



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

RECYKLACE BATERÍ

Kateřina Levter

Střední odborná škola a Střední zdravotnická škola Benešov, příspěvková organizace
Černoleská 1997, Benešov

Obor, ročník studia: Praktická sestra, 2. ročník

Vedoucí práce, koordinátor: Ing. Magdaléna Bořilová, MagdalenaBorilova@seznam.cz

Spolupracující firma: Allcomp a. s.

Poradce: Vladimír Červinka

Počet stran: 18

Školní rok: 2022/2023

Anotace:

Práce se zabývá problematikou recyklace baterií. Začíná historií, uvádí statistiku v ČR, jednotlivé druhy baterií, způsob třídění a recyklace. Uvádí několik zajímavých příkladů. Ukazuje, kam by se mohl ubírat vývoj baterií.

Práce je doplněna dokumentací výroby funkčního modelu a modelem.

Proč jsem si toto téma vybrala?.....	3
Základní informace	3
Historie	3
Velikosti baterií	3
Jaké je složení primárních (nenabíjecích) baterií?	4
Stavba baterie	4
Zinko-uhlovodíkové články	4
Alkalické baterie	5
Lithium-manganové baterie	5
Stříbrné baterie	5
Jaký je rozdíl mezi bateriemi a dobíjecími bateriemi?.....	6
Samostatná recyklace	6
Pyrometalurgické zpracování	7
Mechanické a chemické zpracování.....	7
Co získáváme díky této recyklaci?.....	8
Mobilní bateriové úložiště.....	8
Co se starými lithiovými bateriemi?	9
Hydrovolt	9
Baterie v budoucnu.....	10
Elektrodové materiály používané v současných Li-ion akumulátorech.....	10
Elektrodové materiály pro Li-ion akumulátory blízké budoucnosti	10
Spolupráce s firmou ALLcomp a.s.	12
Můj osobní názor.....	11
Zdroje	16

Proč jsem si toto téma vybrala?

Toto téma jsem si vybrala z důvodu, že je mi asi nejbližší. Už na základní škole nás vedly k recyklaci tužkových baterií. Osobně si myslím, že je to dobrý nápad, jelikož z použité baterie se dá spousta věcí ještě použít. Pojďme se spolu zaměřit na ty menší baterie.

Základní informace

Použité baterie a akumulátory obsahují škodlivé látky včetně těžkých kovů. Pokud skončí v koši a komunálním odpadu, mohou po čase znečistit půdu, ovzduší či spodní a povrchové vody. Pokud se naučíme s nimi správně pracovat, můžeme je použít i vícekrát a to bez poškození naší planety.

Historie

Konstruktérem „baterií“, které používáme dodnes, je francouzský inženýr Georges Leclanché, který svůj článek (jak zní jeho správný název) sestrojil v roce 1866. Tento článek však nesmíme zaměňovat s dobíjecími bateriemi, které jsou k dispozici ve stejných velikostech a jejichž provozní princip je odlišný. Protože byla taková potřeba, původní Leclanchého článek se jmenovitým napětím asi 1,5 V byl používán k napájení telegrafů, zvonků a prvních telefonních aparátů. V současné době se tyto baterie po více než 150 letech používají k napájení malých elektrických zařízení, (např. hraček, rádií, hudebních přehrávačů, baterek, ...)



Obrázek 2 Georges Laclanche/ [5]

Velikosti baterií

- **Tužkové** – velikost baterií AA, standardní rozměr 14,5 x 50,5 mm
- **Mikrotužkové** – velikost baterií AAA, standardní rozměr 10,5 x 44,5 mm
- **Malé mono** – velikost C, standardní rozměr 26,2 x 50 mm
- **Velké mono** – velikost D, standardní rozměr 34,2 x 61,5 mm
- **Ploché 4,5V** – standardní rozměr 62 x 22 x 67 mm
- **9V** – standardní velikost 26,5 x 17,5 x 48,5 mm
- **Knoflíkové** – různé velikosti a šířky

Jaké je složení primárních (nenabíjecích) baterií?

- **Zinko-uhlíkové** – nejlevnější typ baterie.
 - Složení baterie je Zn, C, MnO₂, NH₄Cl. (Při reakci vzniká voda a hrozí jejich časté „vytečení“)
- **Zinko-chloridové** – baterie má kvalitnější elektrolyt.
 - Složení je Zn, C, MnO₂, ZnCl₂.
- **Alkalické** – nejrozšířenější baterie vzhledem ke svému dobrému poměru ceny/výkon.
 - Složena z Zn, MnO₂.
- **Lithiové** – nejdražší a nejvýkonnější typ baterie.
 - Složena z Li, FeS₂, C.

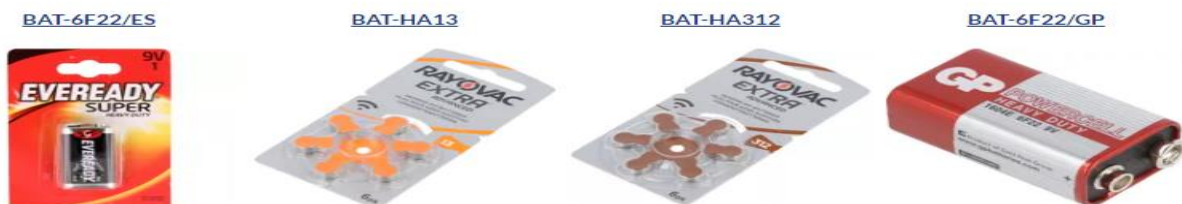
Stavba baterie



Obrázek 3 Stavba baterie [4]

Zinko-uhlovodíkové články

Jsou určeny k napájení náročnějších zařízení. Moderní zinko-uhlíkové baterie mají teoretickou hustotu energie 40 až 70 Wh/kg. Rozsah provozních teplot je - 10+50 °C. Životnost zinko-uhlíkových baterií je asi 2 roky. Při používání zinko-uhlíkových článků je nezapomeňte po vyčerpání ze zařízení z důvodu možného úniku elektrolytu vyndat. Ten způsobuje korozi a může poškodit zařízení.



Obrázek 4 Zinko-uhlovodíkové články [2]

Alkalické baterie

Alkalické články se vyznačují mnohem lepším výkonem, ale především vyšší proudovou zatížitelností a zvýšenou životností. Mají také vyšší energetickou hustotu, která se teoreticky pohybuje v rozmezí od 80 do 100 Wh/kg, a širší rozsah provozních teplot, který se pohybuje v rozmezí -30 až +70 °C. Životnost baterie tohoto typu je 5 až 7 let.



Obrázek 5 Alkalické baterie [2]

Lithium-manganové baterie

Lithiové baterie, např. lithiové baterie AA, jsou ve skutečnosti lithium - manganové baterie. Jejich jmenovité napětí je 3V. Jsou odolné vůči kolísání teploty, a mají i vysokou hustotu energie - až 270 Wh/kg. Díky tomu lithiové baterie AA uchovávají téměř třikrát více energie než odpovídající alkalické baterie AA. Používají se např. v domácích spotřebičích - hodinách, kamerách, fotoaparátech, a také v počítačích. energii udrží ještě déle, až 10 let.



Obrázek 6 Lithium-manganové baterie [2]

Stříbrné baterie

Mají stabilní výstupní napětí a plochou vybíjecí charakteristiku. Napětí na svorkách článku po jeho vybití velmi rychle klesá. Teoretická hustota energie je 130 až 150 Wh/kg. Stříbrné baterie jsou určeny pro použití v zařízeních citlivých na změnu napájecího napětí, vyžadujících jeho stabilitu, například v měřicích přístrojích. Životnost stříbrné baterie je asi 2 roky.



Obrázek 7 Stříbrné baterie [2]

Jaký je rozdíl mezi bateriemi a dobíjecími bateriemi?

Stručně řečeno, baterie je článek na jedno použití, který se po vyčerpání elektřiny v něm nahromaděné stane zbytečným, protože jej nelze dobít (tj. znovu do něj dostat elektrickou energii). Jejich opakem jsou baterie dobíjecí, tj. články se životností od několika stovek po několik tisíc cyklů nabití - vybití.



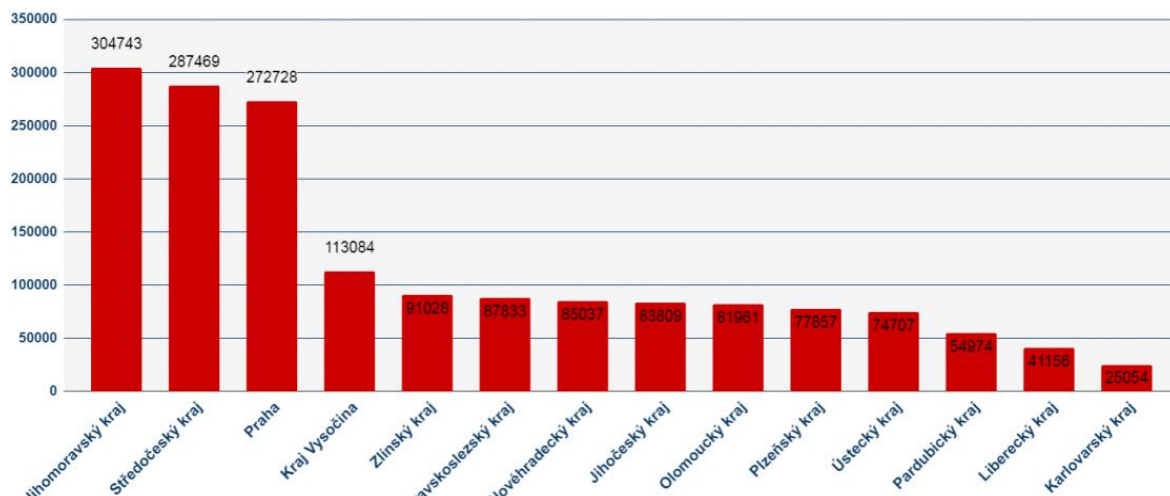
Obrázek 8 Baterie dobíjecí a jednorázová [2]

Samostatná recyklace

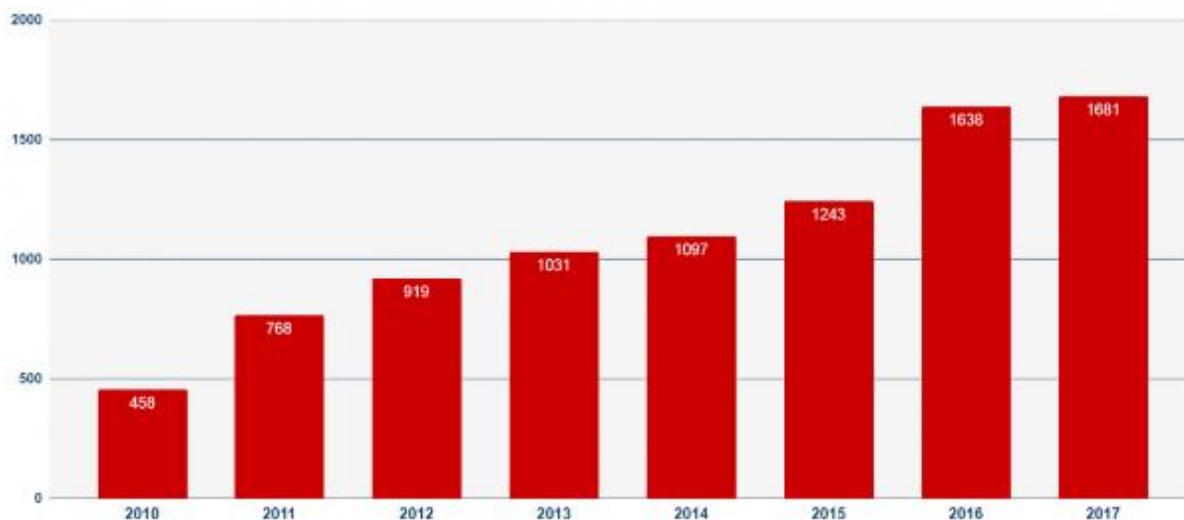
Recyklace začíná už v ten moment, kdy se baterii rozhodneme vyhodit do sběrných míst a boxu (v ČR už přes 25 000). Vybité baterie ze sběrných míst sváží do třídících linek, kde jsou pak následně pečlivě vytříděny dle skupiny a chemického složení. Putují sem svozy z měst a obcí, obchodů i škol, ale i výrobních závodů. Z třídící linky roztríděné odpadní baterie putují do firem, které se specializují na recyklaci a zpracování různých kovů. V Česku jde například o Kovohutě Příbram, kde se zpracovávají olověné baterie.



Obrázek 9 Sběrná krabička ECOCHEESE [4]



Obrázek 10 Množství baterií odevzdaných k recyklaci v ČR (v tunách) [1]



Obrázek 11 Sběr baterií podle regionů (v kg) [1]

Pyrometalurgické zpracování

Při pyrometalurgickém zpracování dochází k hutnickému zpracování baterií v obloukové peci za vysokých teplot bez předchozí mechanické úpravy.

Získáváme při něm:

1. **Slitinu železa, manganu a niklu.** Využití má pro výrobu antikorozi oceli, například pro chirurgické nástroje nebo kuchyňské dřezy.
2. **Oxid zinečnatý.** Ten se využívá pro výrobu zinku a dále pro povrchovou úpravu kovů, například pro pozinkované popelnice.
3. **Manganový silikát.** Využívá se jako nízkoprocentní ruda v manganovém průmyslu. Mangan se obecně používá pro zlepšení mechanických vlastností, například k zušlechťování konstrukční oceli.

Mechanické a chemické zpracování

Při mechanickém a chemickém zpracování dochází nejprve k drcení a separaci kovů, plastu a papíru a poté k loužení získané jemnozrné černé hmoty. Jemnozrná černá hmota je směs burelu (oxidu manganičitého), grafitu a elektrolytu (chlorid zinečnatý nebo hydroxid draselný), a dále železných kovů a kovového zinku. Následně se černá hmota zpracovává metalurgicky na zinek či oxid zinečnatý a manganovou strusku. Nebo také loužením na uhličitan zinečnatý, který se používá třeba v kosmetickém průmyslu nebo na výrobu některých krémů. Železné kovy a kovový zinek se také dále zpracovávají metalurgicky.



Obrázek 12
Popelnice vyrobená
recyklací bateriek [7]

Co získáváme díky této recyklaci?

Díky recyklačním procesům získáváme druhotné suroviny. Z jedné tuny tužkových baterií zhruba 167 kg oceli, 210 kg zinku, 205 kg manganu, 15 kg niklu a mědi. Z dalších typů baterií pak také olovo, kadmium, kobalt a stříbro.

Mobilní bateriové úložiště

Poptávka po nezávislosti na dodavatelích elektrické energie roste. Problémem je nejen uchování energie, ale i její následná distribuce do oblastí bez zdroje. Jenže v dnešní době existují pouze omezené řešení – velké bateriové úložiště, které mají sice dostatečnou kapacitu, avšak převoz na místo akutní potřeby není tak snadný.

Výkonné mobilní bateriové úložiště s výkonem od 3 kVA do 60 kVA jsou schopny vyprodukovat až 120 kW energie. K dosažení tak velkého objemu napomáhají vysokokapacitní olověné nebo lithiové akumulátory. Jejich opětovné nabití do plného stavu trvá v řádu 5 až 8 hodin, záleží však na typu baterie, ale i okolních podmínkách. Uživatelé mohou akumulátory dobít pomocí FVE, případně jakéhokoliv generátoru nebo právě ze sítě.

Samostatné úložiště lze situovat do oblastí, které jsou náročné na emise znečištění nebo hluku. Nejenže neprodukuje žádné CO₂, ale vyniká naprosto tichým provozem. Bezhluchý chod umožňuje využití v horách nebo v nočních hodinách kteréhokoliv města.



Obrázek 13 Mobilní bateriové úložiště [10]

Mobilní bateriové úložiště je možné kombinovat s plynovým nebo dieselovým generátorem tzv. hybridní řešení (power management).

Co se starými lithiovými bateriemi?

Tradiční postup užívaný u olověných baterií, kdy se jejich části rozdrtí a roztaví nebo rozpustí v kyselině, u lithiových baterií složených z mnoha různých částí nefunguje, takže celosvětově se jich nyní recykluje jen 5 %. Problém představuje i jejich demontáž, která se dosud provádí téměř výlučně ručně.

Baterie mají ve chvíli, kdy se podle pravidel výrobců aut musí vyměnit, zbytkovou kapacitu více než 80 %. Kanadská společnost Li-Cycle vyvinula unikátní technologii, jejímž výsledkem je separace až 95 procent původního materiálu do stavu, který umožňuje jeho další použití. Hledáním tzv. „druhého života“ baterií, které už nejde používat v elektromobilech, se zabývají i některé firmy v Česku. Automobilka Škoda testuje použití vysloužilých článků jako úložiště přebytků z výroby fotovoltaických panelů. Společnost Nano Power, zase používá „second life“ bateriové úložiště o kapacitě 80 kWh sestavené z vyřazených baterií, které původně fungovaly v AGV robotech v továrnách Porsche.

Hydrovolt

Švédský dodavatel hliníku Hydro a norský výrobce baterií Northvolt spustili společný podnik na recyklaci baterií. Projekt se jmenuje Hydrovolt a nachází se ve Fredrikstadu na jihu Norska a jedná se o první komerční provoz svého druhu v Evropě. Recyklační kapacita by se měla postupně zvyšovat na 70 000 tun baterií v roce 2025 a 300 000 tun v roce 2030. Plně automatizovaný recyklační proces zvládne z vysloužilých baterií získat zpět až 95 % materiálů.



Obrázek 14 Lithiové články a bateriový modul [11]

Mezi ty hlavní patří černá hmota („black mass“), která obsahuje zejména lithium, mangan, kobalt a nikl. Černá hmota poputuje do připravovaného provozu Northvoltu, který z ní hydrometalurgickými procesy získá jednotlivé kovy v kvalitě potřebné pro výrobu nových

článků. Druhým hlavním materiálem získaným z recyklace je hliník, který pro změnu využije Hydro na výrobu hliníkových produktů. Dalšími výstupy recyklace budou i měď a plasty.

Komerční recyklace baterií se v Evropě rozjíždí postupně. Důvodem je nedostatek materiálu – jinak řečeno, dosud bylo vysloužilých baterií příliš málo na to, aby se vyplatilo je komerčně recyklovat. Starší baterie z elektromobilu lze nejprve znovu využít ve stacionárních úložištích a teprve, když doslouží i tam, jdou na materiálovou recyklaci. Tento proces trvá několik let, proto se dostatek baterií na recyklaci schází až teď.

Samozřejmě jsou zde tuny starých baterií - baterie z přenosné elektroniky, jejich recyklace je ale mnohem pracnější. Tyto baterie mají různý tvar, vlastnosti i složení. Naproti tomu standardizované moduly v elektromobilech obsahují stovky až tisíce shodných článků, které se recyklují mnohem snadněji.

Baterie v budoucnu

Jedna cesta je hledat způsob, jak recyklovat současné baterie, ale je také možnost hledat jiné materiály pro baterie.

Univerzální využití Li-ion akumulátorů je umožněno postupným zlepšováním jejich parametrů z pohledu hustoty energie.

V případě Li-ion akumulátorů je na záporné elektrodě nejčastěji používán grafit, do jehož strukturálních mezivrstev se při nabíjení začleňují lithné ionty. Kladná elektroda je pak tvořena nejčastěji oxidy kovů a lithia jako je kupříkladu LiCoO_2 .

Elektrodové materiály používané v současných Li-ion akumulátorech

V případě záporných elektrod je nejčastěji používaným materiálem přírodní či syntetický grafit,

V případě materiálů pro kladné elektrody Li-ion akumulátorů je situace poněkud komplikovanější, jelikož existuje celá řada různých materiálů. Vždy se však jedná o sloučeniny Lithia.

Elektrodové materiály pro Li-ion akumulátory blízké budoucnosti

V současnosti a v blízké budoucnosti se počítá s rostoucím využitím křemíku jako náhrady za v současnosti používaný grafit. Křemík má z pohledu aplikace řadu zajímavých vlastností. Jedná se o druhý nejčastěji se vyskytující prvek v zemské kůře, takže je ekologický a snadno dostupný a současně teoretická kapacita je přibližně $10\times$ větší než v případě grafitu.

Využití křemíku s sebou však přináší i celou řadu nevýhod. Z tohoto důvodu se hledají jiné cesty, jak křemík použít. V současné praxi již můžeme nalézt akumulátory s malým množstvím křemíku v anodě, avšak jedná se o jednotky procent hmotnosti anody a negativní vlastnosti křemíku jsou kompenzovány grafitem, který jej obaluje.

V případě katod je více materiálů, které jsou blíže k aplikaci, nebo se začínají aplikovat. Zajímavým materiálem je například $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$. Jedná se o bezkobaltový materiál, jehož větší část tvoří mangan, který je snadno dostupný a levný.

$\text{LiNi}_{0,9}\text{Mn}_{0,045}\text{Co}_{0,045}\text{Al}_{0,01}\text{O}_2$ (NMCA) je materiál s vysokým obsahem niklu a velmi malým obsahem kobaltu, je stabilizován ještě přídavkem hliníku.

Dalším novým materiálem je $\text{LiFe}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{PO}_4$. Tento katodový materiál vycházející z katodového materiálu LFP využívá ve své struktuře kromě železa ještě mangan, přičemž zastoupení jednotlivých prvků může být rozličné.

Posledním z nadějných materiálů, které mohou být v brzké době aplikovány v praxi, je Li-rich NMC, někdy bývá označován jako High-energy NMC či Multistrukturální NMC. Tento materiál je možné vyrobit i bez použití kobaltu.

Všechny zmíněné materiály mají své výhody, ale současně úskalí. Z uvedeného výčtu vyplývá trend cílící na omezené využívání kobaltu, anebo jeho absolutní vynechání za účelem snížení výrobních nákladů a omezení závislosti na limitovaných zdrojích. Dalším trendem je cílení na materiál s vyšší hustotou energie.

Můj osobní názor

Myslím si, že recyklace baterií je opravdu užitečná věc. Už teď je naše planeta opravdu zničena a jen tím, že vyhodíme každou nepotřebnou baterku na sběrné místo, tak ulehčíme Zemi a další budoucí generaci. Myslím si, že by nebyl vůbec špatný nápad jednou za pár let ve školách připomenout, co taková jedna nevyhozená baterka za každého z nás dokáže dohromady provést. Při tvorbě této práce jsem si připomněla vzpomínky ze základní školy, kdy jsme přesně jednu takovou přednášku měli. Také jsem se dozvěděla, co vše se dá ještě zachránit z takové použité baterie a co vše se dá z nich vyrobit. Uvědomila jsem si, že na to, jak už je taková obyčejná baterka běžným společníkem domácnosti, dokáže taky nadělat pěknou paseku.

Spolupráce s firmou Allcomp a.s. – tvorba modelu

S výrobou modelu mi pomáhala moje spolužačka Natalie Jana Měchurová a můj přítel Adam Skokan (jako fotograf). Celý tento projekt probíhal ve spolupráci s firmou Allcomp a. s., konkrétně s panem Vladimírem Červinkou.

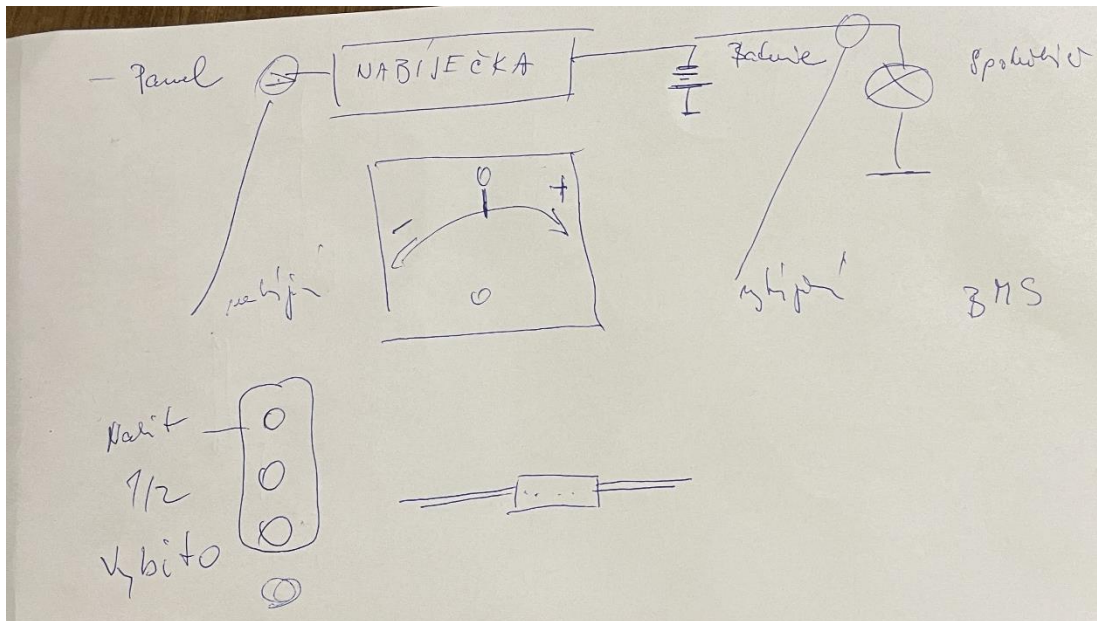


Obrázek 15 S mojí kamarádkou Janou před firmou Allcomp [14]

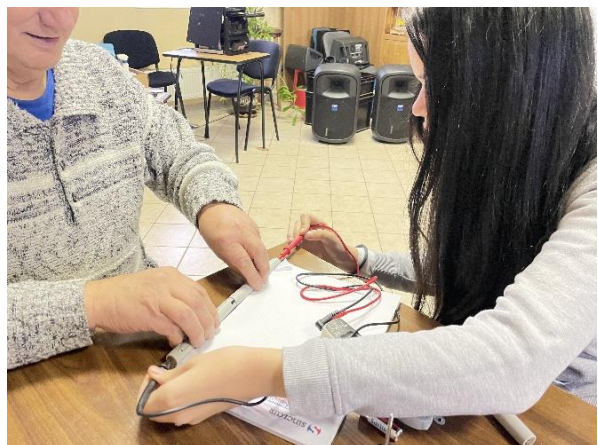
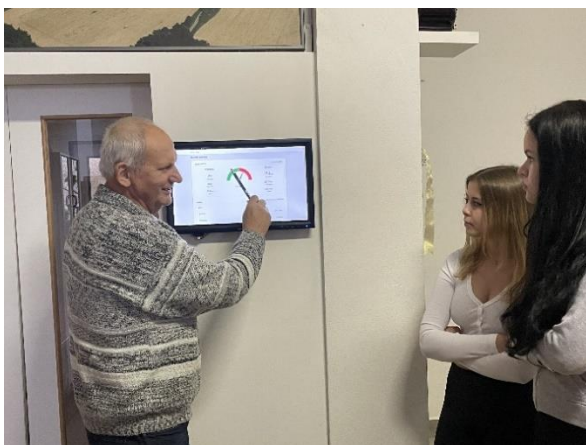
NEŽ JSME SE PUSTILY DO PRÁCE...

Model spočívá v tom, že využijeme solárního panelu a Li-ionové baterie jako zdroj energie do malé žárovky. Při zapnutí nám strelka bude ukazovat, zda se energie dostává do žárovky přes solární panel (tedy energii ze slunce) či energii z baterie (tedy z akumulované energie). Spousta baterií z aut je totiž nadále funkčních, ale bohužel svůj život v autě už ukončili. Většina lidí tedy jde a koupí si rovnou nový akumulátor a ten starý zahodí. Takže vlastně stále funkční baterie je nevyužitá a při recyklaci akumulátoru je stále možno využít její funkci, například právě jako záložní zdroj. Bohužel spousta lidí o tom ani neví. Když bychom toto téma více rozšířili, tak bude možno baterie do budoucna daleko více využít.

Kromě toho, že jsme sestavovali, jak náš model bude vypadat, jsme se bavili například o tom, kde se tyto baterie nachází, jak se chovají za určitých podmínek, co obsahují a jaké možnosti mají do budoucna. Pan Červinka nám také ukázal, jak se baterie měří.



Obrázek 16 Plánek na výrobu modelu [14]



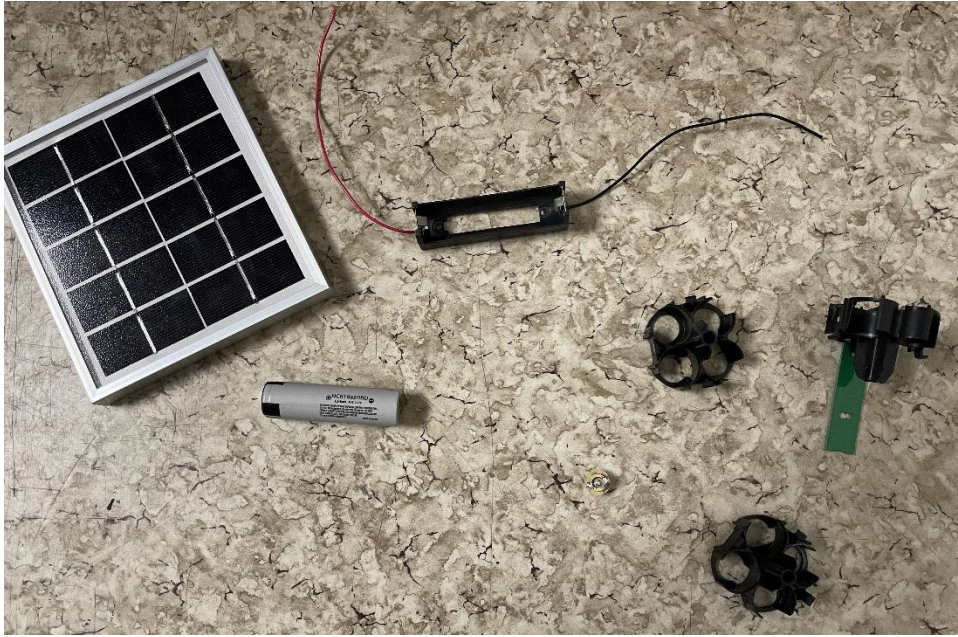
Obrázek 17 - 20 Příprava na výrobu modelu [14]

POSTUPNÉ SESTAVOVÁNÍ MODELU

Po pár hodinách diskutování a přemýšlení jsme se rozhodly pomalu sestavovat model. Začaly jsme zkoušet různé varianty a přikládali drátky, abychom si ověřily předběžnou funkci.



Obrázek 21 - 26 Sestavování modelu [14]



Obrázek 27 Připravené součástky na model [14]

Zdalo se, že jde vše až moc hladce, ale z ničeho nic se to začalo komplikovat. Vznikla chyba v komunikaci ohledně baterie, měla jsem problémy s dopravním spojením, kvůli škole jsem byla omezena s časem na projekt. Měli jsme mít ještě jednu schůzku, ta se však neuskutečnila, jelikož pan Červinka náhle onemocněl. Vše je hotovo, pouze chybí jednotlivé části spájet. Hned jak to půjde, dojezu do Netvořic a model dokončím.

Zdroje

- 1) Při třídění baterií Česko jen těsně plní limit. EU podceňuje jejich životnost. *Česká televize* [online]. 16.4.2018 [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2451517-pri-trideni-baterii-cesko-jen-tesne-plni-limit-eu-podcenuje-jejich-zivotnost>
- 2) *LITHIOVÉ, ALKALICKÉ, STŘÍBRNÉ A JINÉ BATERIE (ČLÁNKY) - JAKÉ JSOU DRUHY A TYPY BATERIÍ?* [online]. 6.7.2020 [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/40692/lithiove-alkalicke-stribrne-a-jine-baterie-clanky-jake-jsou-druhy-a-typy-baterii/>
- 3) Jak probíhá recyklace odpadních baterií. *ECOBAT* [online]. [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://www.ecobat.cz/jak-probiha-recyklace/>
- 4) RECYKLACE BATERIÍ: Tříděním baterií chráníme především sami sebe. *Baterkománie* [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://baterkomanie.ecobat.cz/recyklace-baterii/>
- 5) Georges Leclanché. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-09-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Georges_Leclanch%C3%A9
- 6) ECOBAT. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-09-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/ECOBAT?v=SQmQpCaiqkI>
- 7) Popelnice 110 L pozinkovaná MEVA. *Melichar.cz* [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: https://www.melichar.cz/p/popelnice-110-l-pozinkovana-meva?gclid=CjwKCAiAh9qdBhAOEiwAvxIokxz1vQZE5QXAAFJBK7ueLuUWfav3QLYDi2jwjwf8zb2hUc41GnBTqxoCXXkQAvD_BwE
- 8) Jak vybrat vhodnou baterii?. *EMOS* [online]. [cit. 2022-10-16]. Dostupné z: <https://www.emos.cz/jak-vybrat-vhodnou-baterii>
- 9) Informační bulletin pro vyučující – Energetika, č. 141 – 7. 11. 2022
- 10) FIREMNÍ. Mobilní bateriové úložiště – energetická nezávislost na dosah ruky. *TZB-info* [online]. 10.11.2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektriny/24573-mobilni-bateriove-uloziste-energeticka-nezavislost-na-dosah->

ruky?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter_2022-11-14

- 11) ZILVAR, Jiří. Hydrovolt: první komerční recyklace baterií se spouští v Norsku. Ze staré baterie získá 95 % materiálů. *TZB-info* [online]. 21.5.2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/23871-hydrovolt-prvni-komercni-recyklace-baterii-se-spousti-v-norsku-ze-stare-baterie-ziska-95-materialu?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter_2022-05-23
- 12) KAZDA, Tomáš. Materiály pro Li-ion akumulátory – porovnání. *TZB-info* [online]. 3.11.2022 [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/24535-materialy-pro-li-ion-akumulatory-porovnaní?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=Newsletter_2022-11-07
- 13) Materiály a informace poskytnuté firmou Allcomp a.s.
- 14) Vlastní foto