



ČEZ Prodej, s.r.o. / Rada Zelené energie

Metodická příručka

„Zelená energie“ Skupiny ČEZ

**Využití obnovitelných zdrojů energie
pro napájení svítidel veřejného
osvětlení**

Obsah:

1	POTENCIÁL VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ PRO ČR	3
1.1	TEORIE FOTOVOLTAIKA	3
1.1.1	<i>Situace v ČR</i>	6
1.2	TEORIE VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	8
1.2.1	<i>Vítr</i>	8
1.2.2	<i>Rychlost větru</i>	9
1.2.3	<i>Rozdělení větrných elektráren</i>	12
1.2.4	<i>Situace v ČR</i>	15
1.3	HYBRIDNÍ OSTROVNÍ SYSTÉMY.....	15
2	VÝSTROJ SYSTÉMU	16
2.1	SOLÁRNÍ PANEL- POLYKRYSALICKÉ FOTOVOLTAICKÝ PANEL KYOCERA	17
2.2	VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA - AIR BREEZE – LAND	19
2.3	ROZVADĚČ	21
2.3.1	<i>Přepěťové ochrany</i>	22
3	PROVOZNÍ STAVY	24
3.1	VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA - AIR BREEZE - LAND.....	24
3.2	SAW- GENERÁTOR	27
4	SVÍTIDLA VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	30
4.1	SVÍTIDLA VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ OSAZENÁ SVĚTELNÝMI DIODAMI (LED)	30
4.2	PROVOZNÍ PARAMETRY SOUČASNÝCH SVĚTELNÝCH DIOD A JEJICH MOŽNOSTI.....	31
4.3	MOŽNOSTI VYUŽITÍ SVÍTIDEL VO V KOMBINACI S AUTONOMNÍM NAPÁJENÍM Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....	32
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34

1 Potenciál využití obnovitelných zdrojů pro ČR

1.1 Teorie fotovoltaika

K tomu aby byla přeměna proudu fotonů (slunečního záření) v energii pohybujících se elektronů (elektrického proudu) se potřebují v zásadě jen dvě věci a to:

- Volné elektrony
- Elektrický potenciál (pole), který je uveden do pohybu směrem ze zdroje do spotřebiče.

Volné elektrony nepředstavují problém, jelikož jsou k dispozici v každém běžném kovu, ale problém je, jak jim dodat potřebnou energii a usměrnit jejich tok potřebným směrem.

Sluneční záření se chová, jako by bylo tvořeno proudem částic, jenž A. Einstein nazval fotony. Foton slunečního záření dokáže předat svou energii elektronu v kovu nebo polovodiči, tedy samotný přenos energie z fotonu na elektron je možný. Již od 19. století je známo, že pokud na kov dopadá sluneční záření, tak dochází k uvolnění elektronu z jeho povrchu.

Jelikož je energie záření dostatečná, elektron opustí povrch kovu a zanechá v kovu kladný náboj – díru. Jde o tzv. fotoelektrický jev. Pokud ovšem elektron zůstane v kovu, čehož potřebujeme docílit, aby nám prošel skrze vodiče a zátěž, pak je zase velmi rychle přitažen k díře, která po něm zbyla, a jeho energie se uvolní jako neužitečné teplo.

Proto je nutné oddělit elektrony od děr a přimět elektrony, aby před tím než zapadnou zpět do díry prošly elektrickým obvodem a vydaly získanou energii ze slunečního záření ve formě užitečné práce v našem spotřebiči. Tento proces je lépe realizovatelný v polovodičích než v kovech. Protože polovodiče jsou materiály s vlastnostmi mezi vodiči a izolanty není v nich dostatek volných elektronů jako v kovech, ale relativně levně mohou vzniknout např. teplem nebo dopadem slunečního záření.

K tomuto oddělení elektronů z děr je zapotřebí v polovodiči vytvořit P-N přechod. Tento P-N přechod je základem celé moderní elektrotechniky. K pochopení principu funkce tohoto P-N přechodu je nezbytné pochopení práce fotovoltaických článků. Podstatou vzniku lze vysvětlit na nejběžnějším polovodičovém materiálu- křemíku.

Tuhý křemík je tvořen mřížkou atomů křemíku, které jsou navzájem spojeny kovalentními vazbami, a na rozdíl od kovů se v křemíku žádné volné elektrony, k atomům nevázané, nevyskytují. Kovalentní vazby v křemíku nejsou tak pevné, jako je tomu například u uhlíku ve formě diamantu. K uvolnění elektronů z vazeb stačí u křemíku dodat poměrně malé

množství energie.

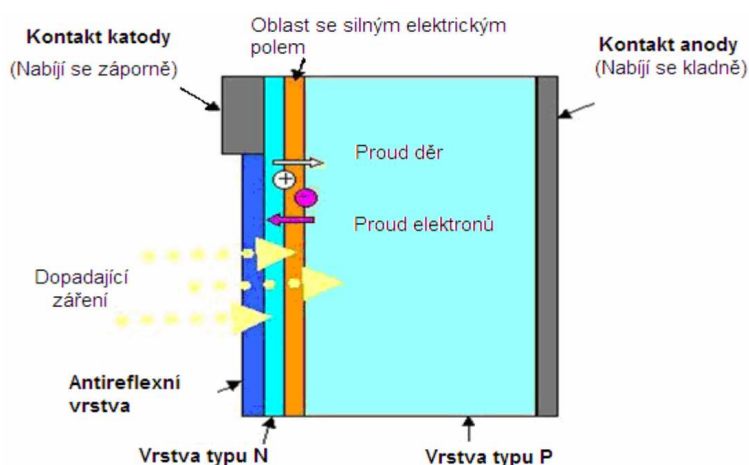
Při pokojové teplotě má tedy vždy nějaké malé množství elektronů dostatečnou energii na to, aby se uvolnily z vazeb a dostali do neobsazeného (vodivostního) pásu. Křemík proto narozdíl od diamantu vede elektrický proud. Se zvyšováním teploty se křemík stává více vodivým a to díky tomu, že se do vodivostního pásu dostává více elektronů. Podobná situace nastává i při osvětlení křemíku slunečním zářením.

Vodivost se značně mění, jestliže křemík obsahuje určité příměsi. Zpravidla se přidává malé množství fosforu nebo boru – jedná se o dopování křemíku. Fosfor má ve valenční vrstvě 5 elektronů, ale ve vazbách okolního křemíku se mohou uplatnit pouze 4 elektrony. Dopováním křemíku fosforem vzniká polovodič typu N, který má za následek nadbytečné elektrony, a je daleko více vodivý než čistý křemík.

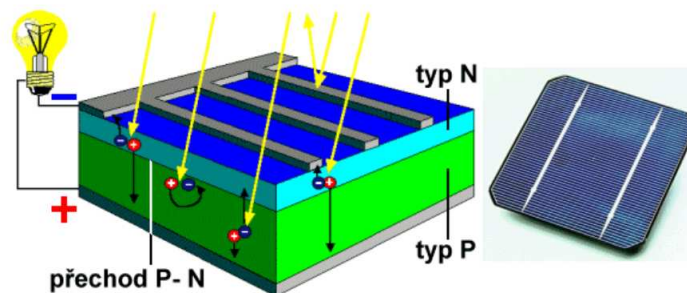
Analogicky dopováním křemíku borem se 3 elektrony vzniká polovodič typu P s nadbytečnými dírami. Pokud se spojí oba tyto polovodiče, vzniká v místě jejich dotyku velmi tenká vrstva, jejichž název je P-N přechod. Koncentrace elektronů je větší u polovodiče typu N než u typu P, s dírami je to přesně naopak.

Spojíme-li dohromady polovodiče typu P a N, dochází k tomu že ve snaze vyrovnat koncentrace difundují elektrony do části P a díry do části N. Tento jev se nazývá rekombinace nábojů a výsledkem je elektrický potenciál. Vzniklé elektrické pole další difúzi zastaví, a tak dojde k rovnováze mezi částí P a N. Výsledkem procesu je výrazné snížení vodivosti v oblasti P-N přechodu a vytvoření elektrického potenciálu.

Této vlastnosti P-N přechodu se využívá v usměrňovacích diodách, kdy na stranu P přivedeme kladný pól zdroje napětí a na stranu N záporný pól zdroje a tudíž může proud přes P-N přechod procházet. Vlastní fotovoltaický článek je vlastně taková velkoplošná dioda. Je vytvořen tak, že v tenkém plátku křemíku je malé hloubce pod povrchem vytvořen P-N přechod opatřený z obou stran vhodnými kovovými kontakty.

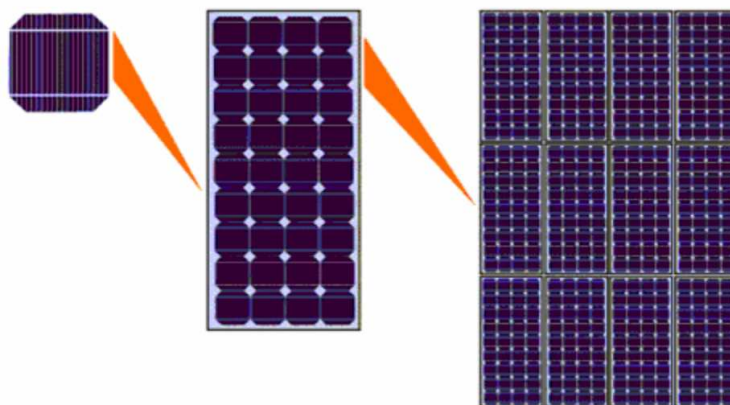


obr. 1-1 Znárodnění principu fotovoltaického článku [1]



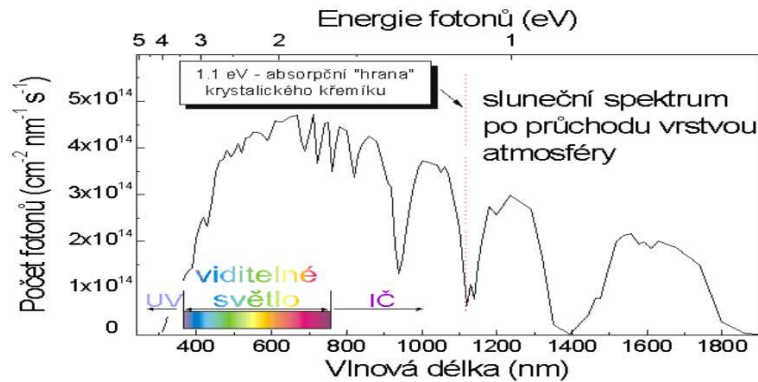
obr. 1-2 Řez fotovoltaickým článkem [2]

Napětí fotovoltaického článku je dáno použitým materiálem. V případě křemíku je to přibližně 0,6 V. Udává se, že optimálním proudem, kdy je výkon článku maximální je hodnota napětí 0,5 V. Aby se získalo využitelné napětí, je potřeba spojovat články do série, z pravidla je to 36 nebo 72 článků, které dodávají 18 nebo 36 V.



obr. 1-3 Solární FV článek, solární FV panel, solární FV pole [3]

Křemíkový článek může využít fotony s energií větší než 1,1 eV, což představuje záření o vlnové délce 1100 nm – pro fotony platí, že čím menší je jejich vlnová délka, tím větší mají energii. Sluneční záření procházející atmosférou obsahuje fotony s energií od 0,5 eV – infračervené záření do asi 2,9 eV – ultrafialové záření.



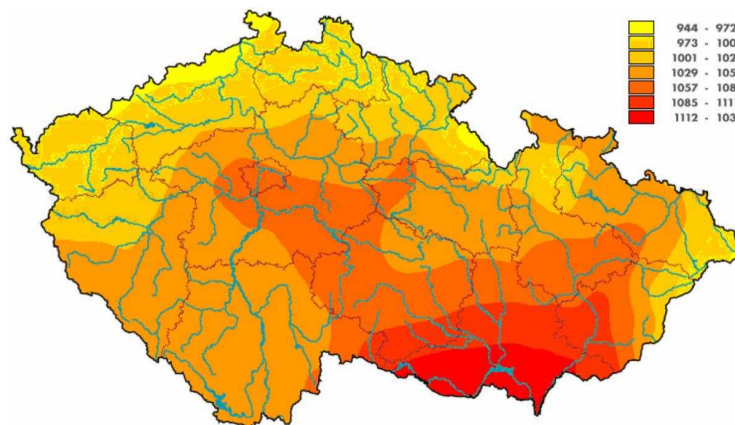
obr. 1-4 Rozložení slunečního spektra [4]

Energie fotonů s kratší vlnovou délkou není ale využita beze zbytku, každý foton uvolní jen jeden elektron a přebytek energie se přemění v teplo.

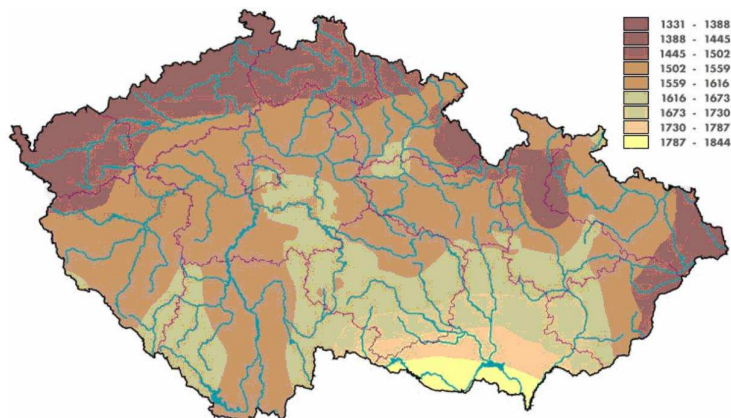
V důsledku tohoto děje nelze s takovýmto článkem principiálně dosáhnout větší účinnosti než 55 % využití energie záření. U reálného článku jsou ještě další ztráty způsobené odrazem, větrem orientací panelu a jeho sklonem. V praxi se dosahuje účinnosti mezi 10 a 20 %.

1.1.1 Situace v ČR

Jak vyplývá z obr. 1.5 a obr. 1.6, nejvhodnějším místem pro umístění jakéhokoliv zařízení pracujícího se sluneční energií je v oblasti jižní Moravy. Směrem na sever se tyto podmínky zhoršují a dochází k menším energetickým ziskům.

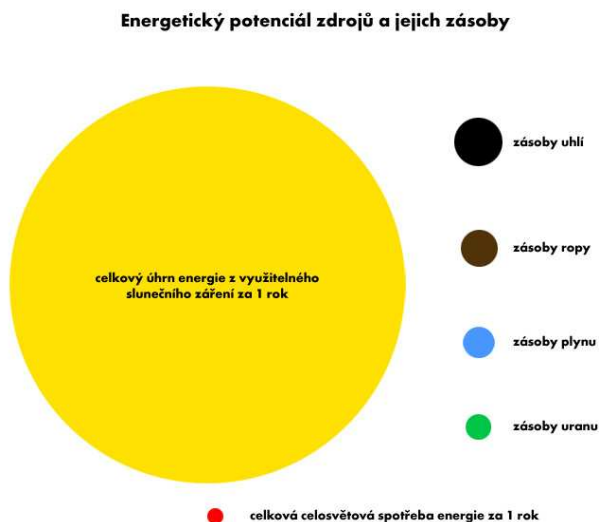


obr. 1-5 Roční průměrný úhrn slunečního záření ($\text{kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$) [5]



obr. 1-6 Roční průměrný doba slunečního záření (h) [5]

Obr. 1.7 Zobrazuje energetický potenciál jak obnovitelného zdroje elektrické energie tak i ostatních dnes běžně používaných neobnovitelných zdrojů. Tento nepoměr jasně naznačuje kam by se měla ubírat světová, ale i Česká energetická politika.



obr. 1-7 Energetický potenciál zdrojů a jejich zásoby [5]

1.2 Teorie větrné elektrárny

1.2.1 Vítr

Vítr je v podstatě vzduch proudící v přírodě. Málokterý energetický zdroj je tak všude přítomný a v hojné míře využitelný jako zdroj energie. Bohužel žádný jiný energetický zdroj není tak nestálý a tak nepředvídatelný jako právě vítr. Směr a rychlost větru se neustále mění.

Za veškerý život na zemi, a stejně tak i za vítr, vděčíme slunci. Nad zemským povrchem ohřátým sluncem vrůstá teplota vzduchu. To způsobuje, že se vzduch roztahuje. Nad sousedícím mořem zůstává vzduch chladnější, to je způsobeno nerovnoměrným ohříváním planety. Kolísání hustoty vzduchu, která tak vzniká, má za následek rozdíly tlaku vzduchu. Vzduch začíná proudit z místa s vysokým tlakem do místa s nižším tlakem. Vzduch má tedy neustálou snahu vyrovnávat rozdíly tlaku vzduchu.

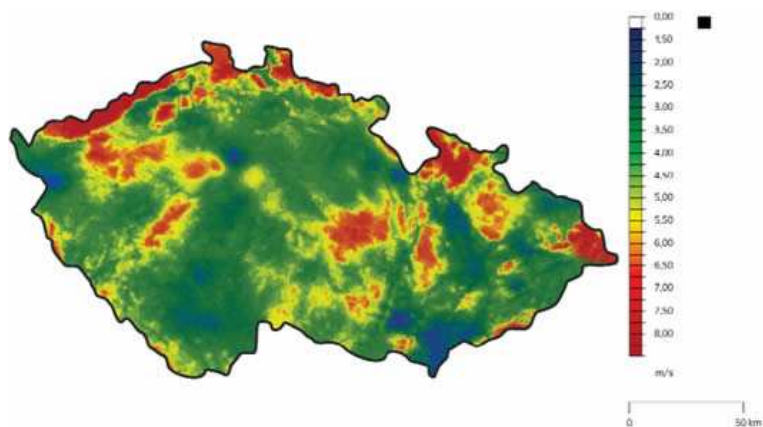
Takto vyvolaný vyrovnávací pohyb vzduchové hmoty označujeme jako vítr. K tepelným vlivům ovlivňuje vítr ještě další dva faktory. Ten první je otáčení země, druhý faktor je struktura zemského povrchu. Tím pádem síla proudění je ovlivňována stromy, zástavbou, kopci a horami, které brání stejnoměrnému proudění a brzdí jej. Zato ve vyšších polohách stanoviště často příznivě ovlivňují použitelnou rychlost větru. Stromy a budovy v přízemních vrstvách vytvářejí vzduchové poryvy a víry, které jsou pro využití větrné energie nežádoucí.

Pro velmi hrubou představu o rychlosti větru lze použít běžně dostupná měření meteorologických stanic viz.obr.(2.1). Měření rychlostí a směru větru se spolu s jinými klimatickými údaji provádí v ČR sítí cca 200 meteorologických stanic. Výsledky měření jsou odborně kontrolovány, archivovány a jsou k dispozici u ČHMÚ za úhradu pro různé účely.

V praxi se pro základní odborné posouzení lokalit hodnotí třemi různými počítačovými modely: modelem VAS, dánským modelem WASP a modelem PIAP. S těmito modely pracují ÚFA i ČHMÚ. Toto posouzení může sloužit pro rozhodování o podnikatelském záměru a při rozhodování o umístění větrné elektrárny.[1]

$$P_v = A \cdot \rho \frac{v^3}{2} \quad (\text{W})$$

Výkon větru je funkcí rychlosti proudění v , hustoty vzduchu ρ a velikosti průtočné plochy A .



obr. 1-8 Větrný atlas České republiky [7]



obr. 1-9 Větrný atlas České republiky [8]

1.2.2 Rychlost větru

Základním parametrem, který podstatně ovlivňuje rychlost proudění vzduchu, je zemský povrch. V oblastech s rovinným profilem terénu ovlivňuje rychlost větru pouze drsnost povrchu. Pro výpočet rychlosti větru lze použít následujícího vztahu:

$$\frac{v}{v_1} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^n$$

v - je průměrná rychlost větru ve výšce h nad zemským povrchem [m/s]

v_1 - je průměrná rychlost větru v referenční výšce h_0 [m/s]

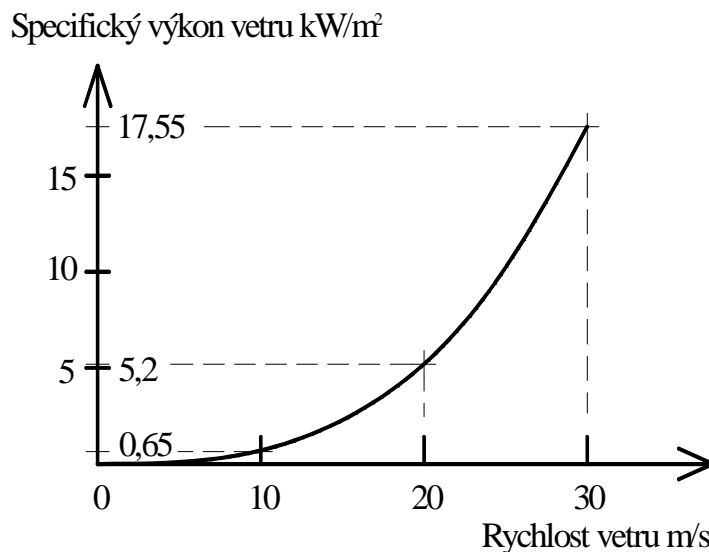
h - je výška, ve které je rychlost proudění vzduchu počítána [m]

h_0 - je referenční výška, ve které je rychlost proudění známá [m]

n - je korekční exponent, který závisí na drsnosti a profilu povrchu

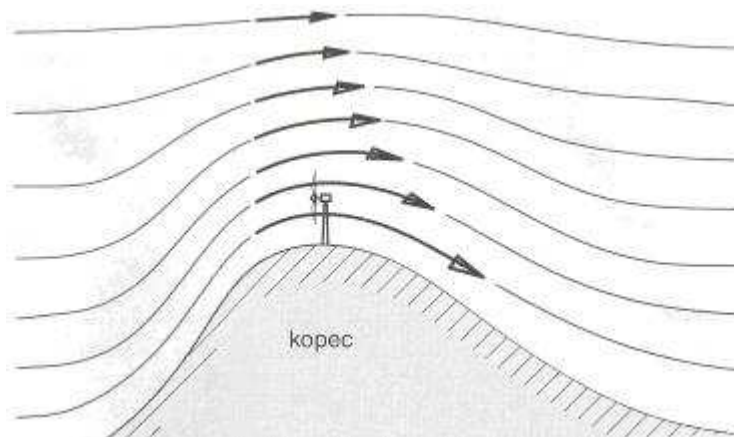
tab. 1-1 Závislost exponentu na druhu povrchu [9]

Druh povrchu	n
Hladký povrch	0,16
Vodní hladina, písek	
Vysoká tráva	0,18
Nízké obilné porosty	
Porosty vysokých kulturních plodin, nízké lesní porosty	0,21
Lesy s mnoha stromy	0,28
Vesnice a malá města	0,48



graf 1-1 Výkon pohybujícího vzduchu vztážený na plochu 1m², kterou vzduch prochází. Výkon větru stoupá se 3. mocninou rychlosti větru.[10]

Výjimky potvrzují pravidlo: normálně roste rychlost větru s výškou. U kopců nebo horských hřebenů je rychlost větru těsně nad vrcholem vyšší než ve větších výškách viz.obr. (1.10).



obr. 1-10 Urychlení větru na horském hřebenu [10]

Jedním z nejdůležitějších rozhodnutí při uvažování koupě nebo vlastnoručním postavením malé větrné elektrárny, je volba stanoviště. Nejlepší by bylo takové stanoviště, kde by stromy ani keře a zástavba nezpůsobovali větrné víry, neboť vítr by měl na rotor proudit pokud možno nerušeně. Takže jako nejlepší stanoviště by byl zcela volný terén a nejlépe, kdyby byly od něho nejbližší budovy a stromy vzdáleny 100 až 200 m.

Ale v reálných podmínkách málokdy takové stanoviště najdeme, proto musíme zvolit nějaký kout na vlastní zahradě o nejlepších větrných podmínkách, a pokud možno na západu, protože nejsilnější větry lze očekávat zpravidla odtamtud.

Dále se nabízí možnost instalace větrného zařízení na střechu garáže nebo obytného domu. Ale jakmile si však postavíme větrné kolo na střechu, může se hluk způsobený generátorem přenášet stožárem na celou budovu a tak značně zesílit. Dále také dlouhodobé jemné vibrace mohou poškodit zdivo vašeho obytného domu.

Pro výpočet energetického zisku je důležité vědět, s jakou průměrnou roční rychlostí větru se lze ve zvolené lokalitě setkat. Rychlost větru je naprosto zásadní parametr, neboť energie větru roste se třetí mocninou jeho rychlosti. Při zdvojnásobení rychlosti větru (např. ze 4 na 8 m/s) vzroste jeho energie osmkrát.[11]

1.2.3 Rozdělení větrných elektráren

Dle velikosti a výkonu lze větrné elektrárny rozdělit do čtyř skupin

- mikroelektrárny - pro napájení jednotlivých zařízení, nedodávají energii do sítě a výkon se pohybuje do cca 1 kW, systém „grid off“
- malé elektrárny - pro napájení velkých zařízení nebo stavení, obvykle nedodávají energii do sítě a výkon se pohybuje do cca 15 kW, systém „grid on“
- středně velké elektrárny - pro napájení několika stavení, obvykle dodávají energii do elektrické sítě a výkon se pohybuje do cca 100 kW
- velké elektrárny - pro napájení vesnic a měst, vždy dodávají energii do sítě a výkon se pohybuje od stovek kW až do MW.

Podle aerodynamického principu lze VTE rozdělit do dvou skupin [11]

- Vztlakové s vodorovnou osou otáčení - vítr obtéká lopatky s profilem podobným letecké vrtuli (tzv. americký větrný motor), moderní elektrárny mají obvykle tři listy, byly však vyvinuty i typy s jediným nebo se dvěma listy.
- Odporové – pracují na vztlakovém principu, rotor uvádí do rotačního pohybu vítr, který se opírá do lopatky a ta mu klade odpor. Tím se dosahuje vyšší

rychlosti a tím i vyšší účinností.

Existují také elektrárny se svislou osou otáčení, některé pracují na odporovém principu (typ Savonius, jako misky anemometru) nebo na vztlakovém principu (typ Darrieus).

Dále můžeme VTE rozdělit podle typu jejich rotu [11]

Rotor se svislou osou rotace:

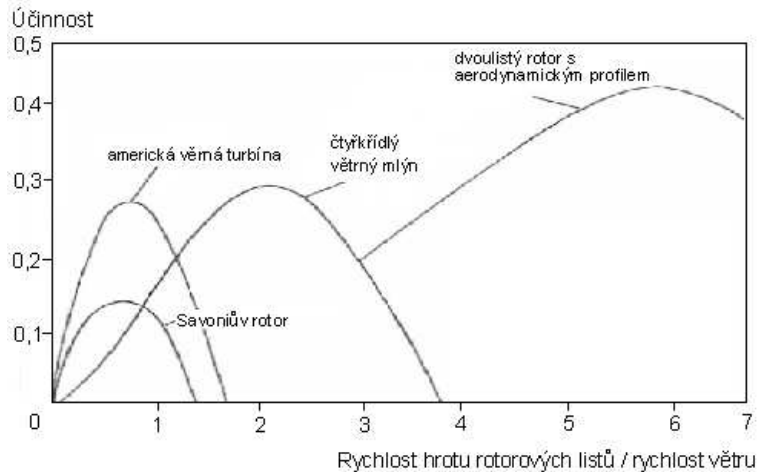
- Darrieův rotor – obvykle se skládá ze dvou či více rotorových listů, umístěných na společné svislé ose rotace. Účinnost tohoto typu rotoru dosahuje 38 % a využívá se pro výrobu stejnosměrného i střídavého proudu.
- Savoniův rotor - účinnost tohoto typu rotoru dosahuje 23 až 30 % a využívá se pro výrobu stejnosměrného i střídavého proudu. Rotor tvoří dvě přesazené válcové plochy, které využívají tzv. Robinsonova jevu. Ten spočívá v tom, že odpor vydaté části je asi 4x větší než odpor části vypuklé, tím dochází k rotaci. V praxi se často objevuje kombinace obou uvedených rotorů dohromady, kdy Savoniův rotor zajišťuje hladký rozběh a Darrieův rotor vyšší účinnost. U těchto typů rotorů není nutné jejich natáčení do směru větru.
- větrné vrtule – jedná se o zařízení s účinností, která se pohybuje okolo 45 %. V technické praxi se převážně využívá třílistých rotorů. Použití jedno, dvou nebo čtyřlistých vrtulí je omezeno pouze na ojedinělé případy spíše mimo průmyslovou praxi.
- lopatková kola - tento typ pomaloběžných zařízení nachází uplatnění především při čerpání vody z hlubokých studní. Počet lopatek se často pohybuje v rozmezí desíti až třiceti kusů. Účinnost tohoto typu rotoru se pohybuje v rozmezí 20-40 %.

U větrné elektrárny s horizontální osou rotace se často využívá systém natáčení do směru větru:

- Natáčení ocasní plochy (Regulated Stali-pasivní) - rotor elektrárny má pevné listy a pro regulaci využívá odtržení proudnice vzduchu od listu rotoru při určité

rychlosti větru. Po odtržení dojde ke snížení výkonu. Výhodou je vyšší výroba el. energie při vyšších rychlostech větru a nižší pořizovací náklady

- Natačení celého listu rotoru (Regulace Pitch-aktivní) - využívá okamžité rychlosti větru tak, aby byl celkový náběh větrného proudu v daném okamžiku optimální a dosáhl nejvyšší výroby. Vyšší výroba elektrická energie při nižších rychlostech větru.



obr. 1-11 Součinitel účinnosti různých forem větrných kol jako funkce rychloběžnosti.

Rychloběžnost je definovaná jako poměr rychlosti hrotů rotorových listů k rychlosti větru. [11]

1.2.4 Situace v ČR

Současný plán České republiky slibuje, že do roku 2010 bude objem výroby větrných elektráren pokrývat z nyníjších 4% na 8% z celkové výroby elektrické energie. Scénář rozvoje větrné energie v ČR viz tab.(1.1).

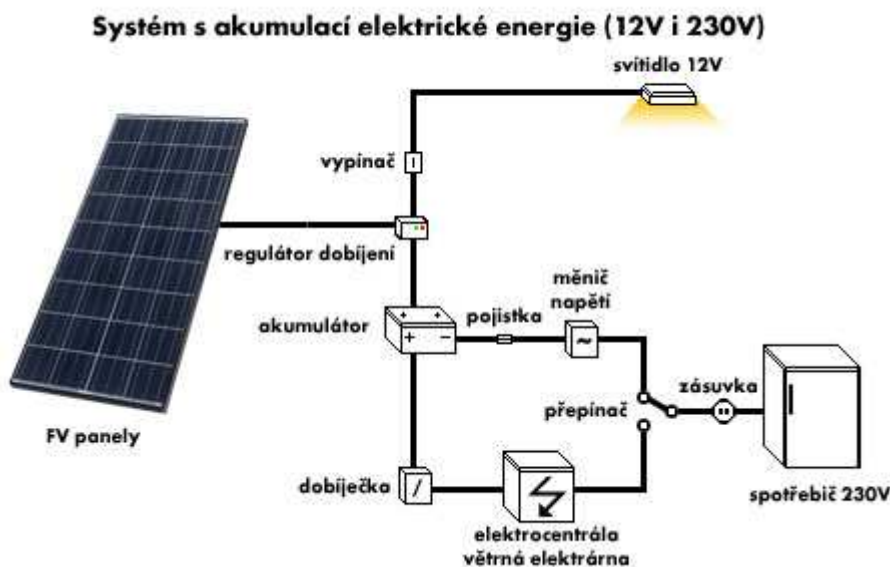
Typ	Instalovaný výkon v roce 2010	Výroba		Počet věží
		($k_r, 15\%$)	($k_r, 20\%$)	
	MW	MW _r	MW _r	
Malý	500	75	100	420
Střední	700	105	140	580
Velký	1000	150	200	830

tab. 1-2 Scénář rozvoje větrné energie v ČR [6]

1.3 Hybridní ostrovní systémy

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatně zvýšení pořizovacích nákladů.

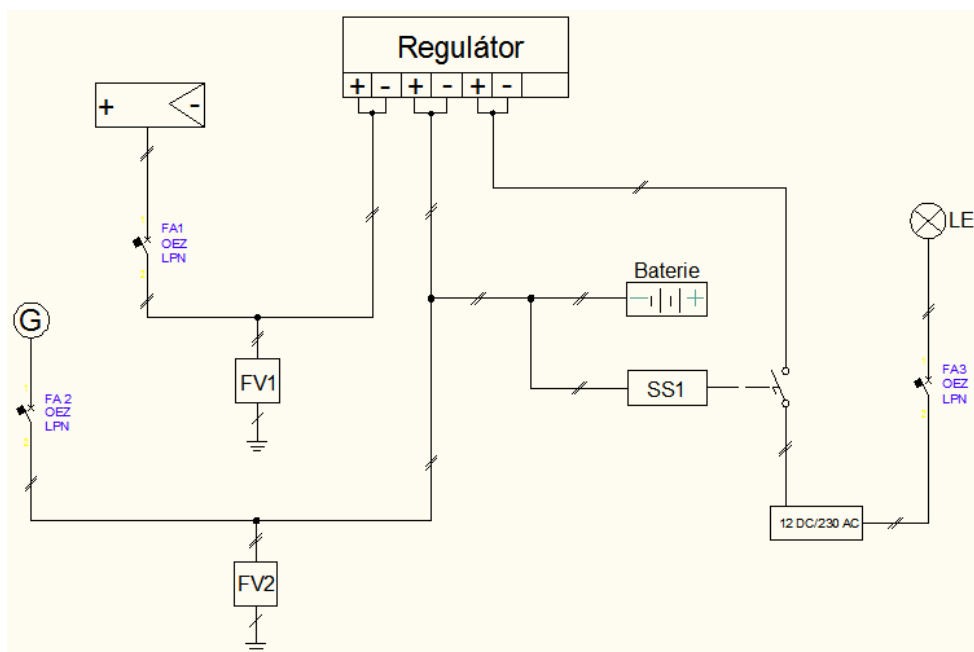
Výhodnější alternativou proto je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.



obr. 0-12 Hybridní ostrovní systém [12]

2 Výstroj systému

V této části mé práce se zabývám částečným návrhem a soupisem všech součástí hybridního systému. Jelikož se jedná o nákladné zařízení, které je vystaveno působení vnějších vlivů (možné nebezpečí zasažení citlivého zařízení bleskem) je důležité vhodně navrhnout celý systém tak, aby byl schopný za podmínek pro daný provoz bezproblémově dodávat el. energii svítidlu, a tak plnit svou funkci. Pro přehlednost jsem nakreslil v programu Autodesk - AutoCAD Electrical jednopólové schéma:



obr. 2-1 Jednopolové schéma systému

2.1 Solární panel- polykrystalické fotovoltaický panel KYOCERA

Pro systém bylo voleno polykrystalický fotovoltaický panel výrobce Kyocera. Zařízení tohoto výrobce se vyznačují vysokou účinností a spolehlivostí.

Společnost Kyocera provedla reálný test stárnutí všech svých fotovoltaických modulů. Test proběhl v Japonské Sakuře na fotovoltaickém systému o výkonu 43 kWp. Instalace tohoto systému proběhla v roce 1984, byla zde použita obdobná technologie FV panelů jakou používá Kyocera dodnes (polykrystalický článek).

Z testu vychází, že reálné stárnutí po 10-ti letech bylo pouze 4% oproti nominálním hodnotám. Po 23 letech fotovoltaické panely zestály na hodnotu 8,6% (jedná se o průměrnou hodnotu), tj. 91,4% nominálních hodnot fotovoltaického modulu.

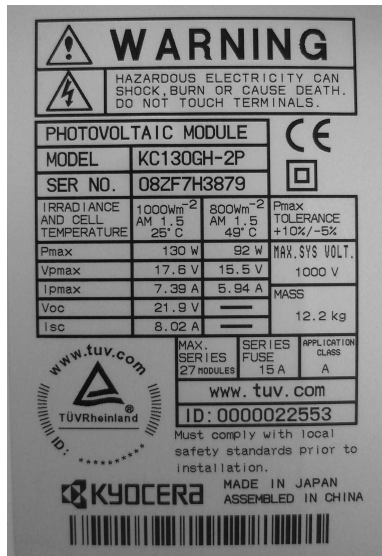
tab. 2-1 Základní vlastnosti panelu

Označení	Popis	bez DPH	s 19% DPH
KC 130GH-2P (GHT-2)	130 Wp	13 536,-	16 108,-

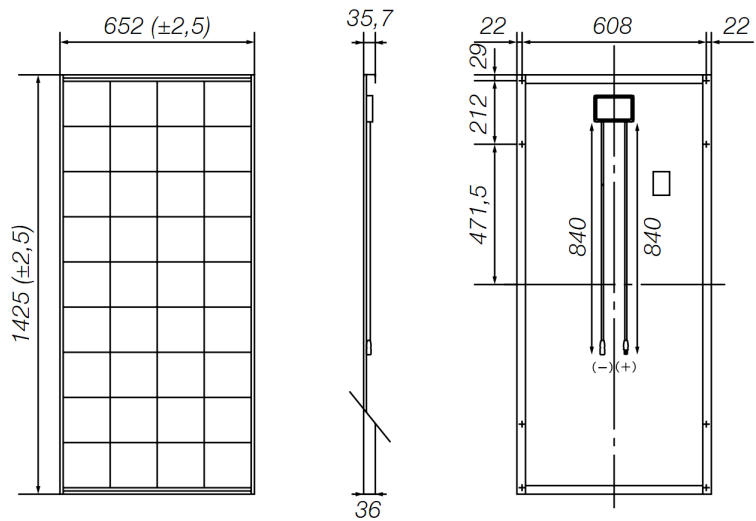
tab. 2-2 Rozšířené vlastnosti

Při 1000 W/m²

Jmenovitý výkon	(W)	130
Max. Napětí systému	(V)	1000
Napětí při jmenovitém výkonu	(V)	17,6
Proud při jmenovitém výkonu	(A)	7,39
Napětí naprázdno (V_{oc})	(V)	21,9
Zkratový proud (I_{sc})	(A)	8,2
Při 800 W/m²		
Jmenovitý výkon	(W)	92
Napětí při jmenovitém výkonu	(V)	15,5
Proud při jmenovitém výkonu	(A)	5,94
Napětí naprázdno (V_{oc})	(V)	19,9
Zkratový proud (I_{sc})	(A)	6,47
NOCT	(°C)	47
Tolerance výkonu	(%)	+10/-5
Zatížitelnost zpětným proudem I_r	(A)	15
Maximální jistění větve	(A)	15
Teplotní koeficient napětí naprázdno V_{oc}	(V/°C)	-8,21x10 ⁻²
Teplotní koeficient zkratového proudu I_{sc}	(A/°C)	3,18x10 ⁻³
Snížení účinnosti (z 1000W/m ² na 200 W/m ²)	(%)	4,3
Rozměry		
Délka	(mm)	1425
Šířka	(mm)	652
Výška /vč. přípojovací krabičky	(mm)	36 / 36
Hmotnost	(kg)	12,2
Kabel	(mm)	(+)840 / (-)840
Typ připojení		MC PV-KBT3 / MC PV-KST3
Přípojovací krabička	(mm)	100x108x15
IP kód		IP 65
Všeobecné údaje		
Garance výkonu		10 / 20 let
Články		
Počet modul		36 / 36
Technologie článku		polykrystalický
Velikost článku (obdelníkový)	(mm)	150 x 155
Kontaktování článku		3-sběrníkové



obr. 2-2 Skutečný štítek zařízení



obr. 2-3 Rozměry panelu

2.2 Větrná elektrárna - AIR Breeze – LAND

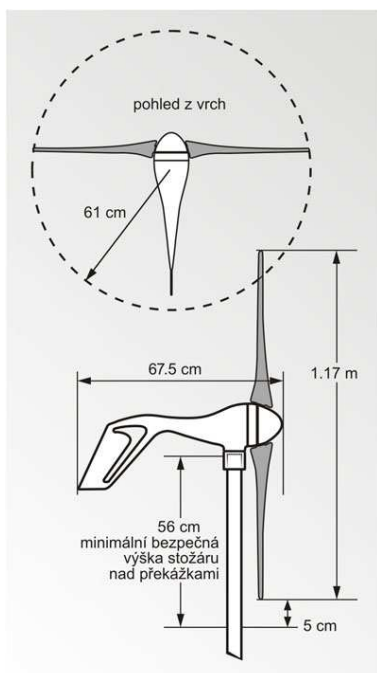
Větrná turbína Air Breeze - je tichá, výkonná a precizně zkonstruována k převodu energie i při nízké rychlosti větru než jakákoliv jiná ve své třídě. Je to další generace malých větrných elektráren - a zároveň i jedna z nejoblíbenějších.

Air Breeze je navržena k jednoduchému umístění a instalaci i běžným uživatelem. Pokud má vítr rychlostí vyšší než 4m/s a v okolí nejsou větší překážky, pak je pro tato malá větrná elektrárna ideálním řešením. Air Breeze nabíjí baterie a vyprodukuje až 38kWh měsíčně při průměrné rychlosti větru 6m/s.

tab. 2-3 Základní vlastnosti větrné elektrárny

	Parametry
Průměr rotoru:	1,17 m
Váha:	5,9 kg
Přepravní rozměr:	686x318x229 mm 7,7 kg
Rozběhová rychlost:	2,68 m/s
Napětí:	12V DC
Nominální výkon:	200 W (při 12,5m/s; 45 km/h)
Regulátor:	inteligentní regulátor se sledováním proudových špiček
Náboj rotoru:	litý hliník

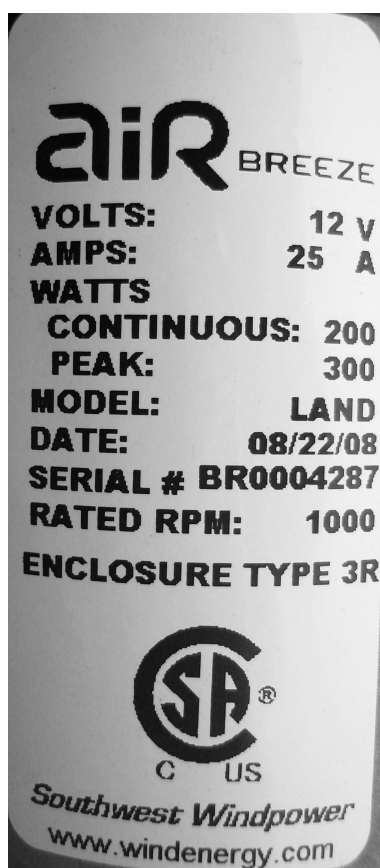
Lopatky:	kompozit vstříkovaný do formy
Zabezpečení:	elektronická kontrola otáček
Výtěžnost:	38 kWh/měsíc (při prům. 5,4m/s)
Záruka:	až 3 roky
Maximální rychlost:	49,2 m/s (177,12 km/h)
Cena s 19% DPH	30.048,-
Cena bez DPH	25.250,-



obr. 2-4 Pohledové schéma



obr. 2-5 Ilustrační foto



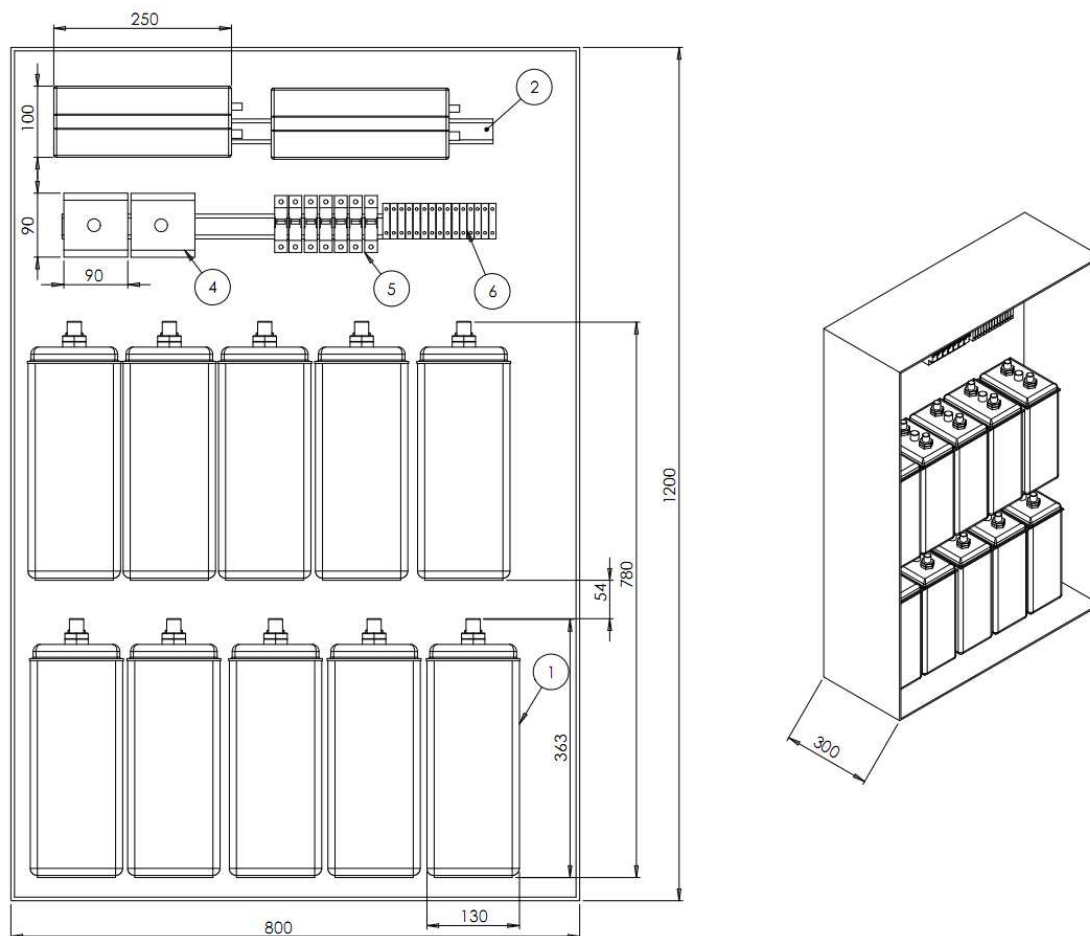
obr. 2-6 Skutečný štítek zařízení

2.3 Rozvaděč

Rozvaděč je umístěn na betonové patce která je zabetonována v bezprostřední blízkosti sloupu veřejného osvětlení. Tento sloup je osazen větrnou elektrárnou, fotovoltaickým panelem a svítidlem.

tab. 2-4 Soupis prvků v rozvaděči

Označení prvku	Katalogový název prvku	Počet kusů
FA1	LPN - 6B - 2N	1
FA2	LPN - 13B - 2N	1
FA3	LPN - 25C - 2N	1
FV1	DEHNguard PV 500 SCP	2
FV2	DEHNguard® modular WE 600	1



obr. 2-7 Rozvaděč

2.3.1 Přepět'ové ochrany

DEHNgard® PV 500 SCP (FM)

Jednopolový svodič přepětí chrání neuzemněné stejnosměrné obvody fotovoltaických generátorů s U_{OCSTC} do 1000 V před přepětím způsobeným atmosférickým výboji a spínáním.

DEHNgard PV 500 SCP (FM) určuje nový standard bezpečnosti solárních zařízení. Osvědčené kontrolní a odpojovací zařízení „Thermo-Dynamic-Control“ bylo zkombinováno se zkratovacím zařízením.

Toto zcela nové zařízení reaguje rovněž na přetížení zařízení, např. při poruše izolace v obvodech fotovoltaického generátoru, a tím zabraňuje nebezpečí vzniku požáru na zařízení.

- Zkratová odolnost trvalá: 50 A dc.
- Zkratová odolnost krátkodobá: 50 kA_{ef}.
- Svodič je osazen rychlým výkonným varistorem ZnO s vysokou schopností odvádět impulsní proudy.
- Přizpůsoben je k montáži na lištu TS 35, na rozhraní LPZ 0_B-1 a výše.
- Porucha je signalizována červeným polem.

Použití svodiče je v souladu s předpisy IEC 60364-7-712 „Zřizování solárních napájecích systémů“.

tab. 2-5 Vlastnosti ochrany

DEHNguard®	DG PV 500 SCP (FM)
Max. příp. trvalé napětí dc U _c	500 V
Jmenovitý impulsní proud (8/20 ms) I _n	20 kA
Ochranná úroveň [(L+/L-) -> PE] U _p	<= 2 kV
Zkratová odolnost trvalá	50 A dc
Zkratová odolnost krátkodobá	50 kA _{ef}
Kat. č.	950 500
Kat. č. pro typ FM (dálk. ovládání)	950 505

DEHNguard® modular WE 600 (FM)

3pólový svodič přepětí typ 2 v novém funkcionalistickém designu chrání vnitřní zařízení větrných elektráren před přepětím. Kompletně zapojená jednotka pro síť TN-C je přizpůsobena k montáži na lištu TS 35.

- Dvoudílnou konstrukci tvoří základní díl a ochranné moduly odolné proti vibracím.
- Ochranné moduly jsou osazeny výkonnými varistory ZnO se zvýšeným trvalým přípustným napětím U_{MOV}, kterým je zohledněno krátkodobé kolísání napětí.
- Vysoký stupeň bezpečnosti je zajištěn odpojovacím zařízením „Thermo-Dynamic-Control“ s dvojitou kontrolou.
- Porucha je signalizována červeným polem na každé fázi

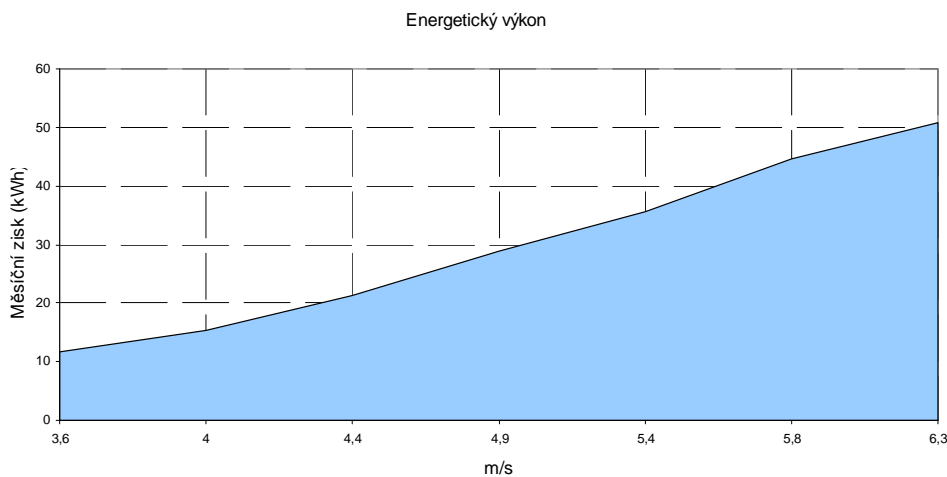
tab. 2-6 Vlastnosti ochrany

DEHNguard®	DG M WE 600
Max. příp. trvalé napětí ac U_C	600 V
Max. příp. varistorové napětí U_{MOV}	750 V
Jmenovitý impulsní proud (8/20 ms) I_n	15 kA
Jmenovitý impulsní proud (8/20 ms) I_{max}	25 kA
Ochranná úroveň U_p	$\leq 2,5$ kV
Zkratová odolnost	25 kA _{ef}
Kat. č.	952 302
Kat. č. pro typ FM (dálk. ovládání)	952 307

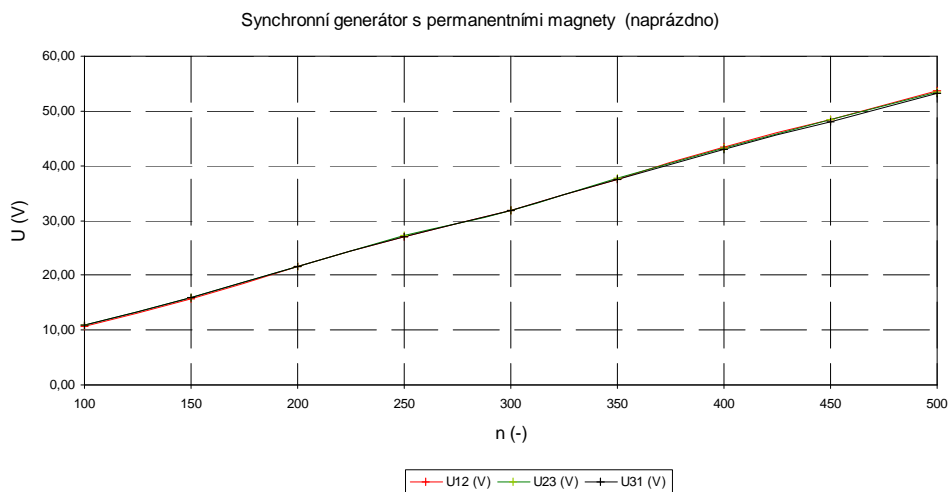
3 Provozní stavy

3.1 Větrná elektrárna - AIR Breeze - LAND

Graf energetického výkonu větrné elektrárny AIR Breeze Graf. 1.1 slouží k ekonomickému zhodnocení celého systému a dává nám rámcovou představu o účinnosti systému v dané lokalitě.

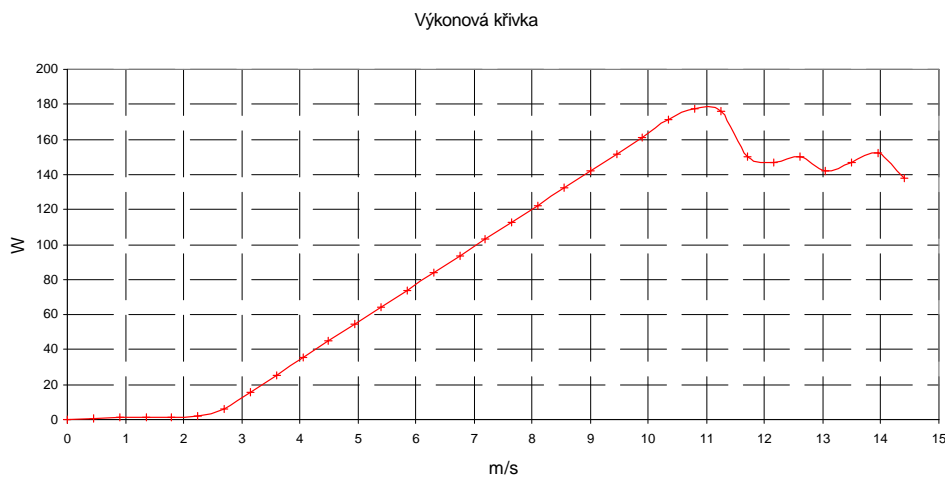


graf 3-1 Energetický výkon



graf 3-2 Účinnost generátoru

Výkonová křivka větrné elektrárny AIR Breeze Graf. 1.3 je důležitým ukazatelem pro výběr vhodného typu zařízení a jeho lokace. Důležitým parametrem je maximální možná rychlost větru. Při překročení této hodnoty by mohlo dojít k nevratné destrukci samotného zařízení. Dále z tohoto ukazatele vyplývá maximální možný dosažitelný výkon při dané rychlosti větru. Optimální rychlost větru se určí z větrné mapy ČR a porovná se s křivkou energetického výkonu.



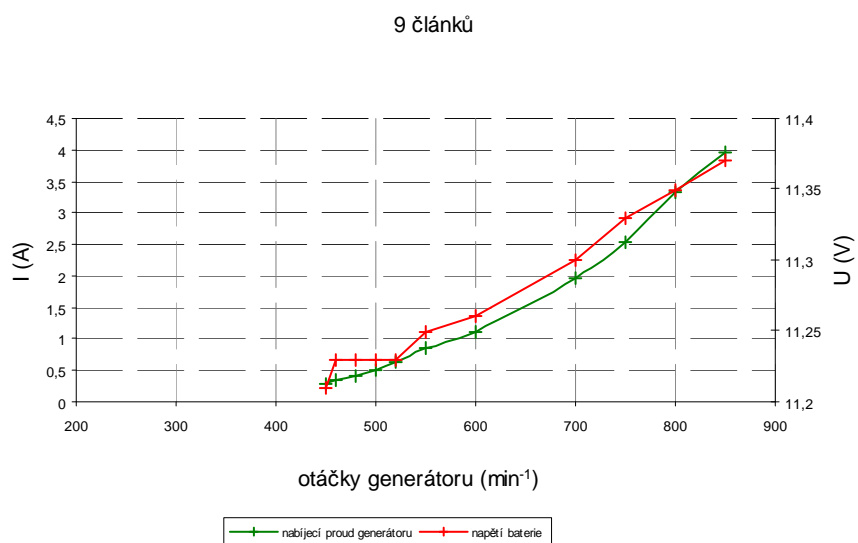
graf 3-3 Výkonová křivka

Zařízení AIR Breeze vyrobenou elektrickou energii ukládá do baterií. Měření a jeho následné grafické výstupy v podobě grafů: Graf. 1.4, Graf. 1.5 a Graf. 1.6 mělo objasnit jaký vliv má počet článků baterií na hodnoty napětí a proudu v nich akumulované.

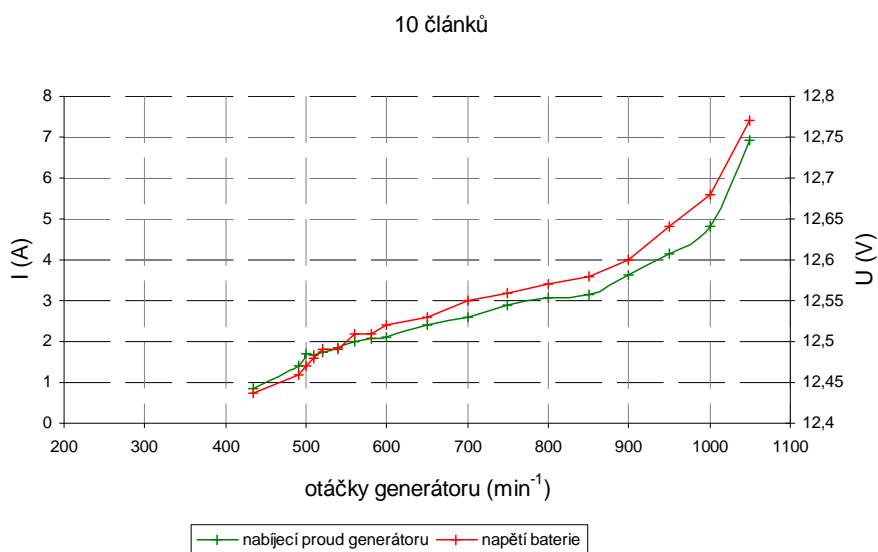
Z grafů vyplývá že při dodávce do devíti článků baterií jsou hodnoty proudu a napětí

nejmenší, což z hlediska provozu není optimální. Zapojení s deseti články baterií vynikalo ze všech tří variant akumulovanou hodnotou proudu.

Při zapojení s jedenácti články je hodnota maximálního dosaženého napětí při daných otáčkách největší. Z tohoto vyplývá i to že čím více článků tím větší je kapacita celého systému pro uložení elektrické energie.

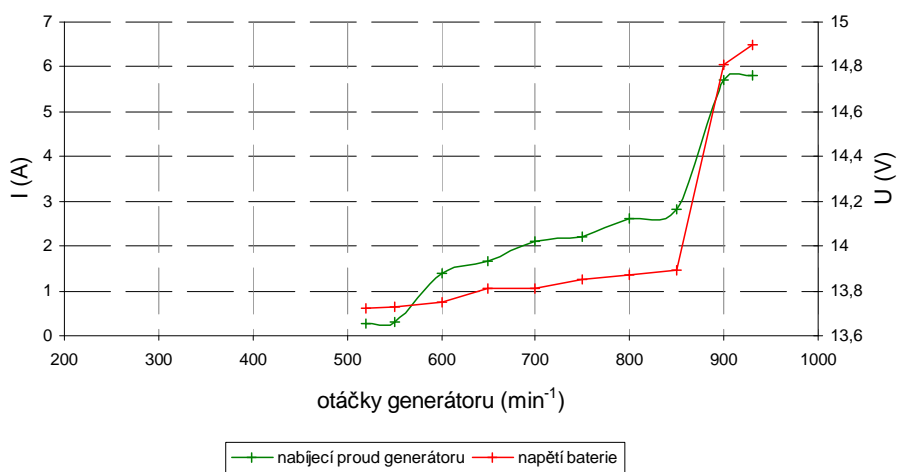


graf 3-4 Vlastnosti generátoru při nabíjení 9 článkové baterie



graf 3-5 Vlastnosti generátoru při nabíjení 10 článkové baterie

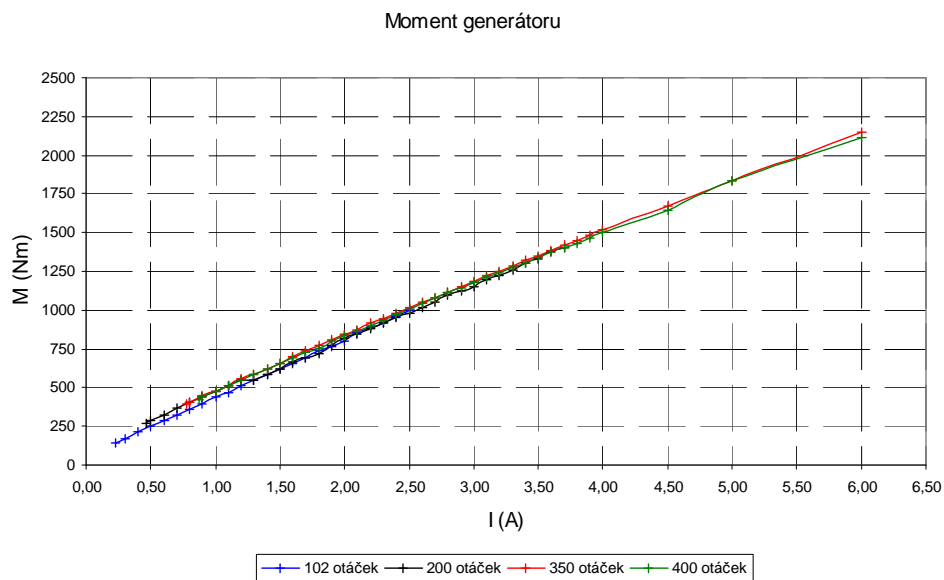
11 článků



graf 3-6 Vlastnosti generátoru při nabíjení 11 článkové baterie

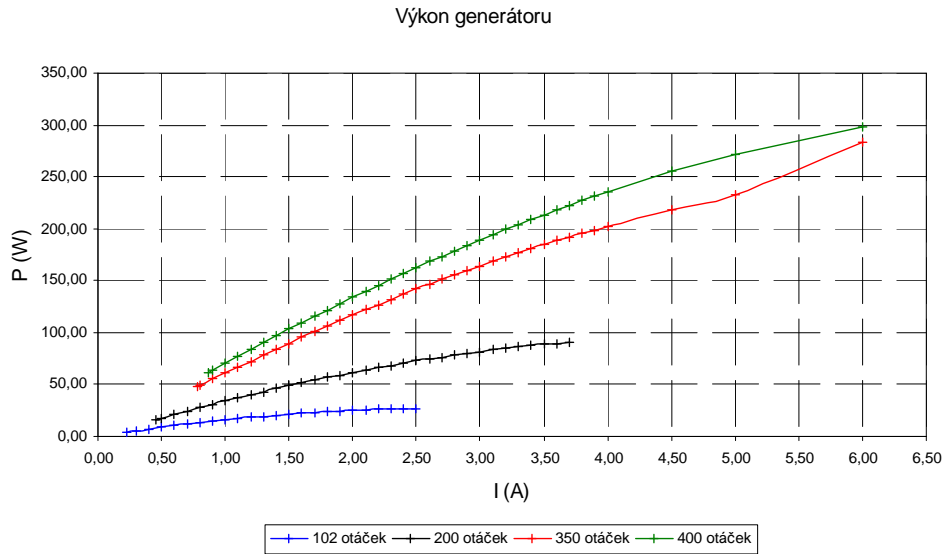
3.2 SAW- generátor

Moment generátoru zapojeného naprázdno s zátěží zapojenou do hvězdy je podle předpokladu lineární a to pro všechny měřené případy.



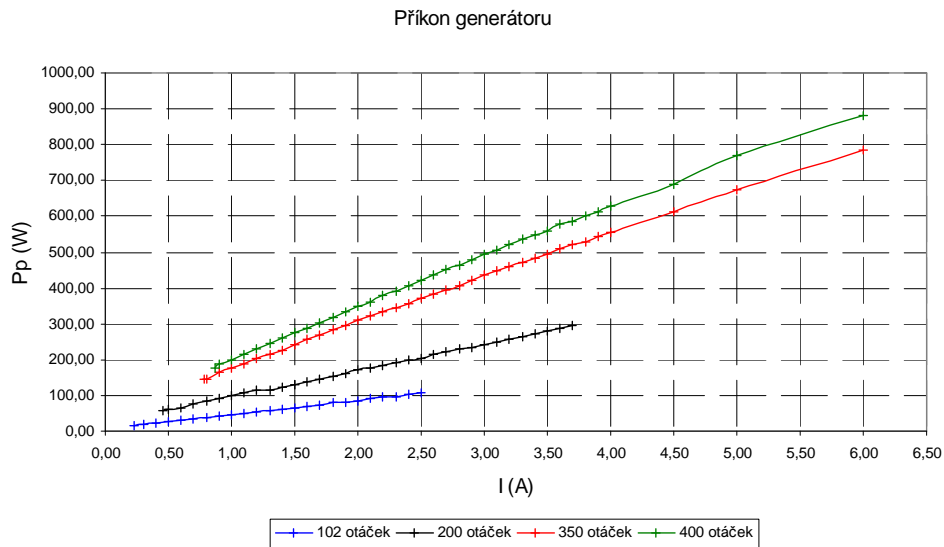
graf 3-7 Moment generátoru

Z grafu pro výkon generátoru vyplývá že při jmenovitém proudu 3,5 A bylo dosaženo největšího energetického zisku při 400 otáčkách.



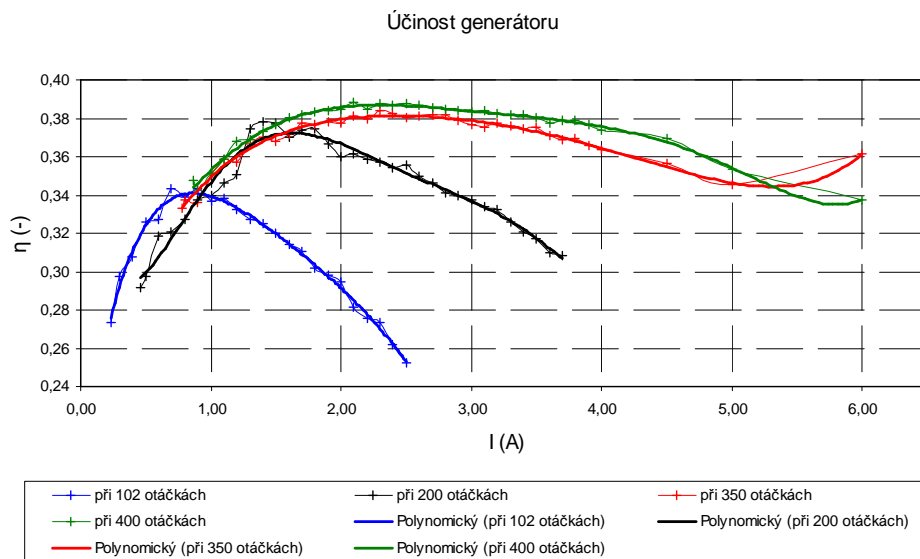
graf 3-8 Výkon generátoru

Graf. 1.9 zobrazuje energii kterou je potřeba dotovat generátoru aby byl schopen vytvářet potřebný výstupní výkon.



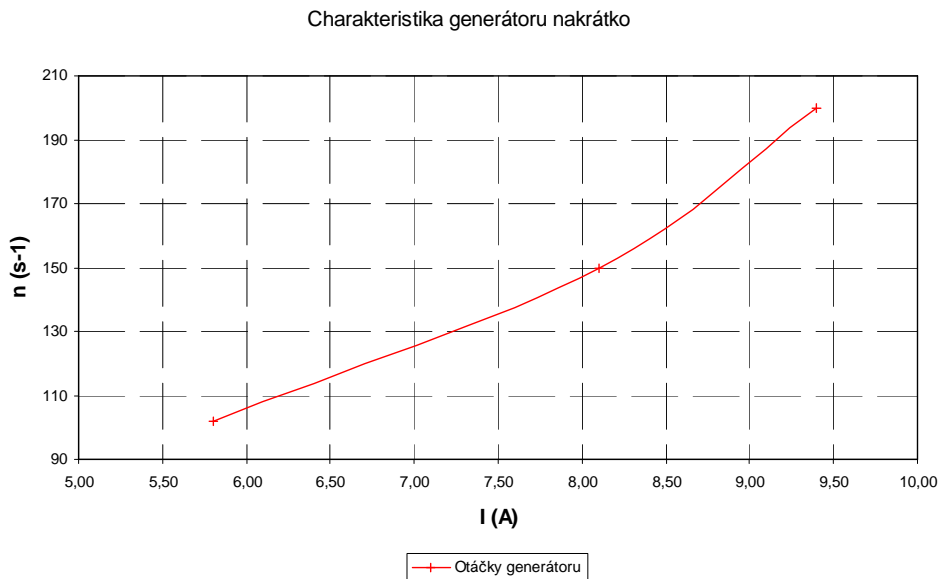
graf 3-9 Příkon generátoru

Účinnost generátoru se podle předpokladu pohybovala v rozmezí od 0,32 až 0,39 při jmenovitém proudu 3,5A. S vzrůstajícím zatížením účinnost klesá.



graf 3-10 Účinnost generátoru

Účinnost generátoru je největší při 400 otáčkách a generovaném proudu 2A. Nejmenší účinnost je při 102 otáčkách.



graf 3-11 Charakteristika generátoru nakrátko

Odpor vinutí před započítáním měření při teplotě 20°C byl 2,3 Ω (za studena). Vzápětí po ukončení měření byl odpor 2,5 Ω .

4 Svítidla veřejného osvětlení

4.1 Svítidla veřejného osvětlení osazená světelnými diodami (LED)

Světelné diody (Elektroluminiscenční diody LED - Light Emitting Diode) se v posledních letech ve stále větší šíři používají v nejrůznějších oblastech techniky.

Za své rozšíření vděčí především rostoucí světelné účinnosti. Současně se celosvětově investuje do hromadné výroby těchto prvků, a proto jejich cena neustále klesá. Světelná dioda je elektronický prvek, který generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Používá tedy jiný fyzikální princip než žárovky nebo výbojky a má mnoho vlastností, kterými se od klasických zdrojů světla odlišuje. Polovodičový přechod vždy vyzařuje velmi úzké spektrum a záření je v podstatě monochromatické. Dnes jsou však na trhu prvky již všech potřebných barev. Používají se tři čipy v jednom pouzdru i diody v jednotlivých barvách vhodných pro skládání bílé. Obě řešení jsou z hlediska principu shodná a používají se zejména v oblastech s požadavky na změny barev a teplot chromatičnosti vyzařovaného světla. Dalším způsobem je použití modrého čipu, který se uvnitř pouzdra ještě opatří vrstvou aktivní hmoty, která na principu podobném luminoforu v zářivkách nebo obrazovkách částečně převede modré záření na jiné vlnové délky viditelného spektra. Výsledným efektem je bílá barva. Tento princip se dominantně využívá v nových aplikacích svítidel pro veřejné osvětlení osazených svítícími diodami.

Současná situace poznání v oblasti veřejného osvětlení ukazuje, že zrak se nachází v oblasti tzv. mezopického vidění (literatura – Problematika mezopického vidění, J. Habel, P. Žák, Světlo 2007, Ostrava). Co to znamená? V této oblasti relativně nízkých jasů dochází k posunu maxima citlivosti lidského oka z barev teplých (555 nm – denní fotopické vidění) směrem k barvám studenějším (507 nm – noční skotopické vidění). Dochází tedy ke zvýšení citlivosti vnímání studených barev s vyšší teplotou chromatičnosti. Nicméně subjektivně je lépe vnímána nízká teplota chromatičnosti spojená s nízkými hodnotami jasů (viz veřejné osvětlení osazené vysokotlakými sodíkovými výbojkami s teplotou chromatičnosti cca 2000 K).

Podíváme-li se na způsob výroby světelného toku ve výkonových světelných diodách (literatura – LED – vlastnosti, technologie, J. Wittlich, Světlo 2007, Ostrava) dojdeme k závěru, že technologicky je jednodušší vyrobit světelné diody s vysokou teplotou chromatičnosti, které také mají vyšší měrný výkon než světelné diody s nižší teplotou chromatičnosti, u kterých se musí transformovat výrazně vyšší část světelného toku primárně emitovaného v modré oblasti.

Dalo by se tedy říci, že čím větší je teplota chromatičnosti světelného zdroje pro veřejné osvětlení, tím bude zajištěna i vyšší míra vnímání účastníků dopravního provozu. Nicméně subjektivní vnímání příjemnosti, či rušivosti veřejného osvětlení stále preferuje nižší teploty chromatičnosti. Z výše uvedených důvodů není stále jednoznačně doporučeno, jakých barev (teplot chromatičností) by se mělo využívat v oblasti veřejného osvětlení osazeného světelnými

diodami. Toto lze dokumentovat i na prvních (profesionálních) instalacích veřejného osvětlení se světelnými diodami u nichž barva světla značně kolísá od teplých po studené odstíny (literatura – LED Svítidla – Pilotní projekt - Praha).

4.2 Provozní parametry současných světelných diod a jejich možnosti

Účinnost osvětlovacích technologií založených na světelných diodách může být až 20krát větší než u inkadescenční a 5krát větší než u fluorescentní světelné technologie. Nicméně reálné hodnoty špičkových výkonových světelných diod využívaných pro svítidla se v současné době pohybuje spíše do 100 lm/W což je hodnota odpovídající hodnotám zářivkových světelných zdrojů a blíží se hodnotám, kterých je dosahováno pomocí vysokotlakých sodíkových výbojek standardně používaných v oblasti veřejného osvětlení. Odhady vývoje růstu měrného výkonu světelných diod jsou pravidelně aktualizovány a uváděny ve firemních materiálech.

Život je u bílých výkonových světelných diod udáván okolo 50 000 hodin, přičemž v průběhu této doby intenzita světla klesá podobným způsobem jako je tomu u klasických světelných zdrojů. Doba života silně závisí na dodržení maximální teploty udávané výrobcem. Ve svítidlech osazených světelnými diodami se standardně nepočítá s výměnou světelných zdrojů protože tato je srovnatelná s dobou života svítidel samotných. Při vylepšení teplotních podmínek na vlastním PN přechodu světelných diod lze očekávat životnosti až okolo 100 000 hodin.

Odolnost proti otřesům je velká a stejná jako u jiných elektronických součástek. Záleží tedy především na způsobu a kvalitě montáže vzhledem k aplikaci. Perspektivní je použití ve všech typech mobilních prostředků a v dopravní technice.

Provozní teplota je relativně nízká. Světelné diody nevyzařují významné množství tepla, i když čipy výkonových světelných diod je nutné chladit. Z důvodu odvodu tepla z PN přechodu se maximální hodnoty příkonů jednotlivých světelných diod pohybují do 5 W.

Vyzařované teplo je v podstatě nulové. To je výhoda při osvětlování předmětů citlivých na teplo nebo teplem rychleji degradujících (potravin).

UV záření není díky použitým principům vyzařováno barevnými ani bílými světelnými diodami, protože světlo je vyzařováno v úzkém intervalu vlnových délek. Výjimkou jsou ultrafialové LED, kde je toto záření naopak žádoucí.

Napájecí napětí je vždy bezpečné, světelný zdroj sám o sobě tedy nevyžaduje ochranu před nebezpečným napětím.

Stmívatelnost – v podstatě vždy se k napájení používá elektronika. Intenzita světla se u světelných diod reguluje pulzně šířkovou modulací a tudíž je elektroniku nutné rozšířit pouze o příslušné obvody. Stmívání je tedy možné v celém rozsahu vyzařovaného světelného toku (nikoli skokově, ale dynamicky) a nedochází k výraznému snižování měrného výkonu ani doby

života světelných zdrojů. Samozřejmostí je zachování kvalitativních vlastností vyzařovaného světelného toku při stmívání.

Barva světla závisí na výběru teploty chromatičnosti modulů se světelnými diodami pro konkrétní aplikace. Pro architektonické osvětlení lze s výhodou využít míchání barev pomocí RGB modulů a dosahovat tak pomocí řídicí elektroniky různých barevných efektů na fasádách osvětlovaných domů.

Úhel vyzařování světelného svazku je u běžně dostupných světelných diod od 10 do 100 stupňů. Malých úhlů svazku lze dosáhnout bez použití vnějších reflektorů již samotnou optikou pouzdra. Příným směřováním světelného toku bez následných přídavných odrazů a prostupů světelných paprsků se dosahuje výrazně vyšších hodnot účinnosti svítidel, čímž dochází k dalšímu přiblížení světelných toků jdoucích ze svítidel se světelnými diodami světelným tokům svítidel s vysokotlakými sodíkovými výbojkami při uvažování stejných příkonů.

Tvar světelného zdroje – skládáním z více prvků lze snadno dosáhnout téměř libovolného tvaru zdroje světla. V současné době se využívají tři technologie usměrňování světelného toku pro použití ve veřejném osvětlení.

- směřování každé jedné světelné diody do potřebného úhlu – velmi kvalitní distribuce světelného toku na vozovku
- směřování světelného toku z plošných modulů pomocí průchodu paprsků přes přídavnou optiku – kvalitní distribuce světelného toku, snížení účinnosti svítidla samotného, velmi dobrá možnost výměny jednotlivých modulů světelných diod (stále velmi prudce rostoucí měrné výkony)
- nanesení luminoforu na moduly modrých světelných diod – velmi jednoduchá technologie s kosinovou vyzařovací charakteristikou, která se (při použití dvou nakloněných modulů) hodí zejména na svítidla VO nižších kategorií.

Závěrem lze konstatovat, že je nutné sledovat vývojové trendy v oblasti světelných diod. Předpokládá se, že v brzké době (horizont do 10-ti let) tyto budou vytlačovat současně používané svítidla pro VO osazená vysokotlakými sodíkovými výbojkami.

4.3 Možnosti využití svítidel VO v kombinaci s autonomním napájením z obnovitelných zdrojů energie

Při realizaci autonomního napájení svítidel veřejného osvětlení je nutné brát v úvahu specifika provozu veřejného osvětlení. Základním specifikem je doba provozu, která se v horizontu kalendářního roku velmi zásadně mění. Nejdůležitější je z hlediska energetické bilance zimní období, ve kterém veřejné osvětlení pracuje až 16 hod/den. V tomto kritickém okamžiku je nutné uvažovat ještě další negativní vlivy souvisejícími s minimálním využitím sluneční energie a negativním vlivem nízkých teplot na akumulátory elektrické energie.

Na základě výše uvedených informací lze konstatovat, že instalace autonomních svítidel VO lze realizovat s existujícími svítidly pouze na komunikacích nižšího zatřídění (S5, S6, S7) za podmínky vypracování světelně-technického projektu a studie energetické bilance.

Nedoporučuje se provádět záměny stávajících svítidel osazených vysokotlakými sodíkovými výbojkami za autonomní svítidla osazená světelnými diodami z důvodu nedodržení rovnoměrnosti vlivem větších roztečí navržených pro stávající svítidla.

Seznam použité literatury

- [1] SKUPINA ČEZ – obnovitelné zdroje.
URL: < <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarnik/k30.htm> > [cit.2007-12-10].
- [2] SKUPINA ČEZ – obnovitelné zdroje.
URL: < <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarnik/k31.htm> > [cit.2007-12-10].
- [3] SKUPINA ČEZ – obnovitelné zdroje.
URL: < <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarnik/k32.htm> > [cit.2007-12-10].
- [4] Institute of Chemical Process Fundamentals of the ASCR, v.v.i
URL: < <http://www.home.icpf.cas.cz/cirkva/Home%20page/EDL.htm> > [cit.2008-3-10].
- [5] Vychází Atlas podnebí Česka
URL: < <http://www.chmi.cz/atlas.pdf> > [cit.200-3-1].
- [6] Copyright 2008 ČEZ, a. s. Informace o větrné energetice.
URL: < <http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/vitr/informace-o-vetrne-energetice.html> > [cit. 2008-5-19].
- [7] EkoWATT přední česká poradenská společnost v oblasti energetiky, ekonomiky a životního prostředí.
URL: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-nergie/energie-vetru>>
[Cit. 2007].
- [8] ENERGO wind system, a.s. URL: <<http://www.vetrneelektrarny.cz>> [Cit. 2009].
- [9] RYCHETNÍK, V., PAVELKA, J., JANOUŠEK J. *Větrné motory a elektrárny*. 1. vydání. Vydavatelství ČVUT Praha, 1997. 199 stran. ISBN 80-01-01563-7
- [10] Uwe hallenga, *malá větrná elektrárna. 2, přepracované a rošířené české vydání* Nakladatelství HEL Ostrava, 2006.95 stran. ISBN 80-86167-27-5
- [11] Sokanský K. a kol.: *Naplnění datového pasportu a stanovení kvalitativních, kvantitativních a ekonomických ukazatelů správy provozu veřejného osvětlení v Ostravě v letech 2010 – 2015*, Ostrava, 2009
- [12] Sokanský K. a kol.: *Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR, ČEA*, Ostrava, 2007