 W). Tyto grafické karty, jak již bylo zmíněno se soustředí do tzv. „Minig rig“ kde je zapojeno více grafických karet naráz. Taková to souprava pro těžení kryptoměn má spotřebu energie v řádu nižších tisícovek wattů. Přesné množství spotřebovávané energie je přímo úměrné obtížnosti daných operací. [10][13]

Bitcoin Difficulty

Jan. 27, 2009–April 2, 2021



Source: [BTC.com](https://btc.com)

Obrázek 4: Bitcoin difficulty

Zdroj: [40]

Z daných informací v grafu lze usoudit, že výpočetní výkon potřebný k těžbě kryptoměny se stále zvyšuje, a tím se zvyšuje i energie jako taková. To má za následek, že „těžaři“ potřebují více výkonného hardwaru, aby i nadále dosahovali potřebných výsledků.

Nedávný výkup zejména grafických karet prudce zvyšuje jejich ceny díky jejich nedostatku. Kromě drahého hardwaru je elektřina největšími výdaji těžařů kryptoměn. Vzhledem k tomu že zisk je primárním cílem této skupiny.

3.4 Normy

3.4.1 TCO

Norma TCO (Total cost of ownership) byla vyvinutá švédskou institucí TCO developments, která také od počátku 90. let TCO certifikáty uděluje. Poprvé byla zavedena v roce 1992 s označením TCO' 92. Postupné zpřísnování norem mělo za následek nové verze těchto norem, které vycházejí dodnes v pravidelném rozmezí 3-4 let. Tento certifikát vyjadřuje celkové náklady spojené s vlastnictvím. Zahrnuje nejen cenu ale i výdaje užíváním majetku, které se projeví až později (spotřeba energie, údržba, servis, opravy...).

Jde o světově nejvíce uznávaný certifikát ekologické udržitelnosti výrobků v rámci výpočetní techniky. Mezi hlavními hodnotícími prvky jsou odpovídající výrobní podmínky, opatření pro

ochranu životního prostředí včetně recyklace a nakládání s nebezpečnými látkami nebo ergonomický design.

Aktuální norma TCO Certified Generation 8 má však ještě přísnější požadavky nejen na výrobek samotný ale také na kvalitu podmínek při jeho výrobě. Nové požadavky jsou například využívání bezpečnějších chemikálií v kabelových izolacích, podrobné informování zákazníků o životním cyklu daného výrobku, zveřejňování informací ohledně nakládání s energií nebo odpovědné získávání minerálů. [22]

Mnoho kritérií je podobný pro všechny produkty. V současné době je TCO certifikát dostupný pro 11 druhů produktů a těmi jsou:

- Displeje
- Notebooky
- Tablety
- Chytré telefony
- Stolní Počítače
- All-in-One PC
- Projektory
- Headsety
- Servery
- Datová úložiště
- Síťová vybavení

3.4.2 Energy star

Energy star je mezinárodní standardem energetické účinnosti, který poskytuje jednoduché, důvěryhodné a nezaujaté informace. Jedná se o jeden z nejrozšířenějších dobrovolných programů energetické efektivity. Která se značí modrou nálepkou s bílým nápisem a hvězdou. Vznikla v roce 1992 v USA a dohodou mezi vládou Spojených států amerických a Evropským společenstvím zajišťuje vzájemnou uznatelnost značení na evropském i americkém trhu a koordinaci programu v celosvětovém měřítku.

Dnes je tento standard jeden z nejuznávanějších dokladů o energetické šetrnosti a nepřispívá jen k popularizaci zařízení které jsou šetrné k životnímu prostředí, ale zejména ke snižování emisí oxidu uhličitého. [16]



Zdroj: [17]

Podle oficiálních stránek Energy star pomohl program Energy star ušetřit od začátku ve Spojených státech amerických zhruba 5 bilionů kilowatthodin elektřiny, 450 miliard dolarů nákladů na elektřinu a snížit skleníkové plyny o 4 miliardy metrických tun. V roce 2019 díky společnosti Energy star ušetřili obyvatelé Spojených států téměř 500 miliard kilowatthodin elektřiny a vyhnuli se 39 miliardám nákladů na energii. [17]

Norma je využívána spotřebiteli a podniky kterým usnadňuje nákup produktů, který je šetrný k životnímu prostředí a šetří peníze. Na oficiálních stránkách se uvádí, že oficiální prodeje produktu dosáhly v roce 2019 300 milionů a od založení zhruba 7 miliard. [17]

Dále je této norma považována za důležitý nástroj v souvislosti s bojem proti změnám klimatu a za zlepšení kvality ovzduší a ochraně veřejného zdraví. Snižováním emisí skleníkových plynů a dalších látek znečišťujících ovzduší poskytuje norma větší flexibilitu a nižší náklady státům nebo organizacím na dosažení jejich cílů v oblasti životního prostředí.

3.4.3 Ekoznačky

Každá jedna ekoznačka má svojí produktovou kategorii, je tudíž udělována různým skupinám výrobků. Produktové kategorie se velmi liší od každé ekoznačky, proto se zde uvede jen ty relevantní. [23]

3.4.3.1 Ekoznačka EU

Ekoznačka EU představuje evropský program ekoznačení. Toto značení probíhá nepřetržitě od roku 1992. Takto označovány jsou produkty, které jsou prokazatelně šetrnější k životnímu prostředí. Ekoznačka může být udělena produktům na trhu celé Evropské unie. [19]



Zdroj: [23]

„Program ekoznačení Evropské unie se řídí pravidly nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 66/2010, které vstoupilo v platnost 30. 1. 2010. Toto nařízení vychází ze zásad mezinárodní normy ISO 14024. Začátkem září 2013 vstoupila v platnost změna přílohy III tohoto nařízení.“ [53]

Produkty se hodnotí podle speciálních kritérií a u každého kritéria jsou uvedeny zvláštní požadavky na posuzování a ověřování. Kritéria pro osobní počítače jsou:

- Spotřeba energie
- Nebezpečné látky a směsi ve výrobku, podsestavách a konstrukčních částech
- Prodloužení životnosti
- Konstrukce, výběr materiálů a nakládání s výrobkem po ukončení životnosti
- Sociální zodpovědnost podniků
- Informace pro uživatele

3.4.3.2 Modrý anděl

Modrý anděl byl první, a tedy nejstarším programem ekoznačení který byl zahájen ve Spolkové republice Německo v roce 1978. Počítače a periferie s certifikátem Blue Angel musí splňovat přísné požadavky na recyklovatelný design a výběr materiálu čímž vytvářejí příznivé rámcové podmínky pro efektivní využití použitých materiálů a pomáhají šetřit přírodní zdroje. Kvůli ochraně zdraví musí být plastové části vyrobeny výhradě z nízkoemisních materiálů. [18]

4 Vlastní práce

4.1 Způsob měření

Jako nejpřesnější způsob měření spotřeby elektrické energie bylo vybráno měření ze zásuvky pomocí dvou měřících přístrojů, které fungují na jednoduchém principu zasunutí měřící přístroje do zásuvky a následně do daného měřícího přístroje, který obsahuje vidlici, zapojíme testovaný osobní počítač, přesněji napájecí kabel, který vede ke zdroji. Následně se na LCD displeji daného měřícího zařízení objeví naměřené hodnoty, které se přepíší do tabulkového editoru (excel), kde se data zpracují. Hlavní sbíraná hodnota ze zařízení je Watt.

Pro co nejpřesnější měření, se budou využívat dva měřící přístroje. Měření se provede 3x nebo 1x na každém zařízení (podle druhu měření), a následně se udělá průměr hodnot ze kterých vznikne aritmetický průměr naměřených hodnot změřeném na jednom zařízení. Tento průměr se následně porovná s hodnotami druhého přístroje a vypočítá se průměr. Pro orientační hodnoty se bude využívat program HWMonitor.

Měření bude probíhat za pokojové teploty 20 °C. Zařízení bude zapojeno dle normy ČSN EN 62623.

4.1.1 Měřící přístroje

Pro měření spotřeby elektrické energie byly použity dva na sobě nezávislé přístroje.

Solight DT27

Jedná se o digitální měřic spotřeby elektrické energie s LCD displejem, na kterém se zobrazují naměřené hodnoty. Výrobce zde uvádí jako minimální množství zaznamenávaného příkonu hodnotu 2 W a maximální hodnotu 3680 W, což pro měření spotřeby osobního počítače vzhledem k testovaným sestavám s příkonem do 1000 W je dostačující.

Pro upřesnění popisu měřicího přístroje je nutné zde uvést další specifikace uvedené výrobcem jako je integrovaný stabilizátor napětí až do $\pm 1,5\%$ odchylky od jmenovitého napětí, které zpřesňují měření, pracovní teplota, se kterou by se mělo s přístrojem pracovat se uvádí v rozmezí 0–50 °C. Zařízení funguje na principu střídavého proudu (230 V, 50 Hz).

(Podrobný popis viz. Příloha)

EMOS P5801

Tento digitální měřič spotřeby elektrické energie je velice podobný prvnímu měřicímu přístroji. Liší se pouze přítomností záložního napájení prostřednictvím dvou alkalických baterií. Jedná se o multimetr s LCD displejem, který dokáže kromě měření spotřeby energie ve Watech, dokáže vypočítat cenu energií ve zvolené měně. Dále zobrazuje napětí v zásuvce (V) a Proud (A).

Základní specifikace zde:

Maximální zátěž: 3680 W

Napětí: 230 V

Maximální proud: 16 A

(Podrobný popis viz. Příloha)

4.2 Měřené stavy

4.2.1 Klidový stav

Klidový stav je takový stav, kdy došlo k zavedení operačního systému a byl vytvořen profil uživatele. Činnost počítače je omezena na aplikace, které operační systém zavádí standardně se spuštěním. Existují 2 klidové stavy, dlouhodobý a krátkodobý klidový stav. Pro měření se bude používat krátkodobý klidový stav, což je režim, ve kterém počítač dosáhl klidového stavu (5 minut po pracovní zátěži, zavádění pracovního systému nebo probuzení z režimu spánku). Obrazovka musí být zapnutá a „neaktivovaly se funkce řízení spotřeby v dlouhodobém klidovém stavu (tj. pevný disk se

točí a počítač nemůže přejít do režimu spánku).“ Hodnota průměrného příkonu v klidovém režimu se označuje $P_{\text{SHORT_IDLE}}$. [42][41]

4.2.2 Vysoké zatížení

4.2.2.1 Aritmeticko-logické výpočty

Aritmeticko-logické výpočty jsou zatížením především pro procesor a jeho součásti, zejména pro ALU (Arithmetic logic unit), ve které se provádějí větší část těchto operací.

Pod pojmem aritmeticko-logické výpočty se skrývá například: sčítání, násobení, bitový posuv, logický součin, negace atd.

Tento stav zatížení bude simulovat volně dostupná aplikace Performance Test (ver. 10.2) od vývojářské firmy PassMark, která se specializuje na vývoj aplikací v oblasti benchmarkingu a utilit. Jde o jeden z nejrozšířenějších programů pro testování PC na světě, kde se může porovnávat přes milion výsledků.

Ke sběru dat pro vysoké zatížení Aritmeticko-logickými výpočty použijeme v daném programu testování CPU. Konkrétně se bude jednat o několik přesně vymezených výpočetních operací v tomto pořadí:

- a) Celočíselná matematika
- b) Floating point
- c) Prime Numbers
- d) Extended Instructions (SSE)
- e) Compression
- f) Encryption
- g) Physics

4.2.2.2 Herní zatížení

Nejspolehlivější metodou, jak zjistit reálnou spotřebu během hraní počítačových her je měřit danou spotřebu přímo v herním zatížení. Bohužel pro samotné testování je téměř nereálné zajistit stejné podmínky pro měření na všech 3 počítačových sestavách. Zejména co se týče proměnlivost

prostředí, kdy projít ve hře stejnou lokaci by se muselo složitě řešit pomocí maker a načítání uložených postupů. Další možnost se nabízela použít jeden ze softwarů specializující se na herní zatížení a zatížení grafických karet. Tyto benchmarky však slouží většinou pouze pro srovnávání jak si sestavy, nebo grafické karty vedly v porovnání s jinými druhy grafických karet. Jako testování zátěže tedy také není příliš vhodný, jelikož u novějších grafických karet dosáhnete sice vyššího skóre než starší grafické karty, ale spotřeba, kvůli malé procentuální zátěži, bude zanedbatelná.

Jako kompromisní řešení pro měření hodnot v herním zatížení se tedy zvolilo Build-in benchmark. Jedná se o režim, kdy ve hře samotné je nainstalovaný benchmark, který slouží primárně pro hráče, kteří hledají kompromis mezi kvalitou a výkonem. V drtivé většině případů to znamená, že hráč si zvolí grafické nastavení hry a místo zdlouhavého načítání si spustí Build-in benchmark, kde zjistí, jestli jím dané nastavení splňuje jeho požadavky mezi kvalitou a počtem FPS.

Tato metoda dokáže nejpřesněji změřit spotřebu energie tří počítačových sestav s různým hardwarem a zároveň dodržet stejné podmínky pro všechny testované sestavy. Důležitým faktor zde hraje grafické nastavení dané hry, kdy všechny sestavy musí do Build-in benchmarku vstupovat se stejným nastavením. Mezi nejnižším a nejvyšším nastavením hry může být rozdíl ve spotřebě někdy i 100 Wattů. Musel se však brát ohled na výkonnost vybraných osobních počítačů, proto byla jako nejlepší řešení zvolena hra Red Dead Redemption 2 z roku 2018, která splňuje požadavky na spotřebu tak použitelnost na všech testovaných sestavách.

Veškerá nastavení s ohledem na zatížení a výkonnost testovaných soustav se nastavilo na druhý nejvyšší stupeň grafického nastavení (Low, Medium, High, Ultra). Testování probíhalo v úseku 2 minut 40 sekund, kdy se každých 10 sekund zapsala naměřená hodnota (W). Měřilo se jednou na každém měřicím přístroji. Z dvou naměřených hodnot se udělal průměr a následná data se promítla do grafu.

4.2.2.3 Editace videa

Jako poslední stav mezi zatížení jsem vybral editaci videa. Tento stav se bude simulovat v programu PCmark 10. Tento software simuluje ty nejběžnější operace aplikací pro úpravy videa jako je rychlý downscaling (použití frameworků k překódování videosouborů do formátu vhodné pro mobilní použití), ostření videa v různých formátech a rozlišení, Dshaking (stabilizace videa).

Po vyhodnocení se zobrazí počet FPS při simulace výše popsaných situacích a další statistické údaje jako je frekvence jádra procesoru teplota komponent nebo i spotřeba energie v průběhu celého měření. Jimi zobrazená spotřeba energie je však pouze orientační a nedá se zahrnout do naměřených hodnot. Pro tuto práci se berou jako stěžejní hodnoty naměřené na přístrojích připojené do zásuvky.

Měření probíhalo po celou dobu průběhu simulace, avšak zápis hodnot probíhal pouze v předem daném časovém úseku. Časový úsek zapisování hodnot byl 1:20 sekund kdy se každých 5 sekund zapsala hodnota spotřeby ze zařízení. Pro velký rozptyl hodnot se měření opakovalo 3x pro každé měřící zařízení, které se následně zprůměrovaly a zpracovaly do tabulek a grafů.

4.3 Osobní počítače

Zde jsou uvedené základní parametry všech tří testovaných osobních počítačů.

4.3.1 PC č.1

PC č.1	
Operační Systém	Windows 10 Home 64-bit
CPU	Intel(R) Core (TM) i5-6400 CPU @ 2.70 GHz Skylake
RAM	16,0GB Dual-Channel DDR4 2133 Mhz
GPU	Dedikovaná – NVIDIA GeForce GTX 1060 3 GB
	Integrovaná – Intel(R) HD Graphics 530 1 GB
Základní deska	B150M MORTAR (MS-7972) (U3E1)
Úložiště	111 GB KINGSTON SHFS37A120G (SATA-3 (SSD))
	1863 GB Seagate ST2000DM006-2DM164 HDD
PSU	Seasonic M12II-520 Evo, 520 W, 80+ Bronze

Tabulka 2: Parametry PC č.1
Zdroj: [vlastní tvorba]

4.3.2 PC č.2

PC č.2	
Operační Systém	Windows 10 Home 64-bit
CPU	Intel(R) Core (TM) i7-4790 CPU @ 3.60 GHz
RAM	16,0 GB Dual-Channel DDR3 @ 1600 MHz
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1080 8 GB
Základní deska	ASRock Z97 Anniversary
Úložiště	1863 GB Seagate ST2000DM006-2DM164 HDD
	223,6 GB KINGSTON SA400S37240G (SSD)
PSU	Seasonic Focus Plus 650 Gold 650 W, 80+ GOLD

Tabulka 3: Parametry PC č.2

Zdroj: [vlastní tvorba]

4.3.3 PC č.3

PC č.3	
Operační Systém	Windows 10 Home 64-bit
CPU	Intel Core i5 4460 @ 3.20 GHz, Haswell 22nm Technology
RAM	16,0 GB Dual-Channel DDR3 @ 799 MHz
GPU	NVIDIA GeForce GTX 960 4 GB (Gigabyte)
Základní deska	ASRock H87 Performance (CPU Socket)
Úložiště	111 GB KINGSTON SV300S37A120G (SATA-2 (SSD))
	931 GB Western Digital WDC WD10EZEX-00WN4A0 (SATA)
	149 GB Seagate ST3160812AS (SATA)
PSU	Seasonic M12II-520 Evo, 520 W

Tabulka 4: Parametry PC č.3

Zdroj: [vlastní tvorba]

5 Výsledky a diskuse

Vyhodnocování výsledků bylo provedeno na základě srovnání naměřených hodnot. Tyto hodnoty se pro větší přehlednost promítly do grafů, které nejlépe ilustrují vývoj spotřeby v daném časovém úseku, kdy probíhalo měření.

Následně se u naměřených hodnot sledovala průměrná hodnota spotřeby, nejvyšší a nejnižší naměřená hodnota v daném časovém úseku. U vyhodnocování stavu vysokého zatížení se následně porovnávala průměrná hodnota s hodnotami naměřenými v klidovém stavu vybraného počítače. Při vyšších amplitudách se do následného porovnání zahrnuly maxima a minima.

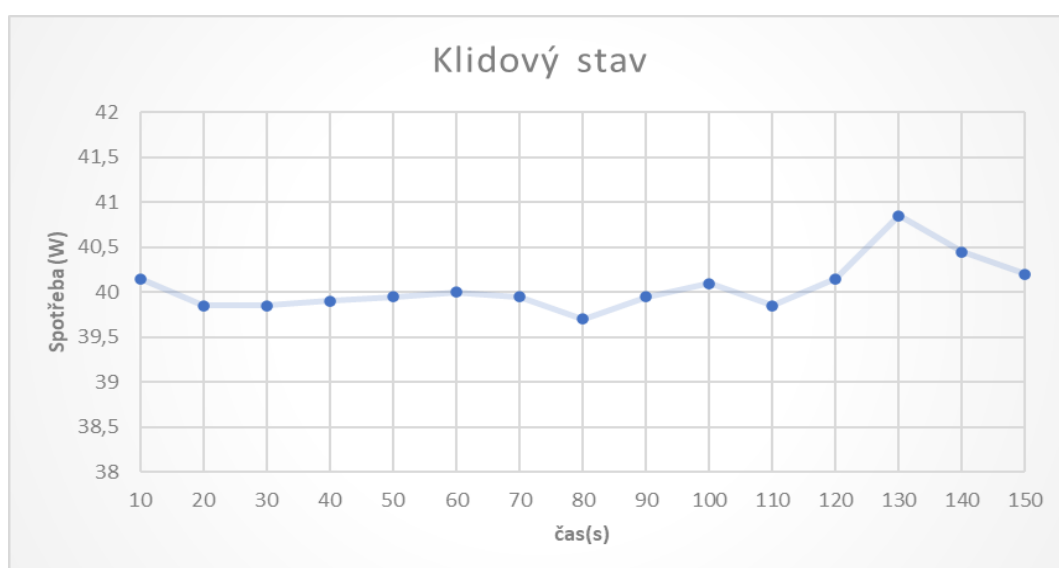
Dále se porovnaly vybrané osobní počítače mezi sebou v daných stavech. Na základě výsledků byla navržena konkrétní optimalizační opatření.

5.1 Osobní počítač č.1

5.1.1 Klidový stav

Tento graf ilustruje spotřebu osobního počítače č.1 v klidovém stavu. Spotřeba se za celou délku měření pohybovala v rozmezí možné odchylky přístroje, která se uvádí maximálně 2 W. Celkový průměr naměřený průměr činil 40 W.

Nejvyšší průměrná naměřená hodnota v rámci měření byla 40,85 W a nejnižší průměrná hodnota byla 39,7 W. Jedná se tedy o stabilní spotřebu bez větších výkyvů ve spotřebě energie.



Obrázek 5: graf zobrazující průběh spotřeby v čase v klidovém stavu

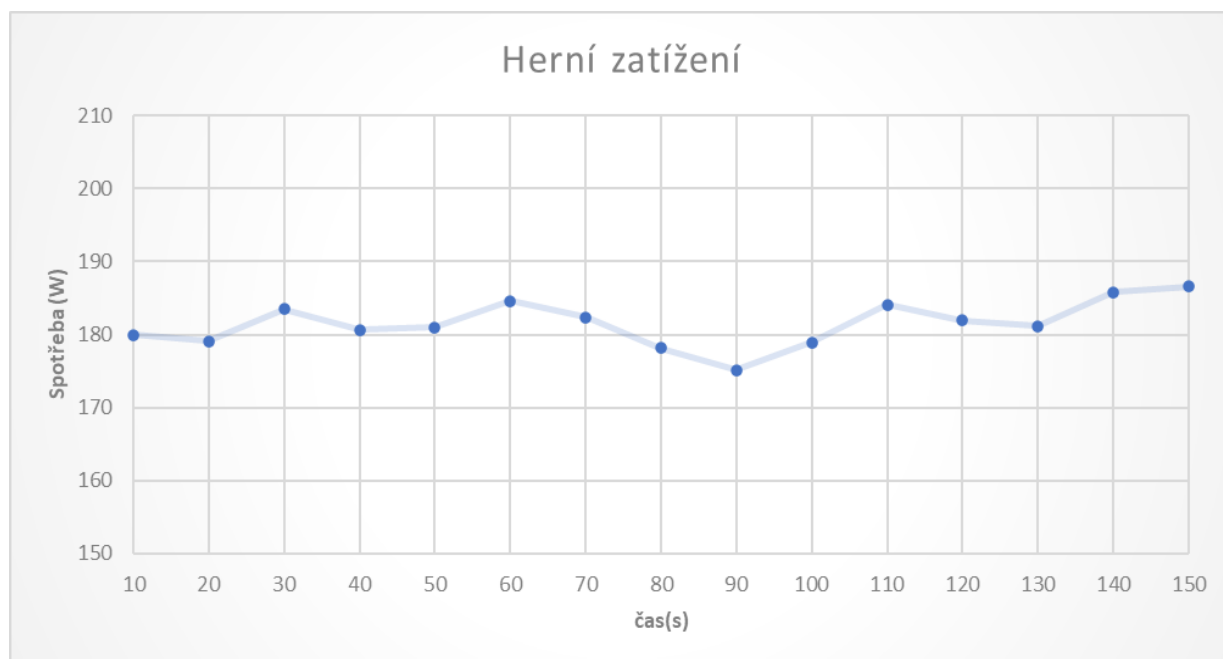
Zdroj: [vlastní tvorba]

Pro přehlednost naměřených hodnot jsou jednotky na ose spotřeby číslovány po půl bodu. Časová osa zůstává zachována.

5.1.2 Vysoké zatížení

5.1.2.1 Herní zatížení

Herní zatížení mělo ze všech měření ve vysokém zatížení nejvyšší odběr elektrické energie, kdy se zprůměrované hodnoty pohybovaly v rozmezí od 175,15 W až po 187,95 W. Graf (číslo grafu) ilustruje, jak se vyvíjela spotřeba energie v čase. Naměřené hodnoty byly vysoké a stabilní, bez výraznějších výkyvů v odběru elektrické energie. Průměrná hodnota v časovém úseku byla 181,9 W. Hodnoty se zapisovaly každých 10 sekund po dobu 2 minut a 30 sekund.



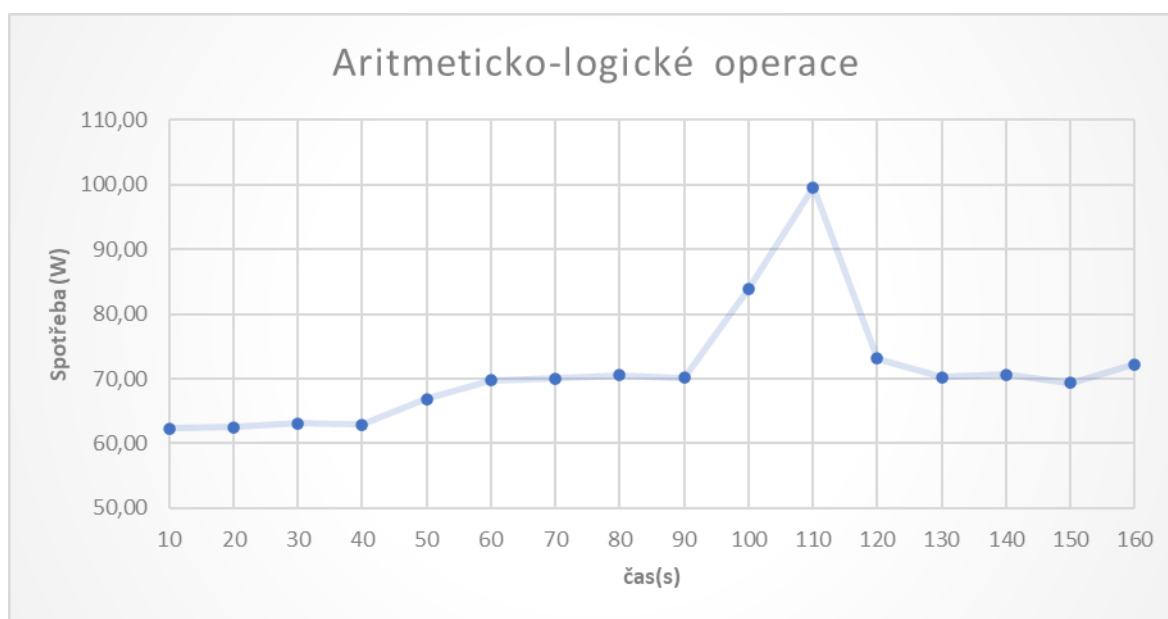
Obrázek 6: graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení

Zdroj: [vlastní tvorba]

V porovnání s klidovým stavem se jedná o nárůst v průměru o 140 W, v procentech se jedná o nárůst 350 %. S nejvyšší naměřenou hodnotou se i vzhledem k stabilitě spotřeby energie při herním zatížení jedná pouze o nárůst v jednotkách Wattů v porovnání s průměrnou hodnotou popisovanou výše.

5.1.2.2 Aritmeticko-logické operace

Nejnižší naměřené hodnoty, co se týče spotřeby energie při vysokém zatížení, měl osobní počítač č.1 v rámci Aritmeticko – logických operací, kdy se hodnoty pohybovaly v rozpětí od 62,3 W do 99,7 W. V první části grafu se konkrétně testovalo zatížení operacemi jako Celočíslné výpočty, Floating point, operace s prvočíslly a Extended instructions. V tomto zatížení se spotřeba pohybovala v rozmezí 60 až 70 W. Nejvyšší spotřeba energie se zaznamenala v časovém úseku od 90 sekundy po 120 sekundu při kompresi (Compression), kdy spotřeba stoupla o více jak 30 W na hodnoty pohybující se mezi 90 a 100 W. Při výpočetních operacích typu Encryption (kódování) a Physics se hodnoty vrátily na rozmezí 70 W.



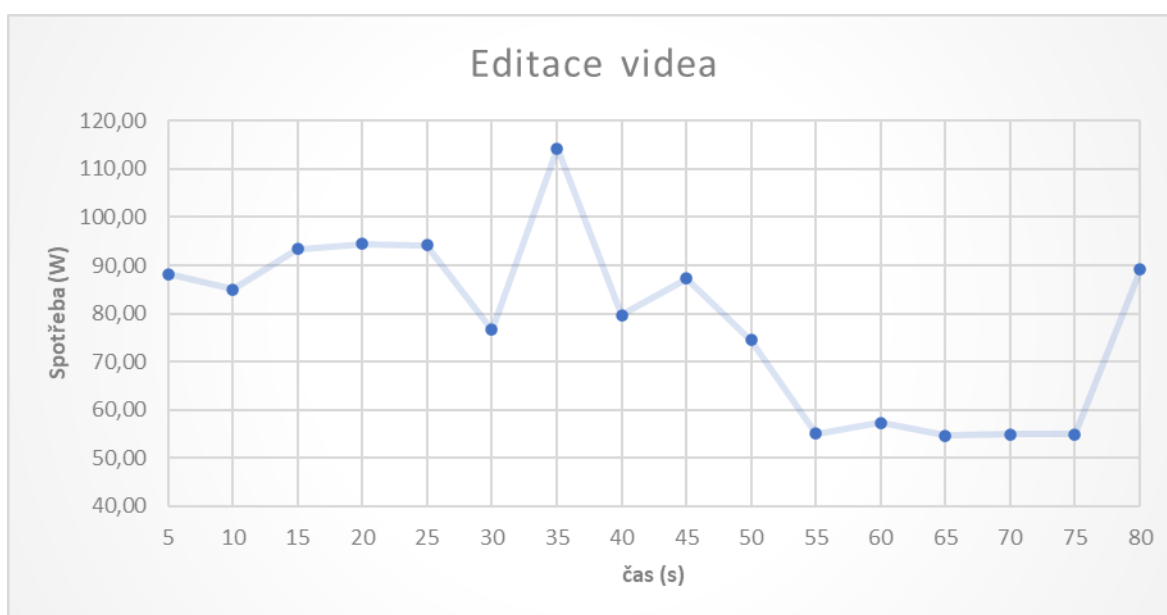
Obrázek 7: graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.1
Zdroj: [vlastní tvorba]

V rámci porovnání s klidovým stavem stoupla spotřeba v rámci Aritmeticko-logických výpočtů v průměru o 30 W v přepočtu na procenta se jedná o 75 % nárůst spotřeby energie.

V nejvyšší naměřené hodnotě se jedná o vzestup zhruba o 60 W v procentech o 150 % více.

5.1.2.3 Editace videa

V rámci měření editace videa je na grafu níže vidět největší amplituda u měření spotřeby energie. Průměrná hodnota naměřená je 78,33 W což by vzhledem k spotřebě v klidovém stavu byl nárůst zhruba o 95 %. Vzhledem k již zmíněné amplitudě, která dosahuje 60 W se jedná o ne příliš přesný údaj. Maximální průměrná naměřená hodnota 114 W byla naměřena v 35 sekundě a nejnižší 54 W v sekundě 75.

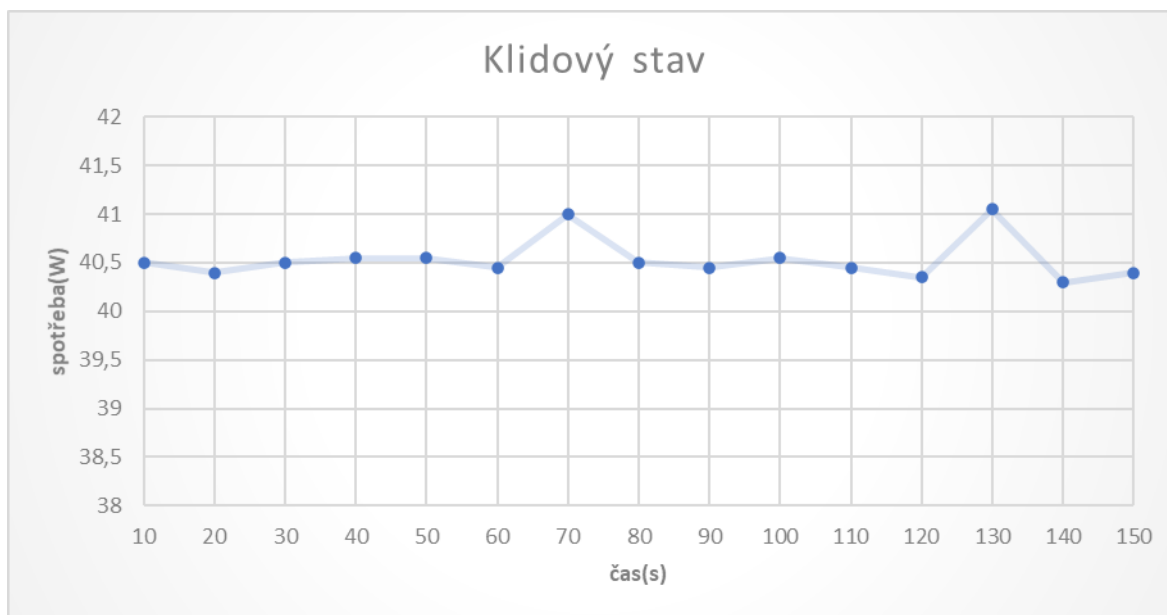


Obrázek 8: graf zobrazující průběh spotřeby při editaci videa u PC č.1
Zdroj: [vlastní tvorba]

5.2 Osobní počítač č.2

5.2.1 Klidový stav

V klidovém stavu se hodnota u stolního počítače č.2 pohybovala se v rozmezí od 40,4 W po 41,1 W. Průměrná hodnota v měřeném úseku činila 40,5 W. Naměřené hodnoty se pohybují v mezích statistické odchylky udávané výrobcí obou měřících zařízení. Pozn. (2 hodnoty vybočující o zhruba 0,5 W z téměř totožných hodnot naměřené v 70 a 130 sekundě může být také důsledek jemným posunutím kurzoru, nebo změnou čase na obrazovce.)

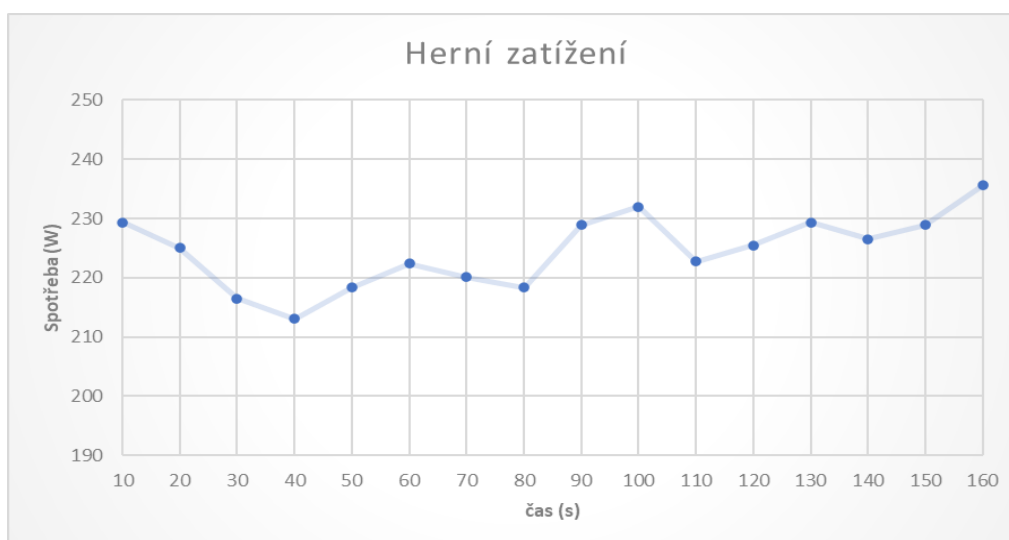


Obrázek 9: graf zobrazující průběh spotřeby v klidovém stavu u PC č.2
Zdroj: [vlastní tvorba]

5.2.2 Vysoké zatížení

5.2.2.1 Herní zatížení

Osobní počítač č. 2 měl v herním zatížení nejvyšší naměřené hodnoty v rámci ostatních měření na tomto počítači. V rámci měření však amplituda nedosahovala takového rozsahu jako u ostatních měření. Průměrné naměřené hodnoty v časovém úseku 150 sekund se pohybují od 213 W po 235 W. Průměrná spotřeba v měřeném úseku je 224,5 W.

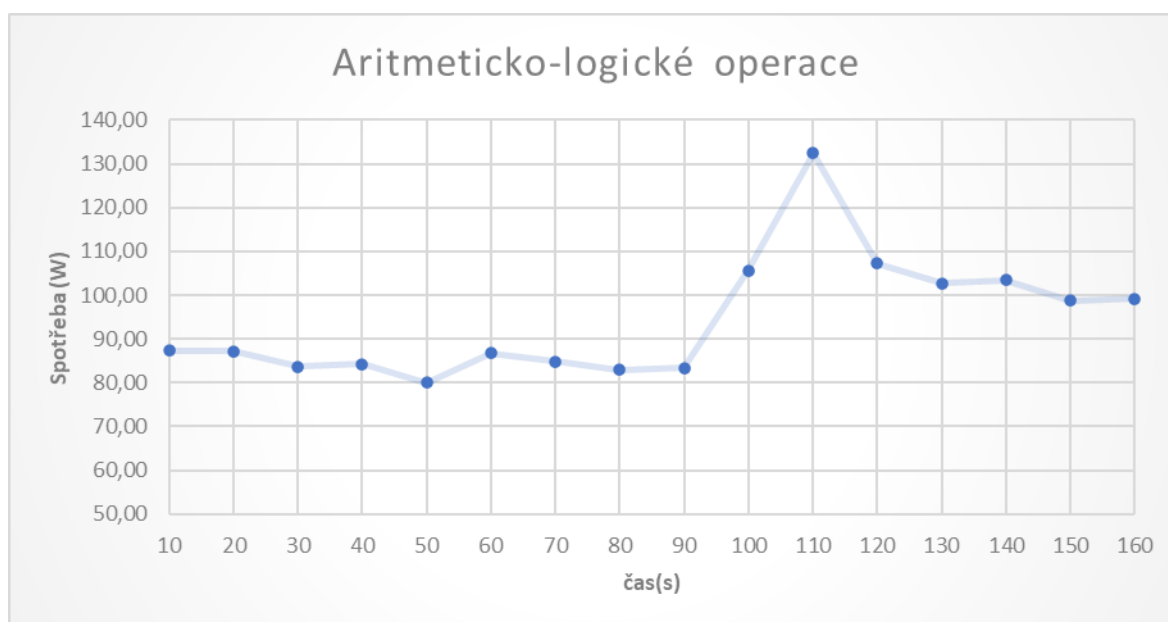


Obrázek 10: graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení u PC č.2
Zdroj: [vlastní tvorba]

V porovnání s klidovým stavem toho počítače stoupla hodnota spotřeby energie o 446 % to je o 183 W více. V nejvyšším průměrném zatížení stoupla hodnota o 194 W a v nejnižším o 172 W. Lze tedy konstatovat, že se jedná o několikanásobný vzestup spotřeby energie v daném časovém úseku. I přes nejvyšší naměřeným vzestup hodnot v rámci všech měření však nelze tvrdit, že se jedná o věc špatnou.

5.2.2.2 Aritmeticko-logické operace

Aritmeticko-logické výpočty u osobního počítače č. 2 měli podobně jako u osobního počítače č.1 nejnižší hodnoty spotřeby. Průběh zde je také velice podobný. Měřené hodnoty se pohybovaly zhruba v mezích od 80 W až po 132 W. Průměrná hodnota v měřeném úseku činí 94,3 W. V první části grafu, kdy probíhaly testy na Integer Math (Celočíselné výpočty), Floating point, Prime Numbers, a Extended instructions se hodnota spotřeby držela v intervalu od 80 do 90 W. Při testování Compression (Kompresce dat) ukazatel spotřeby stoupl na hodnoty pohybující se okolo 130 W. Při testování encryption a Physics se hodnoty ustálily v rozmezí od 110 W po 100 W.

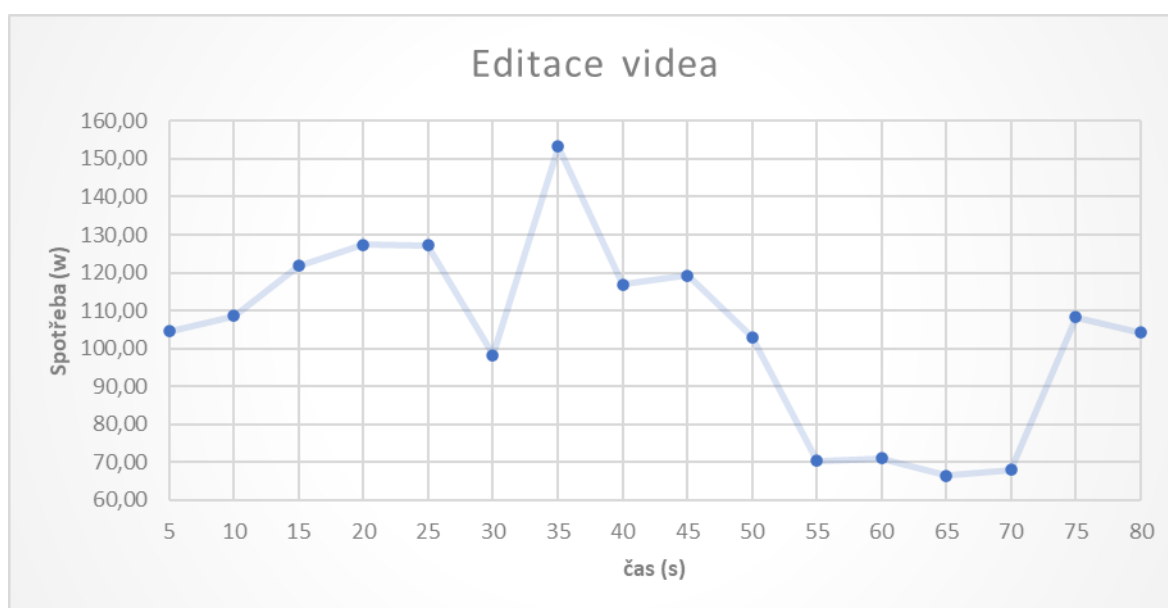


Obrázek 11: graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.2
Zdroj: [vlastní tvorba]

Při porovnání s klidovým stavem se hodnoty zvedly v průměru o 53 W (vyjádřeno v procentech se jedná o nárůst 129 %). Velké rozdíly jsou však v průměrných maximálních a minimálních hodnotách, kdy při maximální spotřebě 132 W stoupne o 91 W v procentech nárůst už o 232 %. V nejnižší naměřené hodnotě je vzestup jen o 39 W. Nejedná se tedy ani o dvojnásobný nárůst (95 %).

5.2.2.3 Editace videa

U osobního počítače č. 2 se amplituda spotřeby pohybovala zhruba okolo 80 W. Průměrná hodnota v časovém úseku byla 104,24 W. Nejvyšší průměrná naměřená hodnota činila 153 W a nejnižší průměrná naměřená hodnota 66 W. Jedná se o nejvyšší naměřený rozdíl ve spotřebě v daném časovém úseku na osobním počítači č. 2.



Obrázek 12: graf zobrazující průběh spotřeby při editaci videa u PC č.2

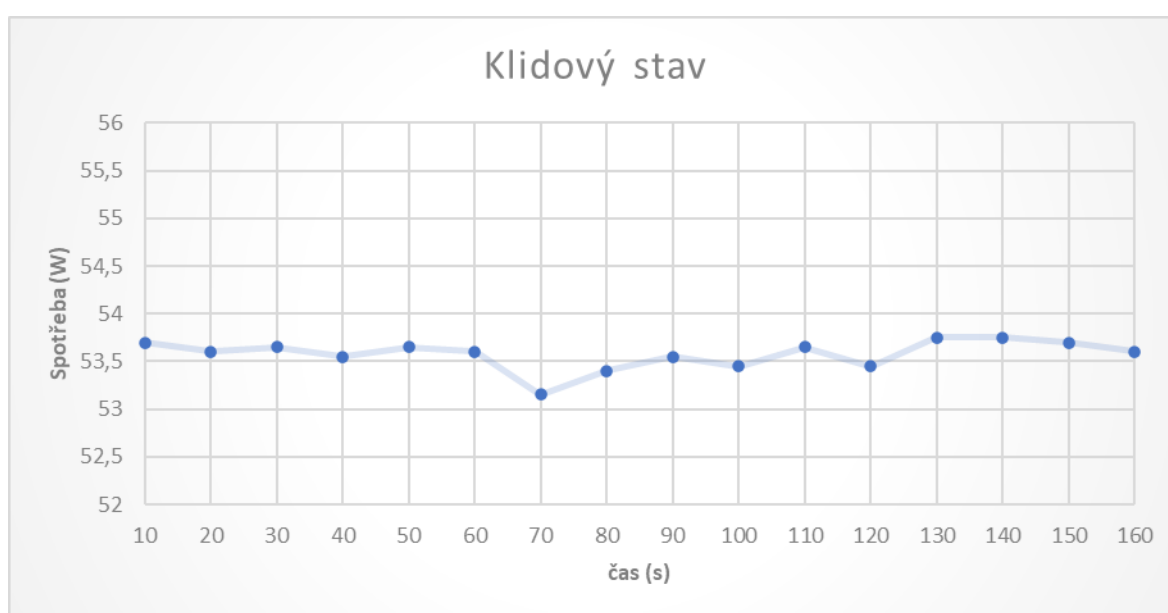
Zdroj: [vlastní tvorba]

Porovnání s průměrnou hodnotou v klidovém stavu se jedná o průměrný nárůst o 63 W. v procentech o 153 %. Vzhledem k rozdílu mezi maximem a minimem se jedná pouze o hodnotu orientační. V maximální hodnotě se jedná o vzestup vůči klidovému stavu o 112 W (173 %) v minimální byl nárůst 25 W což je nárůst o 66 %.

5.3 Osobní počítač č.3

5.3.1 Klidový stav

Z níže uvedeného grafu lze vypočítat, že u počítačové sestavy č.3 se naměřené hodnoty v klidovém stavu pohybovaly v rozmezí od 53,1 W po 53,7 W. Rozptyl hodnot je v desetínách Wattů. Jedná se o velice stabilní stav, který je v mezích statistické chyby obou měřících zařízení. Celková průměrná hodnota v úseku měření je 53,5 W.

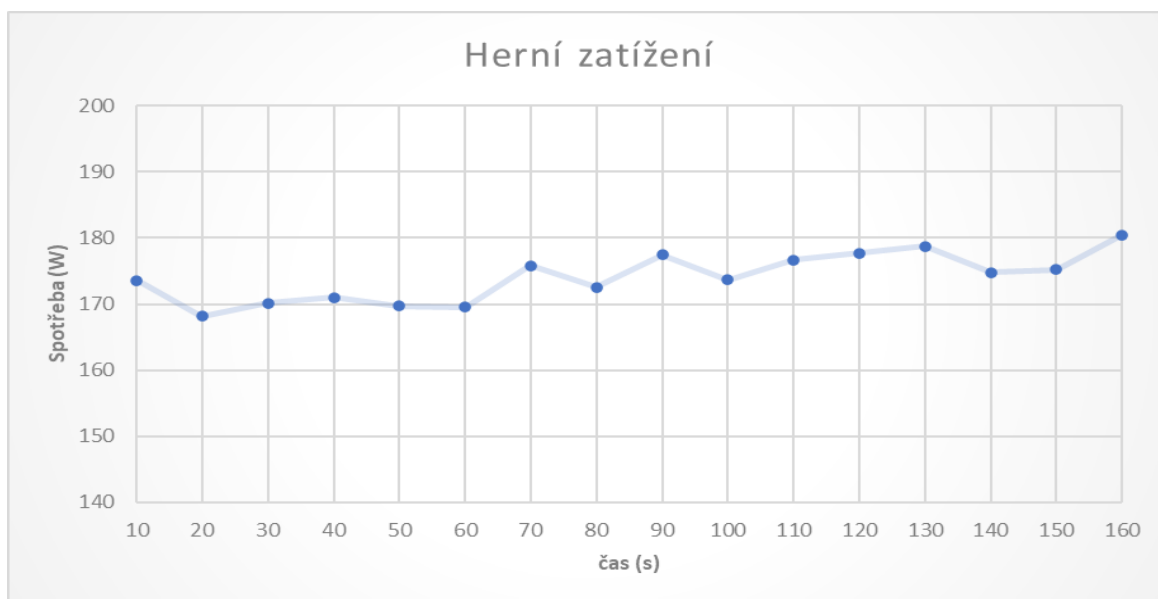


Obrázek 13: graf zobrazující průběh spotřeby v klidovém stavu u PC č.3
Zdroj: [vlastní tvorba]

5.3.2 Vysoké zatížení

5.3.2.1 Herní zatížení

V měřeném úseku se průměrné hodnoty spotřeby pohybovaly v rozmezí od 169 W po 180 W. Jedná se o stabilní vysokou spotřebu. Celková průměrná hodnota naměřená v daném časovém úseku byla 174 W.

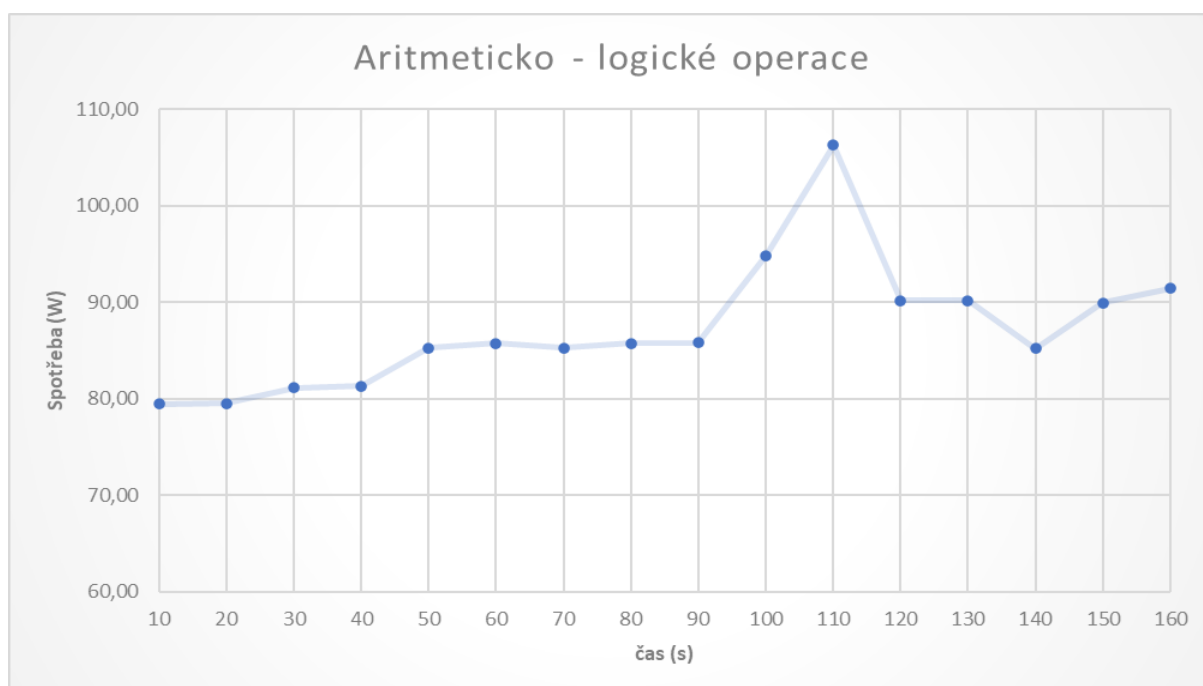


Obrázek 14: graf zobrazující průběh spotřeby při herním zatížení u PC č.3
Zdroj: [vlastní tvorba]

Při porovnání s klidovým stavem se jedná o nárůst o 121 W v procentech o je navýšení o 228 %. Malý rozptyl hodnot je znát i na maximech a minimech měřených hodnot. Nejvyšší průměrná maximální naměřená hodnota byla vyšší oproti klidovému stavu o 127 W (229 %) a minimální 116 W. Rozdíl mezi maximem a minimem je 11 W.

5.3.2.2 Aritmeticko-logické zatížení

Průběh měření Aritmeticko-logických výpočtů počítače č.3 prakticky kopíruje měření na dvou předešlých sestavách s výjimkou vyšší spotřeby než u editace videa. Průměrné naměřené hodnoty v konkrétním časovém úseku se pohybovaly zhruba od 79 W až po 107 W. Celková průměrná hodnota činí 87,3 W. První část měření do zhruba 90 sekundy, která obsahovala testy na Integer Math (Celočíselné výpočty), Floating point, Prime Numbers, a Extended instructions se hodnota spotřeby držela v intervalu od 80 do 90 W. V úseku měření od 100 sekundy do 120 sekundy při Compression operacích se průměrná hodnota dostala až na 106 W. V dalším průběhu při testování encryption a Physics hodnoty klesly zhruba na hranici 90 W.

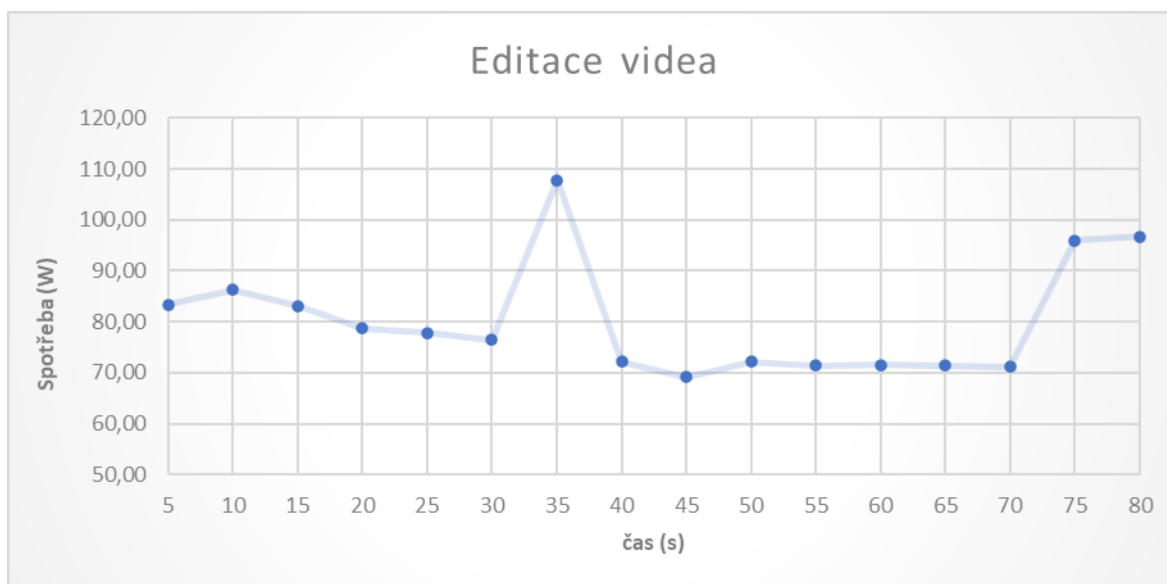


Obrázek 15: graf zobrazující průběh spotřeby při aritmeticko-logických operacích u PC č.3
Zdroj: [vlastní tvorba]

Vůči klidovému stavu se hodnoty při testování aritmeticko-logických výpočtů zvedly průměrně o 34 W (64 %) Maximální průměrná hodnota v rámci měření se zvedla o 53 W (100 %) a minimální o 28 W (52 %).

5.3.2.3 Editace videa

U zatížení editací videa u osobního počítače č.3 jsou hodnoty v měřeném časovém úseku stabilní až na dva body v 35 sekundě, kdy se spotřeba skokově zvýšila o zhruba 30 W a od 75 sekundy, kdy se průměrná spotřeba zvedla k hodnotě 100 W. Průměrné naměřené hodnoty se pohybovaly v intervalu od 70 W až po 107 W. Celková průměrná hodnota byla 80 W.



Obrázek 16: graf zobrazující průběh spotřeby u editace videa u PC č.3
Zdroj: [vlastní tvorba]

V porovnání s klidovým stavem u osobního počítače č.3 se průměrná spotřeba zvedla o 27 W (50 %). Velké rozdíly jsou v průměrných maximech a minimech. Průměrná maximální hodnota se zvedla ve srovnání s klidovým stavem o 54 W (100 %). Průměrná minimální se zvedla pouze o 16 W (30 %). Rozdíl mezi maximem a minimem činí 38 W.

5.4 Porovnání

Spotřebu u klidového stavu u všech počítačových sestav určují zejména komponenty. Nejvyšší spotřebu má počítač č.3 zhruba o 10 W než zbývající 2 měřené sestavy. Jako hlavní důvod by se dal označit starší komponenty, které za běžného provozu mají větší spotřebu než novější modely.

U počítače č.2 si můžeme všimnout i přes nejvýkonnější komponenty srovnatelnou spotřebu se stanicí č.1. Rozdíl dělá účinnost zdroje. Zatímco sestava č.1 má účinnost pouze 80+ Bronze, sestava č.2 disponuje účinností 80+ Gold.

Při herním zatížení nejvyšší spotřebu měla jednoznačně sestava č.2. To je dáno nejvýkonnějším hardwarem zejména grafickou kartou, která je v tomto režimu zatěžována nejvíce. Sestava měla ze všech tří testovaných největší rozdíly mezi průměrnou maximální a minimální hodnotou. Tento stav nastal zejména kvůli velkým výkonostním rozdílům jednotlivých komponent. Sestava č.2 a 1 měli

téměř totožnou spotřebu i přes rozdíl jedná generace v hardwaru. Vyhnuli se také velkým výkyvům ve spotřebě díky konzistentnosti hardwaru.

U aritmeticko-logických výpočtů se největší důraz klade na procesor a jeho výpočetní výkon. Nejvyšší spotřeby dosáhl za cenu vyššího výkonu počítač. č.2.

Druhou nejvyšší spotřebu měl počítač č.3 i přes nižší výpočetní výkon jeho komponent. To ukazuje, že novější komponenty jsou efektivnější, co se týče úspory energií, bez výrazného dopadu na výpočetní výkon.

V rámci editace videa byly u všech osobních počítačů vysoké rozdíly mezi průměrnými maximy a minimy. U všech se jednalo o několik desítek Wattů. Nejvyšší spotřebu měla sestava č.2. Rozdíl byl jako u všech vysokých zatížení zhruba o 30 %. Nejnižší spotřebu měla sestava č.3 kde nedocházelo téměř k žádným výkyvům ve spotřebě.

5.5 Návrh optimalizačních řešení

5.5.1 Zdroj

Jako nejdůležitější součást pro optimalizaci spotřeby energie je investice do co možná nejkvalitnějšího zdroje. Čím výkonnější počítač, tím by měl mít zdroj procentuálně vyšší účinnost. Jako absolutní nutnost je při pořizování nového zdroje certifikační známka 80 Plus. U zdrojů s touto certifikací je garantována ztrátovost elektrické energie přeměnou na teplo menší než 20 % Pro výkonnější sestavy by zdroje měli být opatřeny známkou 80 Plus Gold a výše (Platinum, Titanium).

5.5.2 Materiál

Toto platí zejména pro grafické karty, kdy levnější grafické karty se stejným čipem jsou zpracovávány z levnějších materiálů. Díky těmto materiálům dochází ke špatnému odvodu tepla a zahřívání grafické karty, což vede nejen k nárůstu spotřeby celé počítačové sestavy vzhledem k nutnosti nadbytečné teplo odvést, ale i k degradaci daných materiálů v čase na grafické kartě.

5.5.3 Vypínat zdroj

Na obou měřících přístrojích po ukončení měření a vypnutí PC si zdroj stále odebírá elektřinu. Jedná se spotřebu v nižších jednotkách (obvykle 2-5 W). Pro optimalizaci je vhodné po softwarovém vypnutí PC, vypnout i napájení u zdroje. Z dlouhodobého hlediska se může jednat o solidní krok k optimalizace spotřeby.

5.5.4 Rozlišení

Velký rozdíl u spotřeby je rozlišení obrazovky. Doporučení je zde hledat kompromis mezi počtem vykreslovaných pixelu a kvalitou. S počtem bodů nutných k vykreslení stoupá energetická náročnost počítače. Např. v herním zatížení po změně rozlišení z 1980x1080

Na 2 K (2048×1080) stoupla spotřeba zhruba o 15 %.

6 Závěr

Bakalářská práce se zaměřila na analýzu energetické náročnosti počítače. Hlavním cílem bylo zhodnotit a analyzovat spotřebu energie osobního počítače. Následně porovnat jednotlivé sestavy s různou výkonností a navrhnout optimalizační řešení pro co nejmenší spotřebu.

Z výsledků měření tedy logicky vyplynulo, že se zvýšením zatížení roste i spotřeba elektrické energie (viz kap. 5.4 Porovnání). Tato skutečnost je ale ovlivněna několika důležitými faktory. Mezi tyto faktory patří kvalitní napájecí zdroj, kdy zdroj bez certifikace měl i při běžném režimu neúměrně větší spotřebu vůči osobním počítačům, které měli zdroj opatřený certifikací 80+. Svoji roli zde však pravděpodobně sehrálo i stáří daných komponent a tím se dostáváme k dalšímu důležitému faktoru, který ovlivňuje spotřebu elektrické energie, a tím je stáří komponent. Zde také platí jednoduchá rovnice, která říká, čím starší, tím energeticky náročnější (viz kap. 5.4 Porovnání). V dnešní době, kdy každý rok vychází nové generace elektroniky do osobních počítačů, a dle teoretických výstupů práce je každá generace nové elektroniky o něco šetrnější k životnímu prostředí. [44]

Tudíž v rámci optimalizačních řešení, která vyplynula z vlastního měření byly očekávaná, jelikož se vesměs jedná o nejčastější řešení, jak snížit spotřebu osobního počítače z důvodu největší účinnosti daných optimalizačních opatření (viz kap. 5.5 Návrh optimalizačních řešení). Je zde také určitá rezerva, kdy je možné spotřebu více snížit, jednalo by se ale také o snížení komfortu použitelnosti (viz kap. 3.2.3 Softwarové řešení).

Dá se tedy konstatovat, že cíle bakalářské práce byly naplněny, kdy hlavní cíl byl detailní analýza energetické náročnosti osobního počítače a jako dílčí cíle porovnání různě výkonných počítačových sestav daném zatížení. Následně bylo navrženo optimalizační řešení.

7 Seznam použitých zdrojů

1. **Bourassa, N., Mai, J., Shehabi, A., & Mills, N.** *Green Gaming: Energy Efficiency without Performance Compromise*. 2018.
2. **Marková, Kateřina.** Uvedení do studia životního prostředí. *ENVIMOD*. [Online] 2014. http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/32e_final_tisk.pdf.
3. **Ministerstvo životního prostředí.** *Státní politika životního prostředí České republiky 2030*. [Online] 2021. [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/\\$FILE/OPZPUR-statni_politika_zp_2030_s_vyhledem_2050-20210730.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/$FILE/OPZPUR-statni_politika_zp_2030_s_vyhledem_2050-20210730.pdf).
4. **Vladislav Smrž, Anna Pasková, Jaroslav Kepka, Markéta Linxová, Lucie Hanišová, Helena.** Státní politika životního prostředí České republiky 2030. *Ministersvo životního prostředí*. [Online] 11. 01 2021. [Citace: 23. 08 2021.] [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/\\$FILE/OPZPUR-statni_politika_zp_2030_s_vyhledem_2050-20210730.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/$FILE/OPZPUR-statni_politika_zp_2030_s_vyhledem_2050-20210730.pdf). 978-80-7212-648-
5. **Mezinárodní smlouvy v oblasti životního prostředí.** *Ministersvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 22. 08 2021.] https://www.mzp.cz/cz/mezinarodni_smlouvy.
6. **Státní politika životního prostředí.** *Ministersvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 17. 8 2021.] https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotního_prostredi.
7. **Kjótský protokol .** *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 21. 08 2021.] https://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol.
8. **Životní prostředí a změna klimatu.** *EUR-Lex*. [Online] [Citace: 21. 8 2021.] https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/environment.html?locale=cs&root_default=SUM_1_CODED%3D20
9. **LUXOR HASHPRICE INDEX.** *HASRATE INDEX*. [Online] [Citace: 18. 8 2021.] <https://hashrateindex.com/coins/bitcoin>.
10. **FRANKENFIELD, JAKE.** Cryptocurrency Difficulty. *Investopedia*. [Online] 26. 7 2021. [Citace: 18. 8 2021.] <https://www.investopedia.com/terms/d/difficulty-cryptocurrencies.asp>.
11. **ČTK.** Bitcoin jako energetický žrout. *e15*. [Online] 10. 2 2021. [Citace: 19. 8 2021.] <https://www.e15.cz/kryptomeny/bitcoin-jako-energeticky-zrout-rocne-spotrebuje-dvakrat-vice-elektriny-nez-cele-cesko-1377849#>.

12. Strouhal, Jan. Graf týdne. *Forbes*. [Online] 10. 2 2021. [Citace: 19. 8 2021.] <https://forbes.cz/graf-tydne-spotreba-energie-pro-tezbu-bitcoinu-uz-je-vyssi-nez-celeho-ceska/>.
13. Kalagobe, Tumisang Laurel. *Energy recovery system for cryptocurrency mining activities using a GPU rig*. 2019.
14. Covington, Josh. 14 Power Supply Efficiency. *Micro*. [Online] 12. 6 2020. [Citace: 20. 8 2021.] <https://www.velocitymicro.com/blog/what-is-psu-efficiency-and-why-is-it-important/>.
15. Energetika. *EUROSKOP*. [Online] [Citace: 20. 8 2021.] <https://www.euroskop.cz/8950/sekce/energetika/>.
16. Computers. *Energystar*. [Online] [Citace: 29. 8 2021.] https://www.energystar.gov/products/office_equipment/computers.
17. About ENERGY STAR. *ENERGYSTAR*. [Online] [Citace: 30. 8 2021.] <https://www.energystar.gov/about?s=footer&s=footer>.
18. Computer and Keyboards. *BLUE ANGEL*. [Online] [Citace: 30. 8 2021.] <https://www.blauer-engel.de/en/products/electric-devices/computers-and-keyboards>.
19. Vypočetní technika. *Ministersvo životního prostředí*. [Online] 14. 3 2018. [Citace: 30. 8 2021.] [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/setrna_verejna_sprava/\\$FILE/OFDN-List_1_Vypocetni_technika-20180314.pdf.002.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/setrna_verejna_sprava/$FILE/OFDN-List_1_Vypocetni_technika-20180314.pdf.002.pdf).
20. Víte, jaký zvolit počítačový zdroj. *LEVNApc*. [Online] 4. 9 2020. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.levnappc.cz/pc-zdroje-pocitacove-navod-pripojeni.html>.
21. Uhlíková stopa. *Snizujemeco2*. [Online] [Citace: 19. 8 2021.] <https://snizujemeco2.cz/cs/uhlikova-stopa>.
22. TCO Certified — like an ecolabel but so much more. *tcocertified*. [Online] [Citace: 30. 8 2021.] <https://tcocertified.com/tco-certified/>
23. Environmentální značení. *ekoznacka*. [Online] [Citace: 2021. 8 29.] <https://ekoznacka.cz/environmentalni-znaceni>.
24. Klasických pevných disků ubývá. *ITBIZ*. [Online] 29. 3 2021. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.itbiz.cz/tiskove-zpravy/klasickyh-pevnych-disku-ubyva-ale-jen-pomaluu>.

25. Vypnutí, usnutí nebo hibernace počítače. *Microsoft*. [Online] [Citace: 24. 8 2021.] <https://support.microsoft.com/cs-cz/windows/vypnut%C3%AD-usp%C3%A1n%C3%AD-nebo-hibernace-po%C4%8D%C3%ADta%C4%8De-2941d165-7d0a-a5e8-c5ad-8c972e8e6eff>.
26. Co je to funkce C-State? *Dell*. [Online] 21. 2 2021. [Citace: 19. 8 2021.] <https://www.dell.com/support/kbdoc/cs-cz/000060621/co-je-to-funkce-c-state>.
27. Kupský, Petr. Spotřeba a teplota HDD. *PC tuning*. [Online] 19. 8 2019. [Citace: 18. 8 2021.] <https://pctuning.cz/article/test-peti-3tb-a-4tb-pevnych-disku-jak-si-vedou-soucasne-hdd?chapter=16>.
28. Vítek, Jan. Trh s HDD se mění a dodávky jdou prudce dolů. *Svět Hardware*. [Online] 16. 4 2020. [Citace: 17. 8 2021.] <https://www.svethardware.cz/trh-s-hdd-se-meni-a-dodavky-jdou-prudce-dolu/51825>.
29. Mills, Nathaniel Mills & Evan. *Taming the energy use of gaming computers*. 2015.
30. CENIA. *Životní prostředí – prostředí každého z nás*. 2009. 978-80-85087-71-0.
31. Vodní chlazení: koho obšťastní a koho naopak potrápí? *Alza*. [Online] 17. 5 2018. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.alza.cz/vodni-chlazení-vyhody-a-nevyhody>.
32. Spotřeba počítače: kvalitní a efektivní chladiče pomáhají. *nazeleno*. [Online] 16. 4 2009. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.nazeleno.cz/bydlení/usporné-spotřebice/spotřeba-pocitace-kvalitni-a-efektivni-chladice-pomahaji.aspx>.
33. Müllerová, Monika. *Člověk a prostředí*. Olomnouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. 978-80-244-2447-7.
34. Úspory energie. *NKÚ*. [Online] 10 2016. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.nku.cz/assets/publikace-a-dokumenty/ostatni-publikace/uspory-energie-intosai-wgea-2017.pdf>.
35. Ministerstvo životního prostředí. *Pařížská dohoda*. [Online] [Citace: 20. 8 2021.] https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda.
36. Kit vodního chlazení. *pctuning*. [Online] 16. 2 2016. [Citace: 20. 8 2021.] <https://pctuning.cz/article/kit-vodniho-chlazení-magicool-tise-a-levne-v-roce-2016?chapter=7>.

37. CHLAZENÍ V POČÍTAČI. *ssph*. [Online] [Citace: 28. 8 2021.]
https://www.ssph.cz/vyuka/wp-content/uploads/2020/03/chlazení_pc.pdf.
38. 17/1992 Sb. Zákon o životním prostředí Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © [cit. 11.02.2022].
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-17>
39. Bitcoin Energy Consumption Index. *DIGICONOMIST*. [Online] [Citace: 25. 8 2021.]
<https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/>.
40. Professional Data Service for Global Blockchain Enthusiasts. *btc*. [Online] [Citace: 25. 8 2021.] <https://btc.com/>.
41. Rozhodnutí Komise (EU) 2015/1402 ze dne 15. července 2015, kterým se stanoví postoj Evropské unie k rozhodnutí řídicích subjektů na základě Dohody mezi vládou Spojených států amerických a Evropskou unií o koordinaci programů označování energetické účinnosti kancelářských přístrojů štítky o revizi specifikací počítačů v příloze C uvedené dohody (Text s významem pro EHP)
42. ČSN EN 62623: Stolní a přenosné počítače – Měření energetické spotřeby. Praha: ÚNMZ, 2013
43. Kryptoměny lidskou řečí: Co je a jak funguje Bitcoin. *letemsvetemapple*. [Online] 6. 3 2021. [Citace: 25. 8 2021.] <https://www.letemsvetemapple.eu/2021/06/30/kryptomeny-lidskou-rci-co-je-a-jak-funguje-bitcoin/>.
44. The quest for sustainable consumer electronics: It's not easy being green. *protocol*. [Online] 12. 3 2022. [Citace: 13. 3. 2022.] <https://www.protocol.com/sustainable-electronics-green-gadgets>
45. Case fans. *Amazon*. [Online] 5. 5 2018. [Citace: 13. 3. 2022.]
<https://www.amazon.com/EZDIY-FAB-4000RPM-Cooling-FFC1212DE-Computer/dp/B079NXYC7H>
46. Měřič spotřeby EMOS Wattmetr (P5801). *DEK*. [Online] [Citace: 13. 3. 2022.]
https://www.datart.cz/prepetova-ochrana-emos-fht-9999-bila.html?gclid=Cj0KCQiAybaRBhDtARIsAIEG3klcp5hrCNixIyWz9cTeMwDp21tIXbXHY72x8mLEZjyc7XeA-d9_mB8aArOmEALw_wcB#
47. Solight DT27. *Alza*. [Online] [Citace: 13. 3. 2022.] <https://www.alza.cz/hobby/solight-dt27-d5481012.htm>

8 Přílohy

8.1 Měřicí zařízení – podrobné specifikace

Emos P5801

Technické parametry:

- napětí: 230–240 V~/50 Hz
- max. zátěž: 3 680 W/16 A
- rozsah měření napětí: 175–276 V~/50 Hz
- doba nahrávání: 0 s to 9 999 dní
- pracovní teplota: 0–50 °C
- rozsah: 2 to 3 680 W
- rozsah měření elektrické energie: 0 kWh to 9 999 kWh
- akumulátory: 2× 1.5 V (LR44/AG13)
- pro použití v suchých podmínkách při relativní vlhkosti pohybující se mezi 20 to 90 %



Obrázek 17: Emos – měřicí přístroj

Zdroj: [46]

Solight DT27

Technické parametry:

- napětí: AC 230VAC/50 Hz
- max. zátěž: 3680 W/16 A
- měřicí rozsah: 0,1W-3680 W
- odchylka měření: $\pm 2\%$
- rozsah měření napětí: 150-276 V/50 Hz
- pracovní teplota: 0-50 °C
- rozsah měření elektrické energie 0,0-9999,9kWh
- rozsah měření proudu 0,005mA – 16 A



Obrázek 18: Solight – měřicí přístroj

Zdroj: [47]