

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE POHÁNĚNÉ LIDSKOU SILOU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

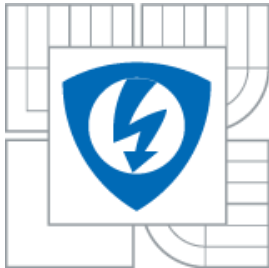
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

IVAN NALLER

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER

ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE POHÁNĚNÉ LIDSKOU SILOU

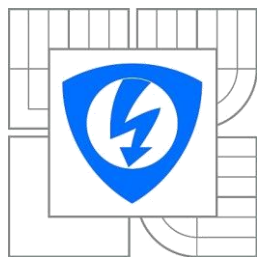
HUMAN POWERED ELECTRIC SOURCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

IVAN NALLER
doc. Ing. **PETR BAXANT, Ph.D.**

BRNO 2015



**VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ**

**Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií**

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Ivan Naller

ID: 146912

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Zdroje elektrické energie poháněné lidskou silou

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce je zaměřena na zmapování možností výroby elektrické energie pomocí transformace mechanické práce člověka na elektrickou energii. Od miniaturních spotřebičů po reálnou elektrocentrálu na lidský pohon. Student by měl sestavit prototyp zdroje energie pro malou aplikaci do 100 W příkonu.

- možnosti lidské práce a výkonu
- způsoby transformace a mechanické pohony
- návrh elektrocentrály poháněné lidskou silou

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 28.5.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Cílem této práce je zmapování zdrojů elektrické energie poháněných člověkem. Je rozdělena do tří částí, z nichž první pojednává o svalech lidského těla a nezbytných složkách stravy. Druhá část zahrnuje rešerši vytvořených prototypů generátorů od malých až po velké výkony. Poslední část je zaměřena na vlastní výkony, které lze u daného jedince dosáhnout, a s tím spojenou energetickou náročnost lidstva. Po provedeném experimentu je patrné, že průměrný výkon člověka je v rozmezí od 150 do 300 W. Na základě zjištěných údajů je možné využít energii vytvářenou člověkem (v posilovnách, fit centrech...) na osvětlení, nebo jednoduché aplikace jako je ohřev vody atd.

Klíčová slova: svaly, proteiny, bílkoviny, sacharidy, energie, pohánějící mechanismy, pasivní přeměna, aktivní přeměna, energie pro osvětlení, srovnání energií, lidská síla

Abstract:

The aim of this work is to map sources of electricity-driven man. It is divided into three parts, the first of which deals with the muscles of the human body and essential components of the diet. The second part includes a search created prototypes of generators from small to big achievements. The last part is focused on the performance that can be achieved in a given individual and the associated energy demands of humanity. After the experiment, it is apparent that the average power of man is in the range of 150 to 300 W. On the basis of the data obtained it is possible to use the energy generated man (in gyms, fitness centers ...) for lighting, or simple applications such as water heating etc.

Key words:

muscle proteins, protein, carbohydrate, energy, powering mechanisms, passive transformation, active transformation energy for lighting, comparing energy, human power

Bibliografická citace

NALLER, I. *Zdroje elektrické energie poháněné lidskou silou*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 50 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Baxant, Ph.D.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Baxantovi, Ph.D. , za ochotu při konzultacích a cenné rady při zpracování mé práce

V Brně dne

Podpis autora:

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Zdroje elektrické energie poháněné lidskou silou jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

Podpis autora:

OBSAH

OBSAH	8
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	12
1 ÚVOD	13
2 STAVBA LIDSKÉHO TĚLA, SVALY	13
2.1 SVALY.....	14
2.1.1 SVALY HLAVY A KRKU	15
2.1.2 SVALY HRUDNÍKU A BŘICHA	15
2.1.3 SVALY ZÁDOVÉ	15
2.1.4 SVALY HORNÍ KONČETINY	16
2.1.5 SVALY DOLNÍ KONČETINY	17
3 POTRAVA A ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE.....	18
3.1 ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE.....	18
3.1.1 VNITŘNÍ ZDROJE	18
3.1.2 VNĚJŠÍ ZDROJE.....	19
4 HISTORIE POHÁNĚJÍCÍCH MECHANISMŮ.....	21
4.1 POHON POMOCÍ ZVÍŘAT	21
5 PŘEMĚNA LIDSKÉ SÍLY NA ELEKTRICKOU ENERGII.....	23
5.1 PASIVNÍ PŘEMĚNA.....	24
5.1.1 ENERGIE Z CHŮZE	24
5.1.2 ENERGIE Z TEPLA.....	26
5.2 AKTIVNÍ PŘEMĚNA.....	27
6 ENERGIE PRO OSVĚTLENÍ, NAPÁJENÍ DOMÁCNOSTI	35
7 SROVNÁNÍ ENERGIÍ	38
8 VYNÁLEZY POHÁNĚNÉ POUZE LIDSKOU SILOU	40
8.1 EXPERIMENTY A VYNÁLEZY	40
8.2 REÁLNÉ PROJEKTY	41
9 POROVNÁNÍ VÝKONŮ S NAMĚŘENÝMI VÝSLEDKY	43
9.1 PRŮMĚRNÁ ENERGETICKÁ NÁROČNOST 1 OSOBY	43
9.2 MĚŘENÍ ENERGIE PŘI DOMÁCÍCH ČINNOSTECH	44
9.3 MĚŘENÍ ENERGIÍ NA ROTOPEDU	45
10 NÁVRH GENERÁTORU POHÁNĚNÉHO LIDSKOU SILOU.....	47
10.1 GENERÁTOR	47
10.2 AKUMULÁTOR.....	47
10.3 MĚNIČ.....	47
11 ZÁVĚR	48

12 POUŽITÁ LITERATURA.....49

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Svalová tkáň-hladká, příčně pruhovaná a srdeční.</i>	14
<i>Obrázek 2: Svaly horní končetiny: svaly pletence (1), svaly paže (2), svaly předloktí (3), svaly ruky (4).</i>	16
<i>Obrázek 3: Svaly dolní končetiny: svaly kyčelního kloubu (1), svaly stehenní (2), svaly bérce (3), svaly nohy (4).</i>	17
<i>Obrázek 4-1: Zvíře pohánějící mlýn.</i>	21
<i>Obrázek 4-2: Koně pohánějící žentour (solný důl v Polsku).</i>	21
<i>Obrázek 3: Ukázky vodního kola.</i>	22
<i>Obrázek 7: Schéma generátoru již vloženého do podrážky [5].</i>	24
<i>Obrázek 8: Generátor na principu elektrického namáčení [6].</i>	25
<i>Obrázek 9: PediPower [7].</i>	25
<i>Obrázek 10: Náramek s technologií SeeBeck [8].</i>	26
<i>Obrázek 8: LED svítidla a dobíječka na klíčku [11].</i>	27
<i>Obrázek 9: Věčné světlo.</i>	28
<i>Obrázek 10: Imagine-PS [13].</i>	29
<i>Obrázek 11: Twike Active [26].</i>	29
<i>Obrázek 12: Prototyp POWERplus [14].</i>	30
<i>Obrázek 13: HD550/HD600 [19].</i>	30
<i>Obrázek 14: HPG-1.</i>	31
<i>Obrázek 15: Kuchyňský robot R2B2.</i>	31
<i>Obrázek 16: Sekačka Weibang wb em457 [22].</i>	32
<i>Obrázek 17: Generátor na ruční pohon.</i>	32
<i>Obrázek 18: Generátor, který je poháněn kotníkem.</i>	33
<i>Obrázek 19: Studie šlapacího generátoru.</i>	33
<i>Obrázek 23: Návod na sestavení generátoru.</i>	34
<i>Obrázek 24: Vize nezávislého napájení pouličního osvětlení na zastávkách metra [15].</i>	35
<i>Obrázek 25: Věžeňská elektrárna.</i>	36
<i>Obrázek 26: Cyklo-generátor pro vnitřní užití [23].</i>	36
<i>Obrázek 24: Cyklo-generátor pro venkovní užití [23].</i>	37
<i>Obrázek 28: Srovnání výkonu JE a cyklisty.</i>	39
<i>Obrázek 29: Scubster [24].</i>	40
<i>Obrázek 30: Pračka na lidský pohon.</i>	40
<i>Obrázek 31: Kotoučová pila na lidský pohon [25].</i>	41

<i>Obrázek 32: Šicí stroj Singer.....</i>	<i>41</i>
<i>Obrázek 33: Ruční mechanická vrtačka.....</i>	<i>42</i>
<i>Obrázek 34: Ruční mechanický šlehač.....</i>	<i>42</i>

SEZNAM TABULEK

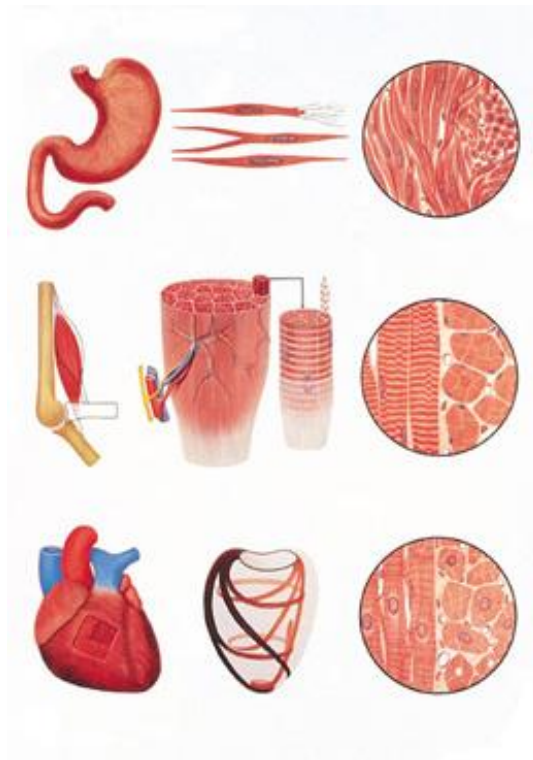
<i>Tabulka 1: Teoretické zásoby energie ve formě živin.</i>	18
<i>Tabulka 2: Energetická hodnota potravin [4].</i>	20
<i>Tabulka 3: Příklady energetických výdajů při různých typech zátěže [2].</i>	23
<i>Tabulka 4: Výdej energie při dané aktivitě [4].</i>	23
<i>Tabulka 5: Výkony podávané cyklisty [16].</i>	38
<i>Tabulka 6: Výkony elektráren v ČR.</i>	38
<i>Tabulka 7: Tabulka energetické náročnosti pro 1 osob.</i>	43
<i>Tabulka 8: Doba nutná pro vyrobení energie.</i>	43
<i>Tabulka 9: Mletí masa $m = 0,25$ kg.</i>	44
<i>Tabulka 10: Šlehání bílků (3 ks).</i>	44
<i>Tabulka 11: Srovnání výkonů.</i>	45
<i>Tabulka 12: Hodnoty výkonu v zátěžovém testu.</i>	45
<i>Tabulka 13: Výkon jednotlivých osob ve fit centru.</i>	46

1 ÚVOD

Lidská síla je nejstarším známým zdrojem energie pro dopravu. Už odedávna lidská síla sloužila pro přemísťování, otáčení a zvedání různých předmětů, ať už byly jakkoliv těžké nebo objemné. Postupem času si lidé zvířata ochočili a nahradili tak lidskou sílu silou zvířecí. V průběhu let lidstvo přeměnilo zdroje energie v aplikacích, které umožňovaly změnu z lidské na zvířecí. Nejčastěji využívaná zvířata byly koně. Po éře zvířat přišla éra využití energie vody a větru, která byla užívána nejčastěji pro pohon mlýnů. Nejjednoduššími přeměnami vodní energie na mechanickou bylo použití norského kola na říčním toku. Toto kolo vlivem otáčení uvedlo do pohybu kameny, které mlely obilí. Energie z větru byla používána podobně jako energie z vody. Lopatky větrného kola byly potaženy plachtou, která se vlivem proudění vzduchu začala pohybovat. Tato už mechanická točivá energie se přenášela opět na kameny, které mlely obilí. Později byla objevena síla páry, která nahradila již zmíněnou energii větru a vody. V počátcích se pára používala pro pohon setrvačnicku, který poháněl ostatní aplikace. V průběhu času se k parnímu stroji připojil generátor elektrické energie a pomocí kabelů byla energie rozváděna do přírodních míst. V průběhu let se objevovaly další zdroje el. energie a s nimi i vylepšení generátorů, které přetrvávají až dodnes.

2 STAVBA LIDSKÉHO TĚLA, SVALY

Základní jednotka všech živých organismů je buňka. Odhaduje se, že v lidském těle je těchto buněk kolem 45 biliónů. U základních jednobuněčných organismů jsou buňky schopny plnit úkoly určené pro život. U organismů s více buňkami se vytváří skupiny, které obstarávají určitou funkci. Tyto skupiny, které mají stejný původ a vykonávají stejnou funkci, se nazývají tkáně. Tkáně dělíme na výstelkové, pojivové, svalové, nervové a tělní. V našem případě se zaměříme na tkáně svalové. Tuto skupinu můžeme rozdělit na další podskupiny. Svalovina hladká, neboli útrobní, je první podskupinou. Skládá se z vřetenovitých buněk, tyto buňky mívají asi 80 μm . Vyskytují se v základních soustavách (trávicí, dýchací a urogenitální). Toto svalstvo je obsaženo i v cévách. Tuto skupinu nemůžeme ovládat vůlí. Je ovládána autonomním nervstvem. Další podskupinou je svalstvo příčně pruhované (kosterní). Je tvořeno mnohojadernými svalovými vlákny. Tyto vlákna jsou od 10 μm až do 100 μm silná. Vznikají v průběhu embryonálního stádia splynutím jednojaderných buněk-myoblastů. Tato podskupina tvoří část aktivního pohybového systému a lze jej ovládat vůlí a cerebrospinálními nervy. Poslední podskupinou je srdeční svalstvo (myokard). Je tvořeno síťovitě uspořádanými vlákny. Vlákna obsahují příčně pruhované myofibrily. Myokard je ovládán autonomním nervstvem a není závislý na naší vůli [1].



Obrázek 1: Svalová tkáň-hladká, příčně pruhovaná a srdeční.

2.1 Svaly

Jak již bylo napsáno výše, svaly slouží jako aktivní pohybový aparát k zabezpečení polohy těla i vnitřních orgánů. Činnost svalů je hlavním zdrojem tepla v organismu. Základní typ svalu kosterního svalstva je příčně pruhovaný (musculus). Skladba svalu je rozdělena do tří částí. Nejdříve je svalové břicho (nejširší část svalu), poté následuje hlava svalu a jako třetí je šlacha, kterou je sval upevněn ke kosti. Pro správnou funkci svalu je nutná výživa. Ta se přivádí pomocí tepen, které se ve svalu hojně rozvětvují. Pro odvádění zplodin slouží žíly a mízní cévy. Veškerá cévní soustava a nervy, jsou přivedeny do svalu přes svalovou stopku.

Rozdělení svalů podle funkce: Ohýbač

- : Natahovač
- : Přitahovač
- : Odtahovač
- : Svěrač
- : Rozšiřovač
- : Zvedač
- : Stahovač
- : aj.

Podle tvaru a vzhledu se svaly dají třídit na: větvenovité, dvou-, tří-, čtyřhlavé a oblé. Podle směru svalových snopců rozlišujeme: šikmé, příčné a přímé. Pro správnou funkci svalu jsou potřebná i pomocná svalová zařízení. Tyto dělíme do tří skupin. První skupinou jsou povázky (fasciae)- jsou to tenké lesklé vazivové blány, obalující jednotlivé svazky svalů a poté dohromady celý sval. Druhou skupinou jsou tíhové váčky, které zamezují nadměrnému tření. Jsou umístěny mezi

svalem a kloubem. Tyto váčky jsou naplněny synoviální tekutinou, která zajišťuje ochranu proti tření. Poslední skupinou jsou šlachové pochvy. Ty se vytvářejí v místech, kde šlachy bezprostředně naléhají na kost. Jsou složeny ze dvou listů (zevního a vnitřního). Oba listy přecházejí podélným závěsem [1].

2.1.1 Svaly hlavy a krku

Svaly hlavy se dělí na dvě skupiny, a to na svaly žvýkací a svaly mimické. Svaly žvýkací obsahují svaly potřebné pro přitahování dolní čelisti, žvýkání, nebo otevírání úst. Druhou skupinou jsou svaly mimické. Tyto svaly jsou typické tím, že jsou upevněny na kost jedním koncem a druhým jsou přichyceny ke kůži a tím určují charakteristické rysy obličeje. Tato skupina se dělí na dalších šest podskupin (svaly šterbiny ústní, svaly v oblasti víček, svaly v oblasti nosu, svaly klenby lebni, svaly ušního boltce a m. buccinator -podklad tváře) [3].

Svaly krku jsou rozděleny do pěti skupin. První skupinu tvoří ploché podkožní svaly, ty jsou potřebné pro udržení svalového napětí. Další skupinou jsou svaly potřebné pro ohýbání krku. Třetí skupinu tvoří svaly, které jsou umístěny v dolní části dutiny ústní. Další skupina obsahuje dolní svaly jazyky. Poslední skupinu tvoří, svaly šikmé. Tyto svaly slouží pro pohyb krku dopředu a dozadu [1].

2.1.2 Svaly hrudníku a břicha

Svaly hrudníku jsou tvořeny velkým prsním svalem, který pomáhá při předpažení a funguje jako pomocný sval dýchací. Do této skupiny patří malý prsní sval a přední sval pilový, které jsou určeny pro rotaci dolního úhlu lopatky a opět fungují jako pomocné svaly pro dýchání. Poslední skupinou v oblasti hrudníku jsou vlastní svaly hrudníku, které jsou důležité pro vdechování a vydechování. Do této skupiny patří i nejdůležitější sval a to je bránice. Je to plochý sval rozepjatý mezi dutinou hrudní a dutinou břišní. Bránice je nejdůležitějším svalem pro dýchání.

Svaly břicha jsou ploché a obsahují svaly potřebné pro břišní lis, rotování páteře, zaklánění trupu, nebo také pro vyprazdňování dutiny. Tyto svaly jsou důležité pro správné rozmístění orgánů v dutině břišní [1].

2.1.3 Svaly zádové

Zádové svaly můžeme rozdělit do 4 skupin. Je to skupina povrchových svalů, skupina středních svalů, kategorie svalů podpůrných pro vdechování a vydechování a skupina svalů hlubokých. Do první skupiny se řadí sval trapézový a široký sval zádový. Sval trapézový je plochý, rozkládající se v oblasti sedmého krčního obratle. Tento sval ovládá pohyby lopatek (zdvihání a přitahování) a řídí záklon hlavy. Sval široký zádový plní funkci připažení a zapažení - je to nejmohutnější plochý sval a bývá označován jako sval pomocný nádechový. Do skupiny středních svalů se řadí pilovitý zadní sval. Ten se dělí na horní a dolní část. Horní část svalu se nachází mezi posledními dvěma krčními obratli a přechází až k prvním dvěma obratlům hrudním. Tento sval je také nazýván pomocným nádechovým. Druhá část pilovitého svalu je umístěna mezi posledními hrudními a prvními bederními obratli. Tato část opět slouží jako pomocný dýchací sval a podporuje funkci bránice. Předposlední vrstva, obsahuje svaly potřebné pro vdechování a vydechování a nachází se v prostoru od horní části hrudní páteře až po koncová žebra. V poslední vrstvě se nachází svaly, které se táhnou po celé délce trupu. Jejich hlavní funkcí je vzpřimování trupu a hlavy a také pomáhá s rotací páteře [1].

2.1.4 Svaly horní končetiny

Svaly této části těla se dělí do čtyř skupin:

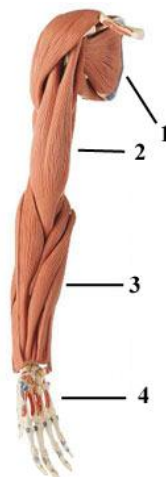
- Svaly pletence
- : Svaly paže
- : Svaly předloktí
- : Svaly ruky

První skupina, tedy svaly pletence, obsahují mohutnou skupinu svalů. Jsou uloženy kolem ramenního kloubu. Jsou důležité pro pohyby a fixaci ramenního kloubu v kloubní jamce. Největší sval této skupiny je sval deltový. Je důležitý pro ohýbání a upažování paže. Ostatní svaly obsažené v této skupině se uplatňují při rotaci zevní i vnitřní rotaci paže.

Další skupinou jsou svaly umístěné na paži. Do této skupiny spadají obecně známé svaly jako biceps a triceps. U bicepsu se jedná o sval dvouhlavý a je umístěn v přední skupině svalů. Jeho základní funkcí je ohýbání ruky v lokti. Tricepsový sval, neboli sval trojhlavý, je umístěn v zadní skupině. Primární funkcí tohoto svalu je propínání lidské ruky. Svaly zahrnuté do této skupiny se podílí na rotaci zad a hrudníku.

Předposlední skupinou jsou svaly umístěné na předloktí. Dělí se do několika vrstev. První vrstva obsahuje svaly potřebné pro otáčení a ohýbání dlaně, druhá vrstva je určena k ohybu kloubů a je tvořena pouze jedním svalem. Předposlední vrstva je tvořena dvěma svaly sloužícími také k ohybu kloubů. Hluboká vrstva obsahuje čtyřhranný pronující sval a plní funkci napínače předloktí.

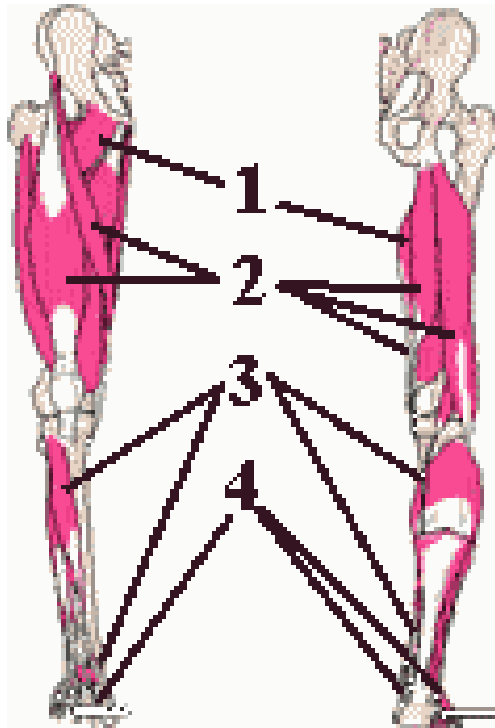
Poslední vrstva obsahuje svaly ruky. Tyto svaly jsou rozděleny do svalů palce, svalů malíku a středních svalů. Svaly na palci mají společný začátek a probíhají od dlaně k palci. Tyto svaly podmiňují palcový val. Skupinu svalů středních tvoří tzv. svaly houslistů a svaly přitahovačů a odtahovačů. Svaly houslistů sestávají ze čtyř štíhlých svalů začínajících u kloubů. Probíhají celým prstem až ke konečku. Svaly přitahovačů a odtahovačů vyplňují mezikostní prostory. Poslední skupinou jsou svaly malíku, které jsou podobné jako svaly palce. Opět tvoří malíkový val [1].



Obrázek 2: Svaly horní končetiny: svaly pletence (1), svaly paže (2), svaly předloktí (3), svaly ruky (4).

2.1.5 Svaly dolní končetiny

Tuto skupinu svalů můžeme rozdělit do čtyř skupin - svaly kyčelního kloubu, svaly stehenní, svaly bérce a svaly nohy. První zmiňovanou část svalů tvoří přední a zadní skupina svalů. Přední skupinu tvoří svaly významné pro vnitřní ohyb kyčelního kloubu, naopak zadní skupina je tvořena pro zevní rotaci tohoto kloubu. Druhá uvedená skupina je tvořena svaly, které jsou umístěny v oblasti stehna. Tato skupina sestává ze svalu čtyřhlavého, dvojhlavého, dlouhého stehenního, poloblanitého a dlouhého a velkého přitahovače. Přední svaly stehenní (sval dlouhý stehenní a čtyřhlavý) slouží pro unožení a přednožení, také napomáhá rotaci kyčelního kloubu. Zádň část této skupiny (dvojhlavý stehenní a poloblanitý sval) plní funkci ohybu dolní končetiny v kolenním kloubu a opět napomáhá při rotaci kyčelního kloubu. Poslední podskupinou, která se nachází v oblasti stehenních svalů, jsou mediální přitahovače tj. velký a dlouhý přitahovač, který oba slouží pro přitahování stehna k pánvi. Stehenní svaly jsou umístěné kolem holenní kosti a vedou od konce pánve až po kolenní kloub. Primární funkcí pro veškeré svaly umístěné na stehenní kosti je ohyb (flexe) v kolenním kloubu a jeho fixace, stejně jako u kloubu kyčelního. Ostatní podružné funkce slouží jako podpůrné pro ostatní svaly. Předposlední skupinou jsou svaly bérce. Tyto svaly jsou určeny pro ohyb kolene, nohy a prstů. Jsou rozděleny na tři podskupiny. První z nich je skupina přední, která je určena pro natahování prstů a nohy. Svaly laterální skupiny jsou druhé v pořadí a plní funkci udržování stability lidského těla a určují tvar nožní klenby. Předposlední skupinu tvoří svaly dorzální. Tyto svaly jsou určeny pro přitahování svalů prstů a nohy. Tato skupina je umístěna kolem kotníku (jak z vnitřní, tak i z vnější strany) a upíná se na Achillovu šlachu. Čtvrtou a poslední skupinou jsou svaly nohy. Tyto svaly jsou umístěny v oblasti chodidel. Dělí se na dvě skupiny, a to na svaly hřbetní a svaly na plantě (oblast palce). Hřbetní sval ovládá pohyb prstů. Svaly v oblasti palce jsou rozděleny do tří skupin. Mají obdobné uspořádání a funkce jako svaly na ruce. Svaly palcové, svaly střední skupiny a svaly malíkové. Veškeré svaly na chodidlech jsou umístěny v šlachové pochvě [1].



Obrázek 3: Svaly dolní končetiny: svaly kyčelního kloubu (1), svaly stehenní (2), svaly bérce (3), svaly nohy (4).

3 POTRAVA A ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE

3.1 Získávání energie

3.1.1 Vnitřní zdroje

Lidský organismus je schopen vytvořit energii z několika zdrojů. Prvním zdrojem jsou vnitřní (endogenní) zdroje. Tyto zdroje obsahují všechny tři základní živiny (tuk, cukr a sacharidy). Tato skupina se označuje jako pohotovostní zdroje. Nejvyužívanější živinou je cukr, který organismus používá při krátké, ale intenzivní zátěži. Ten je uschován v jaterním a svalovém glykogenu (podobné jako využití škrobu u rostlin). Naopak při méně namáhavé, ale delší zátěži, jsou využívány tuky, které jsou přeměněny na volné mastné kyseliny. Ty jsou umístěny ve svalové tkáni. Ovšem největší zásobárnou tuku jsou tkáně tukové. Čerpání z těchto tkání je možné pouze v případě, pokud je dlouhodobě omezen příjem energie v kombinaci s opakovanými dlouhodobými výkony [2].

Tabulka 1: Teoretické zásoby energie ve formě živin.

Zdroje energie	Zásoby		Využitelnost	Skutečné využitelné (v kcal)	
	v gramech	v kcal			
Tuky					
tuková tkáň	cca 8 000	72 000	10%	7 200	(bez hladovky)
nitrosvalové	cca 400	3600	50%	1800	
Glykogen (Cukry)					
jaterní	cca 100	400	100%	400	(maximální hodnota)
svalový	cca 500-700	2 000- 2 800	80%- 90%	1600- 2 500	(průměrný- špičkový sportovec)
krevní glukóza	několik gramů		nevýznamný zdroj		
Proteiny					
Nitrosvalové	cca 2 000	8 000	20%	1600	(v případě, že příjem potravy je kriticky nedostatečný)
Mimobuněčné	500	2 000	80%	1600	

3.1.1.1 Tuky

Tuk je nejvýznamnějším zdrojem energie. Vzhledem k již zmíněným živinám (tab. č. 1) je to největší zásobárna využitelné energie. Je určen pro vytrvalostní výkony též nazývané jako aerobní. Při přeměně tuku na energii je potřeba kyslík (aero). Využívají se tuky ze svalové tkáně, nebo ty, které jsou uvolněny z tukových zásob do krevního oběhu. Podle teoretických odhadů lze provádět aerobní výkon po dobu 30 hodin, bez použití jakéhokoliv jiného zdroje. Přeměna tuků na mastné kyseliny neprobíhá pouze izolovaně. Při této přeměně vznikají i další živiny (cukry a proteiny.) Ty v případě nouze jsou nahrazeny glukózou a dopraveny krevním oběhem do dané oblasti [2].

3.1.1.2 Cukry

Cukry jsou obsaženy v játrech a zajišťují stálou a nezbytnou hladinu krevního cukru. Tento cukr neslouží jako zdroj pro svaly, ale k zajištění životních funkcí. Pokud dojde k zásadnímu poklesu této hladiny, dochází ke zhoršení (tzv. nervosvalové) koordinace. Pokud hladina klesne na hodnotu menší než 20 % dochází k výraznému zhoršení kvality výkonu [2].

3.1.1.3 Proteiny

Svalstvo získává proteiny z bílkovin a používá se jako zásobárnu energie tehdy, kdy jsou veškeré ukazatele (krevní cukr a ostatní) pod kritickými hodnotami. Pokud je vše v normálu, z těchto proteinů je vytvářena krevní plasma, nebo kyselina nukleonová. Bílkoviny, které jsou v těle, se musejí rozložit na nejjednodušší stavební prvky. Tyto prvky se nazývají aminokyseliny. Podle množství aminokyselin (tělo si je samo nevytvoří) se posuzuje kvalita bílkovin. Odhadovaná energetická hodnota bílkovin je 1 g odpovídá 17 kJ [3].

3.1.2 Vnější zdroje

Skladba přijímaných potravin ovlivňuje růst, vývoj a zdraví organismu. Jídlo, které přijímáme, obsahuje již zmíněné cukry, bílkoviny, sacharidy, tuky, vodu, minerální látky a vitamíny. Cukry, bílkoviny a sacharidy jsou zdroje vnitřní. Tělo je využívá pouze při nedostatku energie ze zdrojů vnějších. Každá z těchto složek má nepostradatelný vliv na lidské tělo, proto jsou pro každou část potravy stanoveny limity, které určují minimální množství, které by měl lidský organismus přijmout za 1 den. Pro první zmíněnou složku (tj. bílkoviny) je tato hodnota stanovena velikostí 1 gram na 1 kg tělesné hmotnosti. V běžných potravinách je obsaženo kolem 15 % bílkovin. Další nepostradatelnou částí potravy jsou sacharidy. Doporučená denní dávka je 4-6 g na 1 kg tělesné hmotnosti. Tato složka zásobuje svaly energií. Je obsažena v potravinách jako jsou brambory nebo těstoviny. Nestravitelným sacharidem je vláknina. Ta podporuje činnost střev a snižuje výskyt střevních nádorů. Výskyt vlákniny v potravě je kolem 40% až 50 %. Pro správnou funkci lidského těla jsou důležité i tuky. V jídle je obsaženo 20% až 30% tuků. Rozpouštějí některé vitamíny, které se jinak nevstřebají. Při nadměrné konzumaci živočišných tuků může vzniknout ateroskleróza. Další nedílnou součástí potravy jsou minerální látky, které nejsou zdrojem energie. Jsou nezbytnou součástí buněk a tělních tekutin. Předposlední částí stravy je voda. Průměrné doporučené množství vody je 2 až 3 litry denně. Tato část udržuje stálé pH v lidském těle. Poslední složkou lidské stravy jsou vitamíny. Lidské tělo si je neumí vytvářet samo, proto je musíme přijímat z potravy. Vitamíny účinně působí na některé složky enzymů [2].

3.1.2.1 Energetická hodnota potravin

Každá potravina má pevně dané množství látek, které je schopna odevzdat lidskému tělu. Tato energie se měří v kilokaloriích [kcal] a pro přepočítání je použita konstanta 1 kcal = 4,185 kJ. V tabulce jsou některé druhy potravin přepočtené na jouly.

Tabulka 2: Energetická hodnota potravin [4].

Název potraviny	Energetická hodnota	Energie	Bílkoviny	Sacharidy
[-]	[kcal/100g]	[kJ]	[g/100g]	[g/100g]
Ananas	52,90	221,39	0,49	12,70
Anglická slanina	402,46	1684,30	10,54	0,08
Bábovka (kynutá)*	407,00	1703,30	8,70	55,90
Banán	93,27	390,33	1,24	23,09
Bramborová kaše*	101,31	423,98	2,53	19,64
Brambory	90,93	380,54	2,01	20,31
Brambory vařené*	80,87	338,44	2,04	20,67
Cibule	45,00	188,33	1,58	8,91
Cukr	390,00	1632,15	-	98,97
čočka vařená*	90,00	376,65	7,80	17,17
Debrecínská pečeně*	273,41	1144,22	20,91	0,10
Drůbeží maso	162,12	678,47	19,74	0,32
Drůbeží párky*	249,00	1042,07	13,91	1,51
Dunajská klobása*	452,23	1892,58	21,60	0,10
Džus jablečný	39,00	163,22	0,08	9,60
Fazole vařené*	95,00	397,58	7,80	21,40
Guláš vepřový*	161,36	675,29	3,19	5,60
Hovězí roštěná	182,56	764,01	28,40	0,10
Hovězí libové	132,56	554,76	20,71	0,50
Hrách vařený*	78,93	330,32	6,70	10,60
Husí maso pečené*	410,69	1718,74	17,18	0,09
Chléb konzumní	249,00	1042,07	8,01	50,16
Jablka	50,18	210,00	0,40	12,95
Káva turecká	30,00	125,55	0,31	5,90
Krůtí maso	98,80	413,48	15,58	0,20
Kuře pečené*	142,63	596,91	13,13	1,67
Máslo čerstvé	734,00	3071,79	0,70	0,52
Mléko plnotučné	61,70	258,21	3,10	4,75
Rohlík	308,00	1288,98	9,78	57,47
Sýr Eidam 30%	263,00	1100,66	30,30	1,40
Těstoviny vařené*	131,35	549,70	3,55	23,74
Vepřové maso pečené*	543,52	2274,63	17,61	1,53
Zelí sterilizované	17,09	71,52	0,75	4,02

* údaje u těchto položek se v praxi mohou lišit

4 HISTORIE POHÁNĚJÍCÍCH MECHANISMŮ

4.1 Pohon pomocí zvířat

Přibližně 3,5 tisíce let př. n. l. vynalezl člověk stroje a postroje pro zvířata, tím je mohl začít využívat i ke konání práce (tzv. animální síly). Ze začátku byly postroje primitivní a stroje např. pluh či vůz se přivazoval k ohonu zvířete. Mezi 6 a 7. století n. l. byl v Číně vynalezen tažný popruh skládající se z chomoutu a prsního popruhu (tento vynález se v západní Evropě začal používat až kolem roku 1000 n. l.). Postupně se zvířecí síla stala nepostradatelnou v ekonomice západní Evropy a tím zůstala v některých oblastech přibližně do konce 19. století než ji vystřídaly jiné technologie [17].



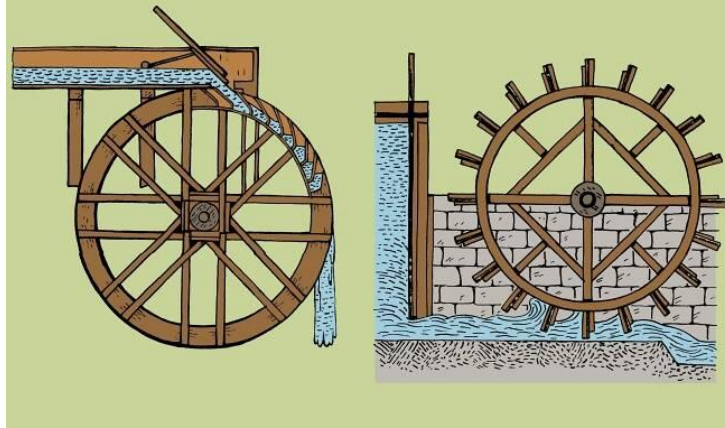
Obrázek 4-1: Zvíře pohánějící mlýn.

Energie zvířat byla využívána pro přepravu osob i nákladu. Nejvíce využívaná zvířata byly koně. Používali se při orbě polí i pro pohon jednoduchých strojů např. žentouru. Tento stroj sloužil pro převod síly na točivý moment na hřídeli, jímž se poháněla řemenice pro další aplikace.



Obrázek 4-2: Koně pohánějící žentour (solný důl v Polsku).

Postupem času se začaly objevovat mechanismy poháněné vodou. V dřívějších dobách měly souhrnné označení mlýny (moučné, krupní, rudné, čerpací). Pohon obstarávalo mlýnské kolo (válec, na kterém jsou připevněny lopatky), které se za pomoci vody otáčelo. Poté je princip převodu energie založen na rotaci kolem své osy. Postupem času se mlýny zdokonalovaly a byly určeny i k jiným činnostem než ke mletí (buchary, valchy, mechy).



Obrázek 3: Ukázky vodního kola.

Později se začala využívat i energie větru (obdobný princip jako u vodního kola). Lopatky byly větší a delší pro lepší využití této energie. Tyto tři uvedené typy pohonu byly používány až do začátku 19 století, kdy byl objeven Jamesem Watterem parní stroj. Tento vynález pracuje na principu tepelného pístového motoru. Přeměňuje tepelnou energii na mechanickou, kdy základním médiem je voda, která je ohřívána a poté vháněna do válce, ve kterém je umístěn píst, který se vlivem expanze začne pohybovat. Tento píst je napojen na další strojní součásti, které jsou přizpůsobeny pro danou činnost. V případě parní lokomotivy se jedná o hnací železná kola. V jiném případě by toto zařízení mohlo být realizováno železným kolem, ve kterém je drážka pro uchycení klínového řemenu pro pohon ostatních zařízení [18].

5 PŘEMĚNA LIDSKÉ SÍLY NA ELEKTRICKOU ENERGIÍ

Z rozboru potravin je patrné, že každá potravina má určitou energetickou hodnotu, která se v lidském těle ukládá ve formě cukrů, proteinů a jiných látek důležitých pro vykonání práce. Tato energie je přenášena do svalů pomocí krevních řečišť. Výdej energie potřebné pro daný typ práce se velice liší podle toho, jestli práci vykonává muž či žena. Také podle druhu práce.

Tabulka 3: Příklady energetických výdajů při různých typech zátěže [2].

Vykonaná práce	muž		žena	
	Energetická hodnota	Energie	Energetická hodnota	Energie
	[kcal]	[kJ]	[kcal]	[kJ]
lehká práce (kancelářská práce)	10500,00	43942,50	9000,00	37665,00
středně těžká práce	11500,00	48127,50	10000,00	41850,00
těžká práce (manuální, dělníci, zemědělci)	15000,00	62775,00	11000,00	46035,00
tvrdě trénující kulturista v objemu nad 60 let (neaktivní)	20000,00	83700,00	-	-
těhotné a kojící ženy (neaktivní)	9000,00	37665,00	7500,00	31387,50
	-	-	12000,00	50220,00

V předchozí tabulce je uvedeno základní rozdělení prací a k tomu je přiřazena určitá hodnota vydané energie. Tato hodnota se velmi mění v závislosti na fyzickém stavu a věku posuzované osoby a také dalších ostatních faktorech. Tabulka níže popisuje jednoho vybraného jedince, který je v rozmezí 25-34 let (nejvyšší výkonnost) o hmotnosti 70 kg. Veškeré výdaje energie uvedené v tabulce jsou odvozeny od dané činnosti, která trvala 1 hodinu.

Tabulka 4: Výdej energie při dané aktivitě [4].

Aktivita	Výdej energie	Výdej energie
[-]	[kcal]	[kJ]
Chůze (5 km/h)	200	840
Běh (10 km/h)	700	2940
Jízda na kole (20 km/h)	550	2310
Chůze do schodů	400	1680
Tenis	550	2310
Stolní tenis	220	924
Tanec	300	1260
Plavání	400 - 600	1680 – 2520
Fotbal	500 - 600	2100 – 2520
Lyžování sjezd	500	2100
Lyžování běžky	700	2940

Tato přeměna nemusí nutně souviset pouze s aktivní činností, jak je uvedeno v tabulce výše. energii lze „vyrábět“ i pasivním způsobem.

Základní rozdělení přeměny: Aktivní: jízda na kole

:kmitáním (svítílna)

:tlakem

: Pasivní: při chůzi

: z tepla vyzařovaného povrchem těla

5.1 Pasivní přeměna

Jak je již napsáno jedna z možných přeměn energie, která je konána pasivním způsobem (lidské tělo tuto přeměnu neprovádí přímo) je chůze. Pro tuto přeměnu jsou již vytvořeny prostředky.

5.1.1 Energie z chůze

Jedna z přeměn je založena na principu stlačování tenkých křemíkových destiček, které jsou navrstveny na sobě. Při dolehnutí paty na povrch je vyvinut tlak, který je úměrný hmotnosti člověka. Tlak způsobí ohyb křemíkových destiček a ty vytvoří elektrickou energii (podobný princip jako u piezoelektrického jevu- při stlačení křemíkové destičky se na opačných koncích objeví napětí, které je úměrné tlaku). Tuto energii lze odebírat okamžitě pomocí tenkého kabelu nebo si ji v těchto čípech uschovat a odebírat ji později. Podle keňského vynálezce Anthony Mutua lze tímto prototypem nabít chytrý telefon (o starších telefonech se Mutua nevyjadřuje). Tento generátor lze libovolně přemísťovat v rámci uzavřené obuvi [5].



Obrázek 7:Schéma generátoru již vloženého do podrážky [5].

Dalším mechanismem pro výrobu elektřiny z chůze je speciální vložka do bot, která je na špičce a na patě naplněna speciálním tekutým kovem galistan (galium, indium a cín). Celý proces je založen na principu obráceného elektrického namáčení. Základem jsou dva váčky, ve kterých se vlivem tlaku změni povrchové napětí. Toto napětí je měněno na elektrickou energii, která je odebírána. Čím více energie je zapotřebí, tím je nutné rychleji jít (běžet). Celé zařízení je schopné vytvořit při normální chůzi výkon desítek wattů. Maximum, které je schopno vytvořit se pohybuje kolem 300 W. Pro vygenerování této hodnoty je nutné maximální fyzické zatížení. Toto zařízení je již implementováno do podrážky a není přenositelné [6].



Obrázek 8: Generátor na principu elektrického namáčení [6].

Třetí a posledním generátorem energie z chůze je obuv s názvem PediPower. Jedná se o poněkud rozměrnější řešení než již zmíněné generátory. Tento systém obsahuje kloubový pedál, kterým je poháněna jednosměrná převodovka. Kinetická energie z převodovky je využita generátorem, který ji převádí na energii elektrickou. Celý tento systém je schopen vygenerovat výkon 400 mW. Tato energie je ukládána do baterií. Prototyp je pouze na zkoušku, ve vývoji je kompaktnější řešení [7].

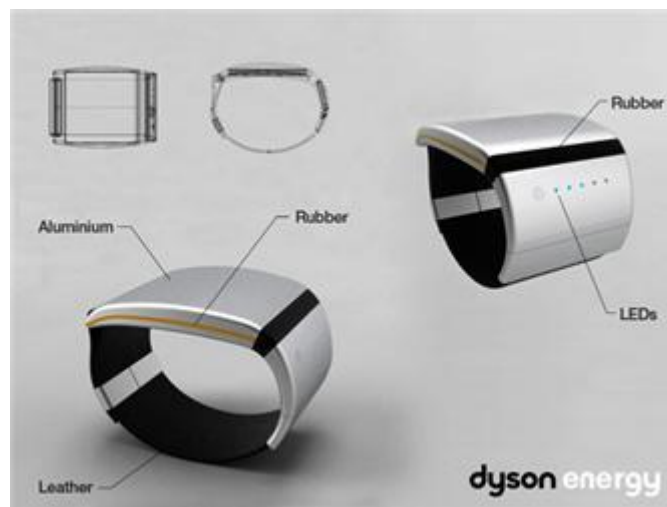


Obrázek 9: PediPower [7].

5.1.2 Energie z tepla

Většina mechanismů, které jsou schopny vytvářet elektrickou energii pomocí vyzařovaného tepla, fungují na principu tzv. SeeBecku. Je založen na principu rozdílu okolní teploty a povrchové teploty lidského těla.

Americká firma Yanko Desing vyvinula speciální náramek, který funguje na principu SeeBecku. Energie z rozdílu teplot je ukládána do baterií, které jsou integrovány v náramku. Touto energií lze nabít mobilní telefon avšak pouze na jediný hovor. Poté opět následuje několikahodinové nabíjení přes náramek [8].



Obrázek 10: Náramek s technologií SeeBeck [8].

Na obdobném principu funguje i přehrávač hudby, který stačí pouze přilepit jako náplast k tělu. Přehrávač se nabíjí opět z vyzařené tepelné energie lidského těla. Po stisku tlačítka začne speciální čip, který za pomoci bezdrátové sítě, vysílat do informačních kanálků těla vibrace, které tělo vnímá jako „hudbu“ [8].

Dalším zdrojem elektrické energie z tepelné energie je použití Peltierových článků. Pokud tento článek na jednom konci ohříváme a na druhém ochlazujeme, vzniká elektrická energie. Těto výhody je využito v kapesní LED svítilně. Pokud je rozdíl teplot větší jak pět stupňů Celsia, Peltierův člen je schopen vyrobit kolem 5,4 mW, což stačí na rozsvícení jedné žárovky. Pokud je rozdíl větší, jas svítilny je o to lepší [9].

Další zařízení pracuje na přeměně kinetické energie na elektrickou. Je připevněno k opasku a převádí pohyby lidského těla při chůzi či běhu na elektrickou energii. Výkon je obdobný jako u náramku s technologií SeeBeck [10].

5.2 Aktivní přeměna

Tato část je tvořena mechanismy, které pro přeměnu na elektrickou energii potřebují naše úsilí a sílu. Na rozdíl od pasivní přeměny je nutné vyvinout u přeměny aktivní takovou činnost, která je nutná pro správný chod zvoleného mechanismu.

Prvním mechanismem, u kterého je zapotřebí aktivní přeměny plní funkci LED svítilny a nabíječky. Tento mechanismus je tvořen kličkou a dynamem. Po roztočení kličky, která je pevně spojena s dynamem, se pomalu vytváří v dynamu proud, který je ukládán do baterií. Vytvořená energie může být využita jako svítilna nebo nabíjení mobilních telefonů. Maximální výkon, který lze odebrat je 2W. Výrobce uvádí, že pokud se otáčí kličkou 3 minuty, vytvořená energie vystačí na 2 až 8 minut telefonního hovoru. Svítilna je osazena 5-ti LED diodami a 1 minuta otáčení vystačí na 20 minut svitu [11].



Obrázek 8: LED svítilna a dobíječka na kličku [11].

Zařízení fungujících na principu točení kličky je spousta. Většinou se jedná o nabíječky mobilních telefonů, nebo svítilny. Většina svítlen je osazena LED diodami z důvodu úspory elektrické energie (ve srovnání s obyčejnou žárovkou). Někteří výrobci mobilních telefonů pro venkovní použití dodávají již v základu zařízení, které je primárně určeno pouze pro daný typ telefonu- stačí je pouze připojit a točit kličkou. Veškeré tyto nabíječky neslouží pro nabití plné baterie. Jsou určeny pro nouzové nabití a uskutečnění telefonátu.

Dalším zařízením fungujícím na principu aktivní přeměny je tzv. Věčné světlo. Jedná se opět a svítilnu vybavenou technologií LED, nebo halogenovou žárovkou. Svítilna pracuje na principu elektromagnetické indukce. Pokud je třesení ve vodorovné poloze delší než 30 sekund, je svítilna schopna svítit více než 5 minut. Jak již bylo zmíněno, jedná se o princip elektromagnetické indukce. Magnet je uzavřen v plastovém válci, ve kterém se pohybuje z jedné strany na druhou, podle toho jak se svítilnou třepeme. Okolo válce je v určitém místě navinuta cívka, která po průchodu magnetu začne vytvářet elektrická energie, která nabíjí kondenzátor. Ten slouží jako baterie pro svícení [12].



Obrázek 9: Věčné světlo.

Zmíněné prototypy jsou praktické, jelikož jejich využití je možné v běžném životě, na rozdíl od výrobku americké firmy HumanCar, která vytvořila pouze vizi elektro-auta, jehož hlavní silou je člověk. Tento koncept je spíše takovým pokusem. Do běžného provozu se rozhodně nehodí. Tento stroj je poháněn elektromotorem, který je připojen na akumulátor. Ten si lze dobít před plánovanou cestou, nebo přímo po cestě silou svého těla. Pohyb lidského těla při napájení akumulátorů je srovnatelný s pohybem vykonávaným při veslování, při němž se zapojí do pohybu jak horní tak i dolní část těla. Cestující mají před sebou u svých sedadel tyč, která se může vychylovat z rovnovážné svislé polohy. Pokud s ní začnou pohybovat „tam a zpět“ (pohyb jako u veslování) je tento pohyb převeden na elektrickou energii, která dobíjí akumulátor. Toto vozidlo lze provozovat ve třech režimech. Prvním režimem je čistě elektrický provoz, kdy automobil dokáže po rovině vyvinout rychlost až 100 km/h. Druhým režimem je provoz smíšený, kdy se za jízdy dobíjí baterie. Na rychlost toto dobíjení nemá vliv. Posledním režimem je pohon čistě na lidskou energii. Při tomto režimu je automobil schopný jet rychlostí 50 km/h. Tento automobil musí být osazen vždy všemi čtyřmi pasažéry (motory). Pokud by automobil chtěla obsluhovat pouze jedna osoba, musela by pohon obstarávat elektromotor [13].



Obrázek 10: Imagine-PS [13].

V roce 1986 byl vyroben prototyp auta, který je založen na podobném principu jako Imagine PS. Jedná se o automobilku Twike. Pohon obstarává elektromotor o výkonu 3 kW. Oproti výše zmíněnému automobilu je Twike poháněn pouze pomocí elektromotoru, nebo se k elektromotoru přidává lidská síla. Převod lidské síly na pohon automobilu je realizován pomocí jízdního kola (lehokola). V závislosti na zvolených akumulátorech je Twike schopen ujet vzdálenost 40km - 500 km (Ni-Cd pro menší vzdálenosti, Li-Mn pro delší). O nabíjení akumulátorů se stará systém rekuperace energie při brzdění, nebo nabíjení z elektrické sítě (230V), nebo solární elektrárna o ploše cca 5m². Spotřeba tohoto vozidla je 4-8 kWh/100 km (záleží na stylu jízdy, terénu atd.). Pro představu tento údaj je ekvivalentem cca. 0,5l/100km benzínu či nafty. Výrobce uvádí maximální rychlost 90 km/h, ale s menšími úpravami je schopno jet i přes 100 km/h. Od již zmíněného roku až do dnes bylo vyrobeno a prodáno více než 850 Twiků [26].



Obrázek 11: Twike Active [26].

Způsobů, jakými lze vytvořit elektrickou energii pomocí lidské síly je několik. Některé jsou již zmíněny výše. Další prototyp se nazývá POWERplus. Jedná se o šlapací generátor. Je založen, který je založen na obdobném principu jako jízda na kole. Pohon obstarávají dva pedály. Po jejich uvedení do činnosti (šlapání), je roztáčen generátor, který přemění mechanickou práci na elektrickou energii. Tuto energii poté lze odebírat. U tohoto zařízení lze využívat různé hladiny napětí od 3 V pro nabíjení mobilních telefonů, až po 12 V. Generátor je vybaven i měničem napětí, které mění úroveň z 12 V na síťové napětí 230 V. Při tomto napětí je možné odebírat výkon až 100 W. Tento stroj neobsahuje žádný akumulátor, takže pokud je šlapání ukončeno, končí i výroba elektrické energie [14].



Obrázek 12: Prototyp POWERplus [14].

Firma z Velké Británie Camis Electronics zveřejnila zařízení, které funguje na obdobném principu jako zmíněný POWERplus. Jediný rozdíl je ve způsobu roztáčení generátoru. U předešlého konceptu je řešen pomocí síly dolních končetin na rozdíl od prototypu HD 550/600, u kterého pohon obstarávají horní končetiny. Z tohoto důvodu je zadní strana opatřena upínacím popruhem tak, aby bylo možné zařízení umístit do ideální polohy kdekoliv mimo civilizaci. Výrobce uvádí jmenovitý výkon 50 W (HD 550) a 60 W (HD 600) při napěťových hladinách 12 V a 24 V [19].



Obrázek 13: HD550/HD600 [19].

Čínská firma Glimmer Electronics Co. vyrábí generátory poháněné lidskou silou. V jejich nabídce jsou generátory využívající jak horní tak i dolní končetiny. Jedním z generátorů, který je roztáčen pomocí horních končetin je FSD Hand Generator. Je založen na stejném principu jako zmíněný HD 550. Napěťová hladina je od 0-28 V. Výkony jsou v rozmezí od 20 do 65 W. Dalším generátorem této firmy je SS-20W Hand generátor. Tento generátor je velice podobný již zmíněnému generátoru „na kličku“. Maximální výkon činí 40 W a napěťová hladina je opět od 0-28 V. Poslední nabízený generátor je složen z rotopedu a k němu napojeného generátoru. Maximální velikost výstupního výkonu činí 300 W. Napěťová hladina je stejná jako u ostatních generátorů od této firmy [20].



Obrázek 14: HPG-1.

Německý designér Christoph Thetard v roce 2010 přestavil robota, který pomáhá v kuchyni a funguje pouze na lidský pohon. Tento stroj dostal označení R2B2. Celé zařízení je založeno na principu setrvačného motoru. Ten při lehkém sešlápnutí pedálu je schopen se roztočit na 420 otáček za minutu a tím vyrobí výkon o velikosti 350 W. Tato energie poté pohání jednoduché kuchyňské aplikace jako je mixér a elektrický mlýnek na kávu [21].



Obrázek 15: Kuchyňský robot R2B2.

Zajímavé řešení nabídla čínská firma Weibang, která k elektrické vřetenové sekačce na trávu přidala generátor se šlapátkou. Energie z generátoru nabíjí baterie pro elektromotor. Tato sekačka má 3 režimy chodu. První je čistě elektrický, kdy je v chodu elektromotor, který se stará o pojezd

i o rychlost otáčení vřetena. Druhý režim je kombinovaný, kdy se pomocí šlapátek určuje rychlost pohybu sekačky a elektromotor se stará o vřeteno. Poslední režim je čistě manuální. Pomocí šlapátek a převodových kol je zajištěn jak posun tak i rychlost vřetena. Sekačka je opatřena 350 W motorem a baterii o kapacitě 10 Ah a 36V [22].



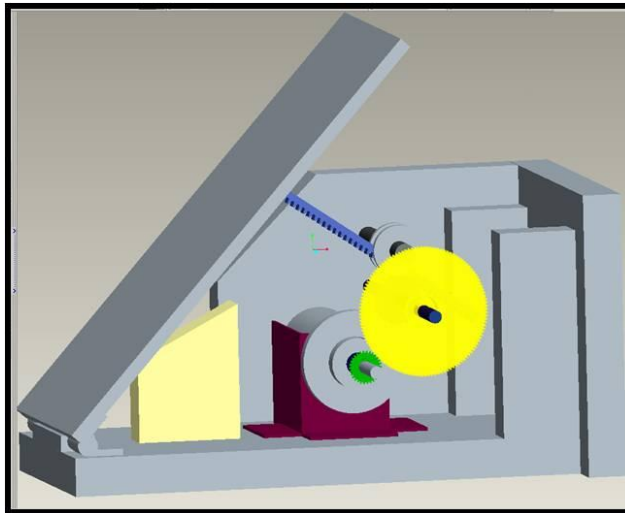
Obrázek 16: Sekačka Weibang wb em457 [22].

Severoamerická firma The Windpower vyrábí šlapací generátor, který je určen pro vzdělávací účely. O pohon se stará DC generátor s permanentními magnety. Na rozdíl od již zmíněných se jedná o generátor, který je poháněn silou horních končetin. Při pohybu držadel, je přes soustavu ozubených kol (převodů) poháněn generátor, který je připojen k testovacímu boxu. Tento box je opatřen světelným zdrojem s technologií LED o výkonu 3 W a obyčejnou žárovkou s 50 W. Při demonstraci vyrobeného výkonu je použití technologie LED v porovnání s obyčejnou žárovkou výhodné (rozdíl 3W oproti 50W). Celé zařízení pracuje na napěťové hladině 12 V [27].



Obrázek 17: Generátor na ruční pohon.

Zajímavou studii vyvinul americký student z Illinois. Jedná se o generátor, který je roztáčen pomocí ohybu kotníku. Tato síla je převedena na otáčivý pohyb, který je umocněn setrvačником a poté je tato energie připojena na generátor. Parametry generátoru jsou nastaveny tak, aby byl vyráběný výkon dostačující pro nabíjení přenosného počítače.



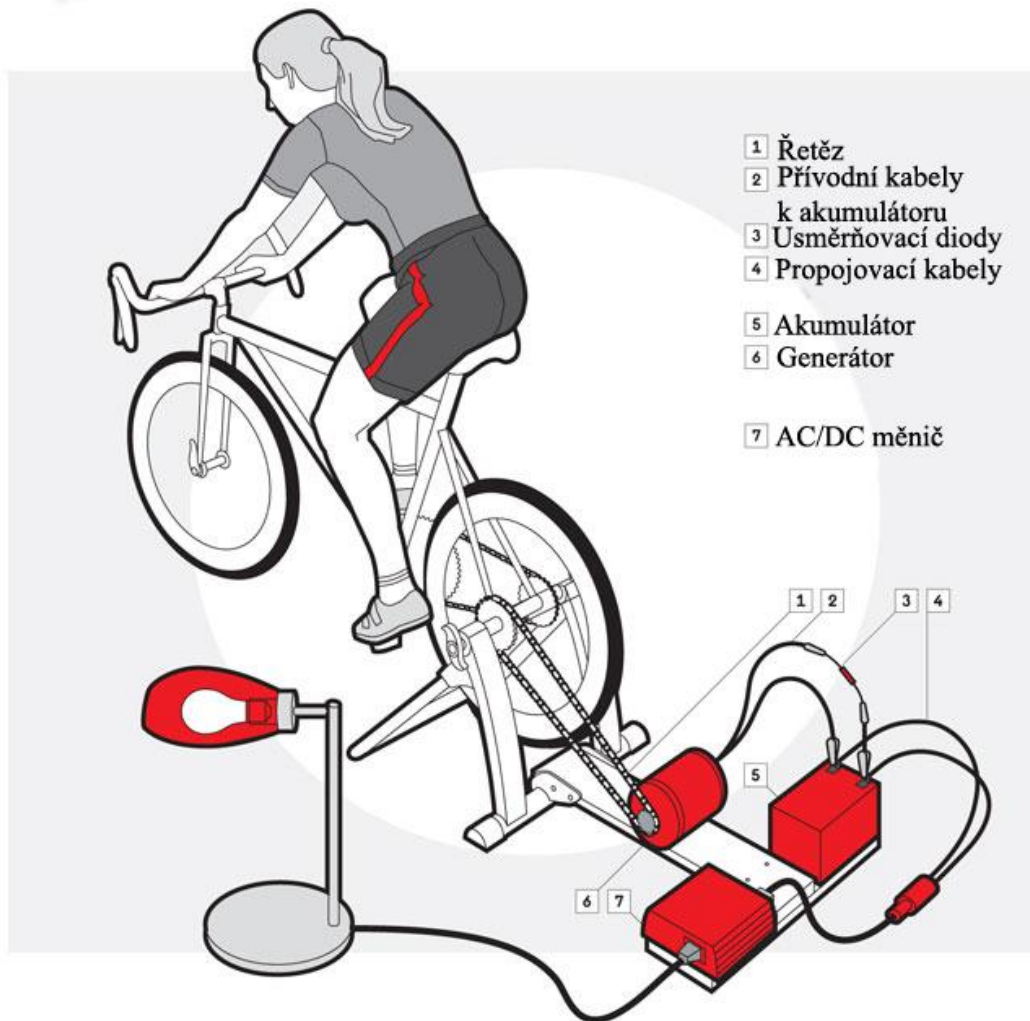
Obrázek 18: Generátor, který je poháněn kotníkem.

Další studií je Nathaniela Cruze z Filipín. Jedná se opět o šlapací generátor. Tato soustava je složena z alternátoru, který je v automobilech, dále z cyklistického ráfku a soustavou ozubených kol a řetězu (také opět z jízdního kola). Celý tento mechanismus je upevněn na ocelovém rámu. Při pohybu ozubených kol (možnost volení převodového poměru) se otáčí již zmíněný ráfek. Ten je spojen klínovým řemenem k alternátoru, který při otáčení vyrábí elektrickou energii. Jedná se opět o napěťovou hladinu 12 V [28].



Obrázek 19: Studie šlapacího generátoru.

New Yorský magazín Popular Mechanics otiskl návod na vytvoření šlapacího generátoru za pomoci obyčejného cyklistického kola bez větších úprav. Tento generátor je založen na obdobném principu jako zařízení od firmy MNS Power LLC (Obrázek 24: Cyklo-generátor pro venkovní užití). Při šlapání je roztáčen elektromotor o výkonu 200W a napětí 24 V. Vytvářená energie je poté ukládána do 12V akumulátoru, odkud je odebírána a transformována na napětí 230 V. Výhodou u tohoto zařízení je možnost volby převodu pomocí obyčejné přehazovačky, jaká je u každého kola. Z důvodu možného rozložení a poté složení celého mechanismu, je pro ochranu baterie a celého zařízení na přívodním kabelu (mezi motorem a baterií) usměrňovací dioda [29].



Obrázek 23: Návod na sestavení generátoru.

6 ENERGIE PRO OSVĚTLENÍ, NAPÁJENÍ DOMÁCNOSTI

Výše zmíněné prototypy vyráběly elektrickou energii, která pokryla osobní spotřebu daného jedince, nebo na nabíjení mobilních telefonů, či svícení. Společnost Pavegen vytvořila dlaždici, která je schopna generovat elektrickou energii, pokud se po „ní“ chodí. Pokud je dlaždice stlačena tlakem, který vytvoří noha člověka, piezoelektrický materiál, který je pod vrchní vrstvou, začne vytvářet elektrickou energii. Tuto energii pak lze skladovat, nebo je možné ji využít pro osvětlení veřejných prostor, jako jsou ulice či náměstí. Jedna taková dlaždice je schopna vytvořit 2,1 Wh při rušném provozu v daném místě. Tato hodnota není nijak velká. Pro potřebu osvětlení je nutné vytvořit větší pole těchto panelů. Celý piezoelektrický materiál je ukryt pod vrstvou gumy. Aby celý mechanismus správně fungoval, musí být zajištěn průhyb dlaždice minimálně 5 mm. Tento průhyb znamená vynaložení většího úsilí nutného pro přejetí dané dlaždice [15].



Obrázek 24: Vize nezávislého napájení pouličního osvětlení na zastávkách metra [15].

Dalším projektem, který umožňuje nezávislý odběr elektrické energie je kombinace posilovny a generátoru elektrické energie. Jedná se o projekt španělského studia ELII. Jde o takzvanou parazitickou strukturu. Je možné napojení i na stávající objekt. Pokud se jedinec chce dívat na televizi nebo si uvařit jídlo, nejdříve si na tyto činnosti musí vyrobit elektrickou energii. V posilovně je umístěno několik strojů, které jsou vybaveny generátory. Vyrábění elektrické energie je možné několika způsoby. Lze šlapat na rotopedu, dělat lehy- sedy nebo běhat na běžícím pásu.

Na východním pobřeží USA se objevila hudební skupina, která energii potřebnou na koncert si vytváří sama. Mezi místy kde vystupují se přesouvají pomocí kol. Na kolech vozí 1200 W generátor, který při pohybu vyrábí elektrickou energii. Ta se poté ukládá do baterií.

Zajímavé řešení nabídl šéf brazilské věznice v São Paulo, který umístil do prostor vězení šlapací generátory. Jedná se o jízdní kola, která jsou napojena na generátor. Energie z generátoru

je ukládána do baterií. Po setmění tato energie osvětluje ulice již zmíněného města. Tento muž nabídl i zajímavou nabídku s tím, že vězeň, který odšlape 24 hodin (nejen, že vyrobí větší množství energie), ale zkrátí trest o 1 den. Generátory jsou prozatím pouze 4, každý o výkonu 150 W.



Obrázek 25: Vězeňská elektrárna.

Podobné konstrukční řešení nabídla i arizonská firma MNS Power LLC. Na rozdíl od použití v brazilské věznici je tento výrobek přizpůsoben pro širokou veřejnost. MNS Power nabízí dvě odlišné možnosti výroby el. energie. První varianta je podobná rotopedu, který ukrývá generátor o výkonu 300W. U tohoto modelu je vše pevně spojeno a uchyceno na kostru stroje. Výkon, který vyrábí generátor je ukládán do 12V baterie. Energie z baterie je transformována na hladinu napětí 110 V pro USA, nebo 230 V. Tato varianta je vhodná pro použití ve fit centrech nebo domácnostech [23].



Obrázek 26: Cyklo-generátor pro vnitřní užití [23].

Druhá varianta je pro použití v přírodě. Je složena z nezávislého generátoru, baterie a střídače. Tato konstrukce nevyžaduje žádný speciální požadavek na jízdní kolo, které pohání generátor. Podle výrobce instalace jakéhokoli kola zabere 5 minut. O chod generátoru se starají dva protiběžné válce, na které se umístí pneumatika jízdního kola. Při otočení pneumatiky dojde

k otočení těchto válců a přes ozubená kola se začne otáčet generátor. Zařízení je opět osazeno 300 W generátorem. Energie je ukládána opět do baterií. Systém má ochranu proti přehřátí [23].



Obrázek 24: Cyklo-generátor pro venkovní užití [23].

7 SROVNÁNÍ ENERGIÍ

Výše zmíněné generátory měly maximální výkon kolem 300 W. Nejúčinnější generátor, který mění lidskou sílu na elektrickou energii je založen na principu jízdního kola nebo rotopedu. Při měření v roce 1989, kdy tým profesionálních cyklistů během cyklistického závodu napříč Amerikou, testoval vybraného jedince tak, že do náboje zadního kola umístili zařízení pro měření výkonu a počtu kalorií, se zjistilo, že průměrný trénovaný cyklista může podávat po dobu jedné hodiny výkon 3 W na každý kilogram své váhy. Tedy v případě osmdesáti kilogramového jedince se jedná o výkon 240 wattů. Při porovnání s tepelnými elektrárnami jsou tyto hodnoty zanedbatelné [16].

Tabulka 5: Výkony podávané cyklisty [16].

Výkon	W/ kg váhy	W/cyklista o hmotnosti 70 kg
Průměrný cyklista ve "formě"	3	210
Špičkový amatérský cyklista	5	350
Profesionální cyklista	6	420
Elitní cyklista na krátké trati	25	1750

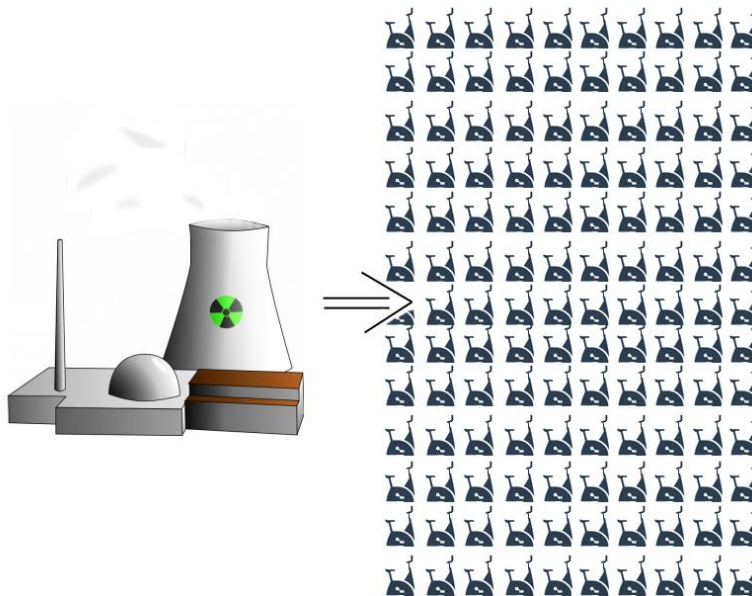
Níže uvedená tabulka znázorňuje zastoupení největších producentů elektrické energie v České republice.

Tabulka 6: Výkony elektráren v ČR.

Druh paliva	Název elektrárny	Výkon	-
Jaderná	Temelín	2000	MW
Uhelná	Pruněšov (I+II)	1490	MW
Vodní	Dalešice	480	MW
Větrná	Kryštovy Hamry	42	MW

Při pohledu do první tabulky je jasné, že průměrný jedinec je schopen vytvořit energii v rozmezí 210 až 350 W za 1 hodinu. Naproti tomu jaderná elektrárna Temelín je schopna vytvořit během hodiny 2000 MW. Pro vytvoření stejné energie jako u jaderné elektrárny by průměrný cyklista musel šlapat bez přestání 1087 let. Přestože u nás je nejméně zastoupená výroba elektrické energie pomocí větru, tak při srovnání s energií vytvořenou šlapáním jde o obrovský rozdíl vytvořených výkonů. Při porovnání s cyklistou to odpovídá 23 letům šlapání.

Pro přirovnání výkonů mezi konvenčními zdroji elektrické energie a výkony cyklistů znázorňuje obrázek. Jaderná elektrárna má výkon 2000MW. Abychom dosáhli stejného výkonu jako tato elektrárna, bylo by potřeba 7,15 miliónu jedinců při průměrném výkonu 280 W.



Obrázek 28: Srovnání výkonu JE a cyklisty.

U větrné elektrárny Kryštovy Hamry by bylo potřeba 150 000 jedinců pro vytvoření stejného výkonu tj. 42 MW. Pokud vezmeme v úvahu roční spotřebu České republiky, která činí 11GWh, a počet obyvatel, který je 10 500 000, je patrné, že pokud bychom chtěli být nezávislí od elektrické sítě a každý z obyvatel by šlapal doma (děti, důchodci i nemohoucí...)museli bychom šlapat 4 hodiny denně.

8 VYNÁLEZY POHÁNĚNÉ POUZE LIDSKOU SILOU

8.1 Experimenty a vynálezy

Francouzský designér navrhnul a vytvořil ponorku pro jednu osobu, která se pohybuje pouze pomocí lidské síly. Ponorka je dlouhá 4.2 m a pohání ji dvě vrtule umístěné u trupu. Pohyb vpřed i vzad zajišťuje soustava převodů, které jsou připojeny ke šlapacímu mechanismu. Maximální rychlost této ponorky je 10 km/h. Pro rychlejší plavbu je nutné potápěče s ploutvemi, který „tlačí“ na ponorku ze zadu [24].



Obrázek 29: Scubster [24].

Zajímavý vynález vznikl pod rukama Johna Wellse. Vytvořil pračku na lidský pohon. Celé zařízení je založeno na principu jízdy na kole. Pokud John šlape na kole, které je připevněno k rámu, otáčí se zadní kolo, které je spojeno řemenem k velké nádobě s vodou. Čím rychleji šlape, tím se „pračka“ rychleji otáčí.



Obrázek 30: Pračka na lidský pohon.

Německý konstruktér Rainer vyrobil kotoučovou pilu na lidský pohon. Jedná se o zařízení složené z půlky jízdního kola a řezacího kotouče. Jízdní kolo je upevněno na rámu a je prohozeno přední a zadní kolo. Zadní (přední) kolo je spojeno řemenem, který pohání řezný kotouč. Poměr převodů je 1:12. Což znamená: pokud se šlape frekvencí 60 ot/min. kotouč má obvodovou rychlost 720 ot/min [25].



Obrázek 31: Kotoučová pila na lidský pohon [25].

8.2 Reálné projekty

V roce 1851 se objevil první šicí stroj poháněný člověkem. Sestrojil ho J. M. Singer. Princip byl založen na systému ozubených kol, které člověk uváděl do pohybu pomocí dřevěného šlapadla. Postupem času firma nahradila dřevěné šlapadlo šlapadlem železným. Později se u těchto strojů objevila i elektrická varianta, která je označována jako první elektrospotřebič pro domácnosti. V dnešní době jsou ekvivalentní výkony šicích strojů pro domácí použití v rozmezí od 90 do 400 W.



Obrázek 32: Šicí stroj Singer.

Dalším výrobkem, který se dostal do povědomí veřejnosti, je ruční mechanická vrtačka. Skládá se z podpěry, těla vrtačky a upínací hlavy a madla pro pohyb. Pohon obstarává čtveřice ozubených kol ukrytých v tělu vrtačky. Při pohybu madla se začne otáčet první ozubené kolo. To je připojeno k dvojici dalších kol, které převádí rychlost pohybu (kola jsou menší, což má za následek rychlejší otáčení). Poslední soukolí převádí pohyb vertikální na pohyb horizontální. Poslední ozubené kolo je pevně spojeno s upínací hlavou. Dnešní vrtačky se výkonem pohybují mezi 450 W až 900 W.



Obrázek 33: Ruční mechanická vrtačka.

Obdobný přístroj je i ruční šlehač. Opět se skládá z madla pro uchycení ozubených kol (tentokrát plastových) a dvou metel. Při pohybu kličky se otáčí velké ozubené kolo. Z každé strany ve spodní části mechanismu se nachází dvojice ozubených kol. Každá metla je pevně spojena s jedním kolem. Vlivem otáčení velkého kola se začnou otáčet i malá ozubená kola a tím se otáčí i metly. Ruční šlehače, které jsou vybaveny elektromotory mají energetickou náročnost v rozmezí 100 W až do 400 W.



Obrázek 34: Ruční mechanický šlehač.

9 POROVNÁNÍ VÝKONŮ S NAMĚŘENÝMI VÝSLEDKY

9.1 Průměrná energetická náročnost 1 osoby

V rámci pokroku a díky pokročilým technologiím je pro každého jedince obyčejná věc jako osvětlení stolu nebo vaření v rychlovarné konvici záležitost, nad kterou se nikdo nepozastavuje. V dnešní době je činnost člověka (v zaměstnání, nebo v domácnosti) závislá na dodávkách elektrické energie. Níže uvedená tabulka uvádí konkrétní činnosti, při kterých je nutná el. energie v průřezu celého dne (pouze orientační). Každý člověk má úplně odlišnou energetickou náročnost, podle způsobu života, lokality bydlení nebo druhu zaměstnání.

Tabulka 7: Tabulka energetické náročnosti pro 1 osobu.

Činnosti:	Výkon:
[-]	[W]
Svícení*	200-500
Vaření (čaj, káva)	2 000
Ohřev vody (TUV)	2 000
PC, notebook*	45-350
Vaření (snídaně, oběd, večeře)*	60-5 000
TV, rádio*	50-200
Ostatní (fén, kulma, el. nářadí...)*	500-4 000

(* hodnoty se mohou lišit v rámci odlišné technologie, použité věci atd.)

Z tabulky č. 7 je patrné, že průměrná osoba má velký rozptyl spotřeby energie od minimální hranice cca. 4 800 W až po maximum 14 100 W. V porovnání denního výkonu člověka a hodinového výkonu elektrárny, je tato velikost zanedbatelná. Níže uvedená tabulka znázorňuje dobu výroby el. energie při různých zdrojích (typy a výkony elektráren jsou totožné jako Tabulka 6: Výkony elektráren v ČR).

Tabulka 8: Doba nutná pro výrobu energie.

Druh paliva	Název elektrárny	Doba nutná pro výrobu 4800 W	Doba nutná pro výrobu 14 100W
[-]	[-]	[ms]	[ms]
Jaderná	Temelín	8,739	25,290
Uhelná	Pruněřov (I+II)	11,730	33,946
Vodní	Dalešice	36,413	105,375
Větrná	Kryštovy Hamry	416,143	1204,286

Při pohledu do tabulky je doba nutná pro vytvoření energie, která by pokryla 1 osobu, úplně nepatrná. Při pohledu na celou oblast ČR (10,5 miliónu obyvatel) je zapotřebí 1,062 dne výkonu jaderné elektrárny tak, aby byla pokryta minimální spotřeba všech obyvatel. Pro nejvyšší spotřebu tedy (14 100 W na 1 osobu) je zapotřebí 3,073 dne. Tyto hodnoty jsou vztaženy pouze pro jednu elektrárnu (Temelín).

9.2 Měření energie při domácích činnostech

Výše uvedená kapitola zmiňuje výkony, které každá osoba odebírá denně z elektrické soustavy. Oproti tomu se lze bez určitých technických vymožeností obejít. Nejvíce ekvivalentů bylo navrženo jako náhrada za kuchyňské náčiní. Jedná se o různé šlehače, mlýnky, kráječe atd. Níže uvedená tabulka zobrazuje srovnání kuchyňského robota a ručního mlýnku při mletí 0,25 kg masa a ručního šlehače nebo ručního elektrického mixéru.

Tabulka 9: Mletí masa $m = 0,25$ kg.

Ruční mlýnek			Kuchyňský robot		
P	n	t	P	n	t
[W]	[1/min]	[min]	[W]	[1/min]	[min]
0	80	2,5	450	980	0,83

Tabulka 10: Šlehání bílků (3 ks).

Ruční šlehač			Elektrický ruční mixér		
P	n	t	P	n	t
[W]	[1/min]	[min]	[W]	[1/min]	[min]
0	230	3,5	150	900	2,5

Při pohledu na první tabulku je časový rozdíl velmi markantní a zdá se, že kuchyňský robot, kromě rychlosti, je i lepší co do pohodlnosti. Pro přesné zhodnocení výhody je nutné převést hodnoty z vydané lidské energie na velikost výkonu. Rozdíl ve druhé tabulce není tak moc velký, ale opět je nutné převedení na velikost výkonu. Pro tento převod slouží empirický vztah pro tzv. BMR hodnotu (vyjadřuje maximální výkon daného jedince):

$$BMR = 66 + (13,7 * m) + (5 * v) - (6,8 * věk)$$

m hmotnost daného jedince [kg] (70 kg)

v výška [cm] (185 cm)

$věk$ věk [roky] (23 let)

$$BMR = 66 + (13,7 * 70) + (5 * 185) - (6,8 * 23) = \underline{\underline{1\,793,6\ kcal}} \Rightarrow \underline{\underline{125,15\ kJ/hod}}$$

Poté je nutné tuto hodnotu přepočítat na velikost energie v kJ:

$$E = \frac{t * \%BMR * BMR}{100}$$

t čas [hod]

$\%BMR$ specifická hodnota pro každou činnost, která vyjadřuje procenta zatížení organismu (235)

Po výpočtu energie je z jednoduchého vzorce pro výkon $P = E/t$ snadné zjistit hledaný výkon. Výkony s časy a činnostmi jsou opět porovnány v tabulce.

Tabulka 11: Srovnání výkonů.

Činnost:	Ručně		Poháněné elektrickou energií	
	P	t	P	t
-	[W]	[min]	[W]	[min]
mletí masa	82,30	2,50	450,00	0,83
šlehání bílků	81,65	3,50	150,00	2,50

Při srovnání je patrné, že ručně umleté maso je energeticky výhodnější o 82% a ruční šlehač o 45,5%.

9.3 Měření energií na rotopedu

Všechny zmíněné experimenty byly pouze demonstrativního charakteru. Pokrytí minimální energetické spotřeby 1 osoby již zmíněným způsobem by bylo neefektivní a časově velmi náročné. Nejlépe využitou partií těla pro vytváření elektrické energie, jsou dolní končetiny. Přesné výsledky o výkonu (pouze vedlejší údaj) jsou poskytovány v nemocnicích. V níže položené tabulce jsou obsaženy data od 3 osob, které poskytly údaje ze zátěžového testu.

Tabulka 12: Hodnoty výkonu v zátěžovém testu.

Osoba	Věk	Výkon/ kg	Maximální výkon
[-]	[let]	[W/kg]	[W]
1	23	3,57	250
2	67	1,34	125
3	50	2,17	175

Při porovnání tabulek číslo 5 a číslo 12 jsou hodnoty naměřené moderními prostředky podobné jako v roce 1989. Tyto výkony jsou už pro výrobu el. energie vhodnější. Pro pokrytí spotřeby energie 1 osoby by bylo zapotřebí „našlapat“ 18 hodin. Prvotní odhad pro nezávislost ČR na konvenčních zdrojích z oddílu č.7 byl 4 hodiny. Při upřesněných hodnotách možného výkonu se tento předpoklad jeví jako správný. Spotřeba ČR odpovídá 4,13 hodiny šlapání (každý jedinec by musel vyvinout výkon 250 W). Pro přesnější odhady bylo vybráno 10 osob od 15-ti do 55-ti let, které v posilovacím centru testovaly svoji výkonnost. Tabulka níže zobrazuje veškeré subjekty a jejich dosažené průměrné hodnoty. Při pohledu na skupinu osob od 21 až do 50 let je průměrný dosažený výkon 233W.

Tabulka 13: Výkon jednotlivých osob ve fit centru.

Osoba č.	Věk [let]	P/kg [W/kg]	P [W]
1	15	2,31	150
2	21	3,41	232
3	22	3,04	219
4	22	3,13	235
5	23	3,57	250
6	23	2,65	225
7	23	2,91	215,2
8	22	3,50	280
9	43	3,08	200
10	47	2,82	240

Jak již bylo zmíněno průměrný výkon činí 233 W. Při minimální energetické náročnosti 4 500 W by průměrná rodina (4 osoby) musela denně „našlapat“ 4,8 hodiny pro pokrytí celé domácnosti. Naopak při maximálním zatížení by bylo nutné vyrobit 14 100 W, které odpovídají 15 hodinám. Pro maximální zátěž je tato hodnota velmi nereálná.

10 NÁVRH GENERÁTORU POHÁNĚNÉHO LIDSKOU SILOU

Vhodný výběr elektrocentrály závisí na typu použití. Pro velké výkony je lepší generátor založený na principu jízdního kola. Pro menší aplikace (nabíjení telefonu, kapesní svítilna) je vhodný klíčkový generátor nebo generátor v botě. Jak již bylo uvedeno dříve (Obrázek 23: Návod na sestavení generátoru) je nutné osadit daný generátor vhodnými součástkami. Tento generátor je tvořen dvěma hladinami napětí tj. 12V a 230 V. Výkon, který lze vyrobit lidskou silou činí maximálně 300 W

10.1 Generátor

Pro začátek je nutné jízdní kolo osadit patřičnou hřídelí s ozubeným kolem. Na opačném konci řetězu, kterým je osazena hřídel spojená s kolem, je nutné opět umístit ozubené kolo. Toto kolo slouží k převodu energie vyvinuté na pedálech jízdního kola na energii, která je nutná pro roztočení generátoru. Generátor by měl být dimenzován minimálně na 300 W. Vyšší hodnota by byla vhodnější (min. 500 W). Napěťová hladina činí 12 V.

10.2 Akumulátor

Další nedílnou součástí je akumulátor spojený přes diody s generátorem. Zmíněné diody plní ochrannou funkci proti přepólování akumulátoru. Pokud je plusový výstup z generátoru připojen na záporný pól baterie, proud vlivem diod neprochází. Pokud je zapojené vše správně, proud vyrobený v generátoru nabíjí akumulátor. Diody musí být opět dimenzovány na vhodný proud. Jako jednotku pro uchování el. energie je možné použít akumulátor z automobilu.

10.3 Měnič

Pro zvýšení napěťové hladiny slouží AC/DC měnič, který je spojený přes kabely s akumulátorem. Tento měnič je opět nutné vhodně dimenzovat, stejně tak, jako propojovací kabely. Vstupní napětí činí 12 V stejnosměrných a výstupní napětí je na úrovni 230 V při sinusové charakteristice.

11 ZÁVĚR

Z úvodního rozboru svalů je patrné, že největší svaly (a proto i největší síla) jsou umístěny v horních a dolních končetinách. Při namáhání dolních končetin jsou zapojeny i svaly zádové (tzv. hluboké), tudíž jsou z pohledu výroby energie vhodnější. Každý sval je nutné zásobit energií ve formě tuků, cukrů nebo proteinů buď z vnitřních zdrojů (tukové buňky) nebo z potravy. Energetická hodnota každého pokrmu je rozdílná a tím i složky, které zásobují svalstvo, se liší hodnotou.

Generátory, které slouží pro přeměnu lidské síly na elektrickou energii se rozdělují na aktivní a pasivní. Technologie pasivních generátorů se využívá v botách nebo tepelných náramcích na horní končetinu. Výkony těchto zařízení se pohybují od jednotek miliwattů až po desítky wattů. Využívají se pro nabíjení mobilních telefonů (jednotky wattů) nebo pro rozsvícení kapesní svítilny (řádově miliwatty). Kromě využití v botách nebo již zmíněného náramku jsou i opasky, které při chůzi reagují na otřesy lidského těla a ty mění na elektrickou energii. Výkon celého systému je obdobný jako u tepelných náramků.

Jak bylo výše zmíněno vhodnější částí lidského těla jsou dolní končetiny. Při porovnání pasivních generátorů s aktivními, které využívají dolní končetiny, je rozdíl výkonů 5x až 10x vyšší. Vyráběné výkony se nacházejí v rozmezí od desítek wattů až po 1 kW. U aktivní přeměny je většina generátorů založena na principu jízdního kola např. MNS Power LLC. Mezi těmito generátory jsou i výjimky jako například generátory, které jsou poháněny horními končetinami (HD 550). Jsou založeny na podobném principu jako jízdní kola, pouze místo pedálů jsou úchyty na ruce.

Uvedené generátory jsou využívány v praxi. Názorným příkladem je travní sekačka, která potřebnou energii pro sečení a posuv odebírá ze šlapacího generátoru. Dalším příkladem je studie nezávislého osvětlení např. stanice metra nebo autobusu. Tato přeměna je založena na pasivním principu. Další uplatnění je realizováno ve věznicí v Brazílii, kde „našlapanou“ energii využívají k osvětlení veřejných prostranství.

Veškeré generátory musí mít nějakou vstupní energii. V tomto případě se jedná o energii lidského těla. Při pohledu do výkonnostních tabulek je jasné, že průměrný výkon lidské osoby se pohybuje v rozmezí od 200 do 300 W. Při tomto výkonu je plné pokrytí energetické náročnosti člověka neuskutečnitelné. S výhodou tyto generátory lze použít pro dílčí aplikace jako je například osvětlení domácnosti nebo již zmíněná travní sekačka.

12 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HOLIBKOVÁ, Alžběta a Stanislav LAICHMAN. *Přehled anatomie člověka*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1994, s. 1-65. ISBN 80-706-7389-3.
- [2] FOŘT, Petr. *Sport a správná výživa*. Vyd. 1. Praha: Ikar, 2002, 351 s. ISBN 80-249-0124-2.
- [3] Životní energie: Bílkoviny a jejich základní rozdělení. *Životní energie: Bílkoviny a jejich základní rozdělení* [online]. 2007. vyd. 2007 [cit. 2015-01-05]. Dostupné z: <http://zivotni-energie.cz/bilkoviny-a-jejich-zakladni-rozdeleni.html#id02>
- [4] FOŘT, Petr. *Recepty a výživové tabulky (nejen) pro sportovce*. 1. vyd. Pardubice: Svět kulturistiky, 2000, s. 133-159. ISBN 8090258980.
- [5] SAWA, Pius. Phone Charging Shoe Hits Market in Kenya. *IDG Connect* [online]. 2013 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://www.idgconnect.com/blog-abstract/3722/phone-charging-shoe-hits-market-kenya>
- [6] INSTEP NANOPOWER. *Human Gait energy scavenger* [online]. 2010, 2014 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: http://www.instepnanopower.com/2_Technology/Technology.aspx
- [7] Prototype provides pedestrian power. In: *Rice University News & Media* [online]. 2013 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://news.rice.edu/2013/05/07/prototype-provides-pedestrian-power-2/>
- [8] SERVAIS, Mathieu, Camille LEFER, Clément FAYDI a Mickaël DENIÉ. The Power of my Wrist. *Yankoo design* [online]. 2009 [cit. 2015-01-13]. Dostupné z: <http://www.yankodesign.com/2009/06/18/the-power-of-my-wrist/>
- [9] *Patnáctileté děvče vynalezlo svítilnu na lidské teplo: Ekologické Bydlení* [online]. 2013 [cit. 2015-01-13]. ISSN 1803-0211. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/patnactilete-devce-vynalezlo-svitilnu-na-lidske-teplo>
- [10] Lidské tělo jako baterie. *National Geographic* [online]. 2012 [cit. 2015-01-13]. Dostupné z: <http://www.national-geographic.cz/clanky/lidske-telo-jako-baterie-vedci-uz-hledaji-cestu-jak-to-zaridit.html#.VLViMCuG-2H>
- [11] CAMPO-LED svítilna a dobíječka na klikku. MACHÁČEK, Petr. *Hedvabnastezka.cz* [online]. 2005 [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://www.hedvabnastezka.cz/campo-led-svitilna-a-dobijecka-na-klicku/>
- [12] *D Test: časopis pro spotřebitele*. Praha: Občanské sdružení spotřebitelů "TEST", 2005, roč. 2005, č. 6. ISSN 1210-731X. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-584/test-baterky-vecne-svetlo-2005#download>
- [13] *Auto poháněné svaly: Technologie* [online]. 2013 [cit. 2015-01-16]. Dostupné z: <http://www.rozhlas.cz/leonardo/technologie/zprava/auto-pohanene-svaly--773537>
- [14] POWERplus Cougar Pedal Power Charger. *It Must Be Green* [online]. 2014 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: http://www.itmustbegreen.co.uk/acatalog/POWERplus_Gazelle.html

- [15] PAVEGEN SYSTEM. *Pavegen system* [online]. 2014 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://www.pavegen.com/home>
- [16] *Žijeme zdravě*. Praha 3-Královské vinohrady: Svojk&Co., 2000, s. 47-51. ISBN 80-7237-327-7.
- [17] *Živá síla. Člověk a energie, vybrané pojmy z energetiky* [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/clovek-a-energie-vybrane-pojmy-z-energetiky.html>
- [18] Vtm e15. *První veřejná parní elektrárna* [online]. 2008 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://vtm.e15.cz/clanek/1882-prvni-verejna-parni-elektrarna>
- [19] CAMIS ELECTRONICS. *Mortley Sprague Hand drive generator* [online]. 2010. vyd. 2009-2011 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.camiselectronics.com/handdriven.php>
- [20] GLIMMER ELECTRONICS. *Manual Generator* [online]. 2007 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://cnglimmer.com/>
- [21] *DesignMagazin.cz: Multifunkční robot* [online]. 2010 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.designmagazin.cz/technika/19476-multifunkcni-robot-r2b2-funguje-jen-na-lidsky-pohon.html>
- [22] Weibang Garden Machine. WEIBANG. *Weibang wg em457* [online]. 1997-2010 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://www.weibang.com/en/index.html>
- [23] MNS POWER LLC. *Pedal Power Generator* [online]. Arizona, 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://pedalpowergenerator.com/>
- [24] ASSOCIATION ENDLESSFLYERS. *Scubster* [online]. 2009 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: www.scubster.org
- [25] Německý kutil vyrobil šlapací cirkulárku z horského kola. *Hobby.idnes.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: http://hobby.idnes.cz/video-nemecky-kutil-vyrobil-slapaci-cirkularku-z-horskeho-kola-ps4/hobby-dilna.aspx?c=A110307_150619_hobby-dilna_bma
- [26] TWIKE. *Twike* [online]. 2010 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.twike.com/en/home/home.html>
- [27] THE WINDSTEAM. *Human Power Generator* [online]. 2005 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://windstreampower.com/products-page/human-power-generator/human-power-generator-and-12v-dc-educational-light-box-system/>
- [28] Pedal Generator. GRABCAD. *GrabCad* [online]. 2012. vyd. 2012 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/pedal-generator>
- [29] Pedal Power! How to Build a Bike Generator. *Popular mechanics magazine*. 2014, roč. 2014, č. 03. Dostupné z: <http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/how-to/a10245/pedal-power-how-to-build-a-bike-generator-16627209/>